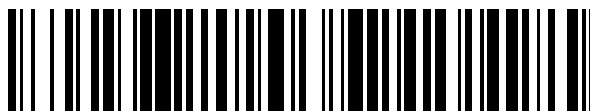


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 685 783**

51 Int. Cl.:

C25B 3/00 (2006.01)

C25B 1/02 (2006.01)

B01D 61/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.05.2011** **PCT/US2011/035782**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2012** **WO12018418**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2011** **E 11814929 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.06.2018** **EP 2601331**

54 Título: **Método y dispositivo para la producción de ácido carboxílico**

30 Prioridad:

05.08.2010 US 371113 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

11.10.2018

73 Titular/es:

FIELD UPGRADING LIMITED (100.0%)
Suite 201, 1100 1st Street SE
Calgary, AB T2G 1B1, CA

72 Inventor/es:

BHAVARAJU, SAI y
DUFFEY, KEAN

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 685 783 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método y dispositivo para la producción de ácido carboxílico

Campo técnico

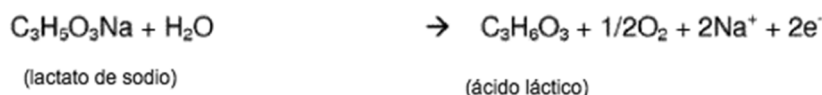
- 5 La presente divulgación se relaciona con un método para formar ácido láctico (u otros ácidos carboxílicos) usando una celda de electrólisis. Más específicamente, la presente divulgación se relaciona con formar ácido láctico (u otros ácidos carboxílicos) usando una celda de electrólisis sin tener la membrana conductora de iones sólidos de la celda (por ejemplo, membrana NaSICON) contaminada (envenenada) por el ácido formado.

Antecedentes

- 10 El ácido láctico es un producto químico común encontrado en productos alimenticios, medicinas y otros productos. El ácido láctico es un químico que ocurre naturalmente y tiene la fórmula $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$. El anión de lactato correspondiente tiene la fórmula $\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COO}^-$. Sin embargo, por conveniencia, el ácido láctico y el anión de lactato se representan a menudo por sus fórmulas estequiométricas, concretamente $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ y $\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$.

- 15 El ácido láctico es un producto deseable porque se puede convertir en un polímero biodegradable que se puede usar para formar botellas y otros productos útiles. En consecuencia, el mercado de ácido láctico está en continuo crecimiento. Existen formas conocidas de producir ácido láctico, que incluyen el uso de yeso como reactivo.

Se han realizado diversos intentos para producir ácido láctico usando electrólisis (por ejemplo, en una celda de electrólisis). En general, esta reacción implica una solución acuosa de lactato de sodio (bajo la influencia de un voltaje aplicado) para producir ácido láctico en el ánodo de la celda. Esta reacción de oxidación química de la solución de anolito de la célula se representa de la siguiente manera:



- 20 En muchas celdas electrolíticas diseñadas para llevar a cabo esta conversión de anión de lactato en ácido láctico, se usa una membrana conductora de ion sólida, tal como una membrana Nasicon. Durante la reacción química, los iones de sodio producidos (Na^+) fluyen a través de la membrana de la celda (por ejemplo, hacia el cátodo). Sin embargo, el ácido láctico es un ácido orgánico, y como tal, el ácido láctico producido en esta reacción disminuiría el pH de la solución de anolito. Esta disminución en el pH opera para detener la conducción de los iones de sodio a través de la membrana. Esto se conoce como "envenenamiento" o "ensuciamiento" de la membrana. Una vez que el pH del anolito alcanza un cierto nivel ácido, los iones de sodio ya no pueden fluir a través de la membrana y cesa la formación de ácido láctico en la celda.

- 30 El documento US 2005/177008 divulga procesos de preparación de soluciones de alcoholatos metálicos en sus alcoholes correspondientes usando un proceso electrolítico. Por ejemplo, el metilato de sodio en metanol está hecho de metanol y solución de hidróxido de sodio. La solución de hidróxido de sodio se coloca en el compartimento de anolito y el metanol se coloca en el compartimento del catolito, y los dos compartimentos se separan mediante una membrana cerámica que transporta selectivamente sodio bajo la influencia de la corriente.

- 35 El documento US 5,290,405 divulga una celda electrolítica para producir de manera eficiente agentes caústicos a partir de sales de sodio mediante el uso de una membrana delgada de electrolito de cerámica o de material compuesto de cerámica. Se divulga que los electrolitos cerámicos que tienen un ion de sodio muy móvil tal como NASICON son muy efectivos en celdas que producen agentes cáusticos concentrados a partir de sales de sodio de ácidos fuertes.

- 40 El documento US 6,392,091 divulga un método de purificación por extracción con solvente para ácidos policarboxílicos aromáticos. El método incluye disolver un ácido policarboxílico aromático crudo en un compuesto base; eliminar las impurezas y el compuesto base excesivo; y eliminar el compuesto base residual mientras se elabora el producto purificado. El método de purificación elimina no solo las impurezas del ácido crudo, sino también el compuesto de base residual del producto terminado que de lo contrario contaminaría el producto. La sal en la torta se convierte en producto por sustitución de ácido, descomposición térmica o electrólisis. El método usa solventes de extracción de base para extraer el compuesto base y las impurezas de la sal. El compuesto base residual en el producto recuperado se elimina luego mediante lixiviación, separación, agitación térmica con ondas electromagnéticas o evaporación con descomposición térmica. El método de purificación permite eliminar los cristalizadores para la cristalización y el equipo para el secado y el transporte neumático. Finalmente, el método de purificación se combina con la oxidación y recuperación del solvente para usar solo un conjunto de pasos de proceso, en lugar de dos, para producir ácidos policarboxílicos aromáticos.

- 50 El documento US 4,123,336 divulga que una solución acuosa de haluro de metal alcalino se electroliza en una celda electrolítica usando una membrana de intercambio catiónico que es un polímero de fluorocarbono que contiene grupos

ácido sulfónico y al menos un grupo de intercambio catiónico que es menos ácido que el grupo ácido sulfónico con mayor proporción de este último en el estrato superficial en el lado del cátodo de la membrana que en toda la membrana, a la vez que controla la concentración de protones en el anolito a una concentración no mayor que la concentración crítica de protones a la cual no penetran en la membrana cantidades sustanciales de protones en el anolito.

El documento WO 2011/133906 divulga que se prepara un hidrocarburo de arilo-alquilo (R-Ar) mediante un proceso de electrosíntesis en una celda electrolítica que tiene una membrana conductora de iones alcalinos colocada entre un compartimiento de anolito configurado con un ánodo y un compartimiento de catolito configurado con un cátodo. Se introduce una solución de anolito que contiene una sal de metal alcalino de un ácido alquil carboxílico y un compuesto de arilo en el compartimiento de anolito. El compuesto de arilo puede incluir una sal de metal alcalino de un ácido aril carboxílico, un hidrocarburo de areno (aromático) o un aducto de arilo-metal alcalino (Ar-M⁺). La solución de anolito se somete a descarboxilación electrolítica para formar un radical alquilo. El radical alquilo reacciona con el compuesto de arilo para producir el hidrocarburo de arilo-alquilo.

El documento US 5,290,404 divulga un proceso electroquímico para producir un alcohol o ácido carboxílico a partir de una sal metálica correspondiente mientras también se recuperan residuos de catión metálico. El proceso no requiere una celda de desalinización de tres compartimentos, sino que puede realizarse en una celda de dos compartimentos dividida por una membrana permeable a los cationes. El proceso comprende el paso de electrolizar un medio acuoso que contiene la sal metálica en el anolito de la celda para producir con ello alcohol o ácido carboxílico en el anolito y pasar el catión metálico al catolito.

El documento US 4,182,661 divulga un proceso electrolítico para preparar compuestos de hipohalito orgánicos a partir de una solución acuosa de salmuera y alcohol orgánico en una celda del tipo de membrana de múltiples cámaras. Por ejemplo, el hipoclorito de butilo terciario se puede preparar en una celda de membrana a partir de alcohol butílico terciario y una salmuera de cloruro de sodio. Se puede usar un solvente orgánico tal como tetracloruro de carbono para extraer el hipohalito orgánico formado en la fase acuosa de salmuera ya sea durante o después de la electrólisis.

Debe observarse que aunque el ejemplo anterior se proporcionó con respecto al ácido láctico, se han realizado intentos para formar otros ácidos carboxílicos (tales como, por ejemplo, ácido cítrico, ácido oleico, ácido adapico, ácido decanoico, etc.) a partir de sus sales alcalinas correspondientes usando reacciones similares en las celdas de electrólisis. Sin embargo, como todos estos ácidos carboxílicos son productos químicos ácidos, estas reacciones químicas electrolíticas también sufren un tipo similar de "envenenamiento" de la membrana que se describió anteriormente. Por consiguiente, existe una necesidad en la técnica de un nuevo tipo de celda de electrólisis que pueda usarse para formar ácido láctico (u otro tipo de ácido carboxílico), en el que la membrana no se envenena (se ensucia) mediante la producción del ácido. Tal tipo nuevo de celda electrolítica se divulga aquí.

Resumen

Las presentes realizaciones abordan el envenenamiento por ácido de una membrana (tal como una membrana de NaSICON) en una celda de electrólisis usando un enfoque de electrólisis de dos fases. Por consiguiente, la presente invención proporciona un método como se define en la reivindicación 1 y un dispositivo como se define en la reivindicación 9. En una realización, el ácido láctico (u otro ácido carboxílico) que se produce en el anolito se elimina en la segunda fase orgánica. La segunda fase (fase orgánica) por lo tanto absorbe preferencialmente el ácido láctico de la fase acuosa, dejando iones de lactato de sodio en la fase acuosa. Este fenómeno se llama partición. Más específicamente, el lactato de sodio, que es más polar que el ácido láctico, prefiere el agua, mientras que el ácido láctico, que es menos polar, prefiere el solvente orgánico. El ácido láctico que migra a la fase orgánica no se disociará para formar iones H⁺. Como resultado, el pH del anolito en la fase acuosa generalmente se rige por la presencia del anión lactato (que es una entidad básica). De este modo, el pH del anolito no disminuye sustancialmente con la formación del ácido láctico y, como tal, el ácido láctico no envenena la membrana de NaSICON. Más bien, la celda opera al pH básico (o quizás neutral) y la membrana conduce los iones de sodio al catolito hasta que se consume todo el lactato de sodio.

Breve descripción de los dibujos

Con el fin de comprender fácilmente la manera en que se obtienen las características y ventajas mencionadas anteriormente y otras de la invención, se hará una descripción más particular de la invención brevemente descrita anteriormente con referencia a realizaciones específicas de la misma que son ilustradas en los dibujos adjuntos. Entendiendo que estos dibujos representan solo realizaciones típicas de la invención y, por lo tanto, no deben considerarse limitantes de su alcance, la invención se describirá y explicará con especificidad y detalle adicionales mediante el uso de los dibujos adjuntos en los que:

La Figura 1 muestra un diagrama de flujo de un método para producir ácidos carboxílicos (y otros productos) a partir de biomasa;

La Figura 2 muestra un diagrama esquemático de una celda de electrólisis de múltiples compartimentos de acuerdo con las presentes realizaciones;

La Figura 3 muestra un diagrama esquemático de otra realización de una celda de electrólisis de múltiples compartimientos;

La Figura 4 muestra un diagrama de flujo de un método para producir ácidos carboxílicos y otros productos usando las presentes realizaciones;

- 5 La Figura 5 es un diagrama de flujo de otra realización de un método para producir ácidos carboxílicos y otros productos; y

La Figura 6 muestra un diagrama esquemático de un método simulado por computadora para separar un ácido carboxílico de una mezcla de anolito.

Descripción detallada

- 10 Las realizaciones actualmente preferidas de la presente invención se comprenderán mejor por referencia a los dibujos, en los que las partes similares están designadas por numerales similares en todas partes. Se entenderá fácilmente que los componentes de la presente invención, tal como se describen e ilustran generalmente en las figuras aquí, podrían disponerse y diseñarse en una amplia variedad de configuraciones diferentes. Por lo tanto, la siguiente descripción más detallada de las realizaciones de la presente invención, tal como se representa en las Figuras, no pretende limitar el alcance de la invención, como se reivindica, sino que es meramente representativa de las realizaciones de la invención.

- Con respecto a la Figura 1, se muestra un proceso 100 global para producir un ácido carboxílico. Como se describirá, el proceso 100 produce un ácido carboxílico en una celda 104 de electrólisis. La celda 104 de electrólisis tiene una membrana conductora de iones. El proceso 100 comienza obteniendo el anión correspondiente para el ácido carboxílico. En algunas realizaciones, este anión se puede obtener a partir de una cantidad de biomasa 102. Obviamente, dada su abundancia en la naturaleza, es deseable encontrar una manera de usar esta biomasa como material de partida para formar un producto de ácido carboxílico utilizable. Como se usa aquí, "biomasa" 102 puede comprender, por ejemplo, carbohidratos, lípidos (tales como grasas o aceites), ligninas, aceite de pino y/o resinas de origen vegetal, algal o animal. Otros ejemplos de biomasa incluyen astillas de madera, residuos forestales, cultivos energéticos (brotes de hierba, miscanthus, sorgo, caña energética y otras plantas modificadas genéticamente), algas, cianobacterias, jatrofa, soja, maíz, palma, coco, canola, colza, sebo chino, grasas animales, productos de organismos genéticamente modificados, y similares.

- Como se indicó anteriormente, la biomasa 102 puede ser de origen algal, animal, microbiano o vegetal (tal como madera, etc). En una realización, se puede usar cualquier tipo de biomasa, ya sea que la fuente de esta biomasa 102 sea natural, sintética, artificial o incluso genéticamente alterada (tal como en el caso de microbios, microorganismos o animales). Si la biomasa proviene de un material de algas, las algas pueden sintetizarse, genéticamente alteradas o pueden ocurrir de forma natural. También se pueden usar mezclas de diferentes tipos de biomasa. Como se explica en detalle aquí, la biomasa 102 puede usarse como un material de partida para llegar finalmente a un ácido carboxílico (tal como, por ejemplo, ácido láctico).

- Como se muestra en la Figura 1, se puede obtener la cantidad de la biomasa 102. Esta biomasa 102 puede convertirse 110 en una sal alcalina de un ácido carboxílico 112 (que también puede denominarse "carboxilato"). Se pueden formar también otros productos 114. En algunas realizaciones, esta conversión 110 de la biomasa 102 puede implicar una reacción de fermentación alcalina y puede producirse en una refinera 106 de fermentación alcalina o en otra instalación similar. Otros pasos de procesamiento, además de o en lugar de la reacción de fermentación (por ejemplo, hidrólisis de biomasa en medios alcalinos), también se pueden usar para producir el carboxilato 112. Los expertos en la técnica están familiarizados con los pasos, procesos químicos, tratamientos, etc., que son necesarios para formar los carboxilatos 112 a partir de la biomasa 102. En algunas realizaciones, la sal alcalina de un ácido carboxílico 112 será una sal de sodio.

- La sal alcalina de un ácido carboxílico 112 y/o los otros productos 114 puede opcionalmente someterse a un paso 120 de eliminación de agua y/u otro procesamiento. Una vez que la sal alcalina de un ácido carboxílico 112 ha sido procesada, puede agregarse 105 a la celda 104 de electrólisis (que tiene la membrana conductora de iones). El proceso 109 que es usado por la celda 104 se describe aquí con mayor detalle. Este proceso 109 forma un ácido carboxílico 130 así como otros productos 132 utilizables. El ácido carboxílico 130 y los otros productos 132 pueden someterse luego a un paso 140 de purificación para producir un suministro concentrado del ácido carboxílico 144, otros subproductos 146 y un suministro concentrado de agente cáustico 150 (tal como NaOH). Los pasos asociados con la purificación 140 son conocidos por un experto en la técnica y algunos de estos pasos se describen aquí. Además, como se describirá en mayor detalle junto con las Figuras 2 y 3, la celda 104 de electrólisis puede ser una celda 104 de electrólisis multicompartimiento que usa una fase orgánica para separar el ácido carboxílico formado de una fase acuosa.

- Con referencia ahora a la Figura 2, se ilustra una realización a manera de ejemplo de una celda 104 de electrólisis. La celda 104 de electrólisis puede usarse para convertir la biomasa en un ácido carboxílico. Específicamente, la celda de 104 electrólisis puede ser una celda de electrólisis de múltiples compartimientos. Por consiguiente, la celda 104 puede comprender dos compartimientos separados, es decir, un compartimiento 204 catódico y un compartimiento 206.

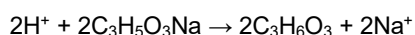
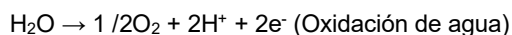
anódico. El compartimento 204 catódico puede estar en comunicación con un cátodo 210. En algunas realizaciones, el cátodo 210 puede estar totalmente ubicado dentro del compartimento 204 catódico. En otras realizaciones, al menos parte del cátodo 210 no se encuentra dentro del compartimento 204 catódico. El compartimento 206 anódico puede estar en comunicación con un ánodo 212. En algunas realizaciones, el ánodo 212 puede estar totalmente ubicado dentro del compartimento 206 anódico. En otras realizaciones, al menos parte del ánodo 212 no está ubicado dentro del compartimento 206 anódico. Los expertos en la técnica apreciarán cómo construir el cátodo 210, el ánodo 212, el compartimento 204 catódico y/o el compartimento 206 anódico de modo que puede tener lugar una reacción de electrólisis (electrolítica) dentro de la celda 104 de electrólisis. Una fuente 218 de potencia está en comunicación con el ánodo 212 y el cátodo 210 y funciona para crear una corriente entre el cátodo 210 y el ánodo 212 (por ejemplo, una corriente aplicada dentro de la celda 104 para generar corriente o viceversa).

La celda 104 de electrólisis puede comprender además una membrana 220 de transporte de iones alcalinos sólidos. La membrana 220 de transporte de iones alcalinos sólidos puede separar el compartimento 206 anódico del compartimento 204 catódico. En muchas realizaciones, la membrana 220 de transporte de iones alcalinos sólidos puede ser capaz de transportar iones de metal alcalino desde el compartimento 206 anódico al compartimento 204 catódico. En algunas realizaciones en las que el metal alcalino es sodio, la membrana 220 puede ser una membrana de NaSICON. NaSICON es un material conocido en la técnica y se puede usar para formar la membrana. Algunas membranas NaSICON están disponibles comercialmente en Ceramtec, Inc., de Salt Lake City, Utah. NaSICON típicamente tiene una conductividad iónica relativamente alta para los iones de sodio a temperatura ambiente. Alternativamente, si el metal alcalino es litio, entonces un material particularmente bien adecuado que puede usarse para construir una realización de la membrana es LiSICON. Alternativamente, si el metal alcalino es potasio, entonces un material particularmente bien adecuado que puede usarse para construir una realización de la membrana es KSICON. Otros ejemplos de tales membranas electrolíticas sólidas incluyen aquellas membranas con base en la estructura NaSICON, vidrios conductores de sodio, beta alúmina y conductores sólidos de iones de sodio poliméricos. Dichos materiales están disponibles comercialmente. Además, tales membranas son tolerantes a las impurezas que pueden estar en el anolito y no permitirán que las impurezas se mezclen con el catolito. Por lo tanto, las impurezas (que pueden derivarse de la biomasa) no tienen necesariamente que eliminarse antes de colocar el anolito en la celda 104. Del mismo modo, tales membranas también pueden ser deseables porque no están sujetas a degradación por polímeros, como es posible con otros tipos de membranas de polímero.

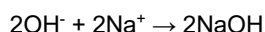
La celda 104 de electrólisis puede comprender un anolito 230 y un catolito 226. El catolito 226 puede comprender una solución acuosa. El catolito 226 puede estar alojado, al menos parcialmente, dentro del compartimento 204 catódico. El anolito 230 puede estar alojado, al menos parcialmente, dentro del compartimento 206 anódico. El anolito 230 comprende un primer solvente 234 y un segundo solvente 232. Los dos solventes 232, 234 son generalmente inmiscibles o parcialmente inmiscibles de manera que se separan entre sí. Los ejemplos de los tipos de solventes que se pueden usar comprenden agua y un solvente orgánico (tal como, por ejemplo, hexanol ciclohexanol, octonal o butanol). Por supuesto, también pueden usarse otros tipos de solventes orgánicos. El primer solvente 234 comprende agua, mientras que el segundo solvente 232 comprende un solvente orgánico. El anolito 231 también puede comprender una cantidad de una sal alcalina de un ácido carboxílico 234 (que, como se indicó anteriormente, puede derivarse de la biomasa).

Se describirán ahora las reacciones químicas que ocurren dentro del compartimento anódico 206 y el compartimento catódico 204 (con base en el voltaje aplicado por la fuente 218). En este ejemplo, el metal alcalino es sodio y la sal alcalina de un ácido carboxílico 224 es lactato de sodio:

Reacciones de anolito básicas dentro del compartimento anódico:



Reacciones de catolito básicas dentro del compartimento catódico:



Como puede verse a partir de estas reacciones, el agua (H_2O) se oxida en el ánodo 212 para liberar gas de oxígeno (O_2) y protones (H^+). Estos protones (H^+) luego reaccionan con lactato de sodio ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$) para formar iones de sodio libres (Na^+) y ácido láctico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$). Los iones de sodio (Na^+) pueden transportarse a través de la membrana 220 de NaSICON, mientras que el ácido láctico ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) 228 se divide en el segundo solvente 232 (fase orgánica) del anolito 230. El ácido 228 se divide en el segundo solvente con base en 232 en su preferencia de solubilidad para esta fase orgánica. (Esta extracción se describe como que ocurre dentro de la celda 104 electrolítica, aunque en algunas realizaciones, la extracción se produce parcialmente fuera de la celda).

Esta extracción líquido-líquido reduce los efectos del pH sobre el anolito 230 (causado por la formación del ácido 228) y protege la membrana de NaSICON. Más específicamente, cuando el ácido láctico 228 se fracciona en el segundo solvente 232, el ácido láctico 228 no se disocia en iones H^+ y aniones de lactato. Por el contrario, el ácido láctico

permanece en su forma neutra (molecular) en la fase orgánica. Además, cuando el ácido láctico 228 se divide en el segundo solvente 232, la sal alcalina de un ácido carboxílico 234 (por ejemplo, lactato de sodio) se deja en el primer solvente 234 (es decir, el agua). El álcali de un ácido carboxílico 224 es un producto químico básico, y como tal, el pH del anolito 230 no cae a un nivel ácido después de la formación del ácido 228. Se sabe que las membranas de NaSICON se ensucian o se envenenan en un pH ácido, como, por ejemplo, un pH de 6 o inferior. Sin embargo, manteniendo el anolito 230 a un pH básico (debido a la presencia de la sal alcalina de un ácido carboxílico 224), el anolito 230 no alcanza un pH ácido y la membrana 220 de NaSICON no se ensucia.

Al separar el primer solvente 234 del segundo solvente 232, el ácido carboxílico 228 se puede extraer y aislar. Esta separación puede ocurrir retirando el anolito 230 de la celda 104 (después de haber sido electrolizado). (Alternativamente, la separación del primer solvente 234 y el segundo solvente 232 puede tener lugar dentro de la celda 104). Una vez eliminados, el agua y las fases orgánicas se pueden separar fácilmente mediante técnicas conocidas. El ácido carboxílico 228 puede luego recuperarse (separarse) del segundo solvente orgánico 232, logrando así un suministro del ácido carboxílico 228 deseado. Después de que se ha recuperado el ácido carboxílico 228, el anolito 230 que se eliminó de la célula 104 puede ser devuelto (realimentado) a la celda 104 para que la celda 104 pueda ser reutilizada. En una realización, después de que se ha recuperado el ácido carboxílico 228, el segundo solvente, desprovisto de producto de ácido carboxílico, se recombina con el primer solvente para rehacer el anolito 230 que puede devolverse (realimentarse) a la celda 104 de modo que la celda 104 puede reutilizarse. Los expertos en la técnica apreciarán que los procesos de separación usados para separar el agua y el solvente orgánico pueden implementarse como un proceso continuo, en el que se añade continuamente carboxilato de sodio al anolito y/o primer solvente y el anolito se realimenta en la celda 104 y el ácido carboxílico se recuperó continuamente.

En la reacción que tiene lugar en el anolito 230, se producen iones de sodio (Na^+). Estos iones de sodio (Na^+) pueden transportarse a través de la membrana 220 de NaSICON e ingresar al catolito 226. Una vez en el catolito 226, los iones de sodio (Na^+) pueden reaccionar con iones de hidróxido (OH^-) (que se formaron durante la reducción de agua (H_2O) en el cátodo 210) para formar un agente cáustico puro (NaOH). También se puede formar gas de hidrógeno (H_2) en el compartimento 204 catódico.

Con referencia ahora a la Figura 3, se ilustra otra realización a manera de ejemplo de una celda 104a de electrólisis. La celda 104a de electrólisis que se muestra en la Figura 3 es similar a la que se muestra en la Figura 2 y puede usarse en el proceso 100 de la Figura 1. Por consiguiente, para fines de brevedad, gran parte de la discusión de las características/elementos de la Figura 3 que son similares a los que se encontraron en las Figuras 1 y 2 serán omitidos.

Como en las realizaciones mostradas anteriormente, la celda de electrólisis 104a es una celda de electrólisis de múltiples compartimientos. Sin embargo, a diferencia de la celda de dos compartimientos (que tiene un compartimento catódico y un compartimento anódico) que se muestra en la Figura 2, la celda 104a de electrólisis de la Figura 3 es una celda de tres compartimientos. Específicamente, la celda 104a de electrólisis comprende un compartimento 204 catódico, un compartimento 206 anódico así como un compartimento 310 central. El compartimento 310 central puede estar interpuesto entre el compartimento 204 catódico y el compartimento 206 anódico. Específicamente, el compartimento 310 central puede estar separado del compartimento 204 catódico por la membrana 220 de transporte de iones alcalinos sólidos (tal como, por ejemplo, la membrana NaSICON). El compartimento 310 central puede separarse del compartimento 206 anódico por una membrana 312 aniónica. Una membrana 312 aniónica puede permitir el paso de aniones (por ejemplo, salir del compartimento 310 central y entrar en el compartimento 206 anódico), pero evitará que los cationes pasen a través de la membrana 312 aniónica.

La celda 104a de electrólisis de la Figura 3 puede funcionar para formar un ácido carboxílico 228. Se proporcionará ahora un ejemplo de cómo se puede usar la celda 104a para crear un ácido carboxílico 228 en el que el metal alcalino es sodio y la sal alcalina del ácido carboxílico es lactato de sodio ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3\text{Na}$).

En esta realización, una corriente 340 de entrada entra en el compartimento 310 central. La introducción de esta corriente 340 indica que puede haber un líquido 301 en el compartimento 310 central. Este líquido 301 puede contener la sal alcalina de un ácido carboxílico (por ejemplo, lactato de sodio). Los aniones 224 de lactato ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$) se mueven (bajo la influencia del voltaje aplicado suministrado por la fuente 218 de voltaje) desde el compartimento 310 central a través de una membrana 312 aniónica al compartimento 206 anódico. Los iones de sodio con carga positiva (Na^+) no se les permite pasar a través de la membrana 312 aniónica. En su lugar, los iones de sodio (Na^+) se mueven desde el compartimento 310 central a través de la membrana 220 de NaSICON catiónica al compartimento 204 catódico.

Las reacciones químicas del anolito 230 dentro del compartimento 206 anódico así como las reacciones químicas del catolito 226 dentro del compartimento 204 catódico operan de manera idéntica al proceso descrito en la Figura 2. Cuando los iones de sodio (Na^+) se mueven a través de la membrana 220 de NaSICON en el compartimento 204 catódico, estos cationes entran en el catolito 226. Una vez en el catolito 226, los iones de sodio (Na^+) pueden reaccionar con iones de hidróxido (OH^-) (que se formaron durante la reducción de agua (H_2O) en el cátodo 210) para formar un agente cáustico puro (NaOH). También se puede formar gas de hidrógeno (H_2) en el compartimento 204 catódico.

Cuando los aniones 224 se mueven a través de la membrana 312 aniónica, estos aniones entran en el anolito 230. En el compartimento 206 anódico, el agua (H_2O) del anolito 230 se oxida en el ánodo 212 para liberar gas de oxígeno (O_2) y protones (H^+). Estos protones (H^+) luego reaccionan con los aniones 224 de lactato ($\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3^-$) (que han migrado

desde el compartimiento 310 central a través de la membrana 312 aniónica) para formar ácido 228 láctico ($C_3H_6O_3$). El ácido 228 láctico ($C_3H_6O_3$) se divide en el segundo solvente 232 (fase orgánica) del anolito 230 con base en su preferencia de solubilidad para esta fase. Mientras el ácido 228 láctico se divide en el segundo solvente 232, el anión 224 de lactato se divide en el primer solvente 234 (es decir, el agua). El anión 224 de lactato es un producto químico básico, y como tal, el pH del anolito 230 no cae con la formación del ácido 228. El ácido láctico en el segundo solvente 232 no se disocia y forma H^+ y, por lo tanto, el pH en el compartimiento anódico permanece básico (o neutral) y por encima de un pH de aproximadamente 6.

En la realización de tres compartimentos mostrada en la Figura 3, se añade protección de la membrana de NaSICON (por ejemplo, otro compartimento) que evita la disminución del pH alrededor de la membrana de NaSICON. Más bien, el pH del líquido 301 en el compartimiento 310 central (por ejemplo, alrededor de la membrana de NaSICON) se establece mediante el anión de lactato básico. Por consiguiente, la membrana 220 de NaSICON en la celda 104a no está contaminada.

Las Figuras 4 y 5 representan dos Diagramas de Flujo de Proceso (PFD) diferentes que muestran procesos continuos de cómo pueden construirse las realizaciones y usarse para producir ácido láctico/ácidos carboxílicos. Tanto la Figura 4 como la Figura 5 muestran procesos continuos, aunque ambos conceptos también se pudieron demostrar mediante procesos por lotes. Las Figuras 4 y 5 muestran un posible esquema de flujo del proceso en el que el ácido generado se separa de la fase acuosa (por ejemplo, el primer solvente) externa de la celda (por ejemplo, en un tanque de separación líquido-líquido separado). Sin embargo, también podrían realizarse realizaciones en las que no se use un tanque de separación líquido-líquido en el que la separación del agua de la fase orgánica tenga lugar dentro de la propia celda. Debe observarse que el proceso mostrado en la Figura 4 proporciona protección adicional de la membrana NaSICON del ácido producido (particularmente cuando se usa una celda de dos compartimentos como se muestra en la Figura 2) porque el ácido puede eliminarse de la fase acuosa inmediatamente después de su formación. Por otro lado, el enfoque mostrado en la Figura 5 también tiene sus ventajas en que no requiere una solución bien mezclada para ingresar a la celda y, por lo tanto, posiblemente podría requerir menos solvente (aunque puede requerir un mayor rendimiento celular).

Cada PFD que se muestra en las Figuras 4 y 5 está diseñada para proporcionar control sobre la proporción agua/solvente para una extracción líquido-líquido que se produce ya sea dentro o fuera de la celda electrolítica. La proporción de agua a solvente debe adaptarse al proceso específico y al solvente que se use, logrando así la eliminación máxima de ácido con un mínimo de solvente. Teóricamente, el agua solo se requiere en el proceso para (1) mantener todo el lactato de sodio y otros constituyentes de la corriente de entrada disueltos y (2) proporcionar protones (H^+) para la producción del ácido. Por lo tanto, se puede evitar el exceso de agua en el anolito. De hecho, desde un punto de vista práctico, la eliminación de agua de una corriente posterior a la fermentación puede ser beneficiosa antes de que la corriente entre en el proceso electrolítico (como se indica por el paso 120 de eliminación de agua en la Figura 1).

Con referencia ahora a la Figura 4, se muestra un proceso 400 que puede usarse para producir un ácido carboxílico. En el proceso 400, se puede obtener un caldo 401 de entrada. (Como se explica aquí, este caldo 401 puede derivarse de biomasa). El caldo 401 puede añadirse a un tanque 403 de mezclado. El caldo 401 de entrada puede comprender los productos generados por la reacción 110 de conversión (por ejemplo, la reacción de fermentación) de Figura 1. Se puede usar una bomba 405 y/o una o más válvulas 407 (según sea necesario) para introducir el caldo 401 de entrada desde el tanque 403 de mezclado en la celda 104 de electrólisis (o 104a).

En el proceso 400, se puede usar una celda 104/104a de electrólisis para producir un ácido carboxílico. Como se describió anteriormente, el catolito 226 (no mostrado en la Figura 4) puede usarse para producir un agente cáustico concentrado (por ejemplo, NaOH). Por consiguiente, se puede extraer una solución 404 del catolito 226 de la celda 104/104a. Esta solución puede entonces someterse a un intercambio de calor/intercambio 408 de temperatura (que puede ser alimentada por una o más servicios 410). (Se pueden usar una o más válvulas 412 para introducir los refrigerantes químicos que pueden ser necesarios en el intercambio de calor/intercambio de temperatura). Los expertos en la técnica apreciarán los procesos/condiciones necesarias para lograr este intercambio de calor/intercambio 408 de temperatura. A partir de este tanque 416, se puede extraer el gas 420 de hidrógeno. (Como se indicó anteriormente, se produjo gas de hidrógeno (H_2) en el compartimiento 204 catódico (no mostrado en la Figura 4), y por lo tanto, este gas 420 puede recogerse para que pueda venderse, desecharse, reutilizarse, etc.) Además, debido a que el agua se consume como parte de la reacción en el catolito 226, el agua en el catolito 226 puede agotarse. Por consiguiente, se puede agregar agua 424 al tanque 416, según sea necesario. Además, se produce un agente cáustico (NaOH) 428 en el catolito 226, y como tal, una cantidad (tal como una cantidad concentrada) de NaOH 428 se puede eliminar del tanque 416, según sea necesario. (Este agente cáustico 428 puede venderse, desecharse, reutilizarse, etc.). Sin embargo, debe observarse que se puede usar un agente cáustico NaOH en la reacción 110 de conversión de la Figura 1. Por consiguiente, este agente cáustico 428 producida puede luego reciclarse y reutilizarse en esa reacción 110 de conversión, disminuyendo así los costes globales asociados con las presentes realizaciones.

El catolito 226 que se encuentra en el tanque 416 de recirculación de catolito puede ser devuelto (retroalimentado) de vuelta 430 a la celda 104/104a, reabasteciendo así el suministro de catolito en la celda 104/104a. Según sea necesario, se puede usar una bomba 432 (y/o una válvula 431) para empujar el catolito reabastecido desde el tanque 416 a la celda 104/104a. Este procesamiento del catolito 226 que se describió anteriormente se puede referir como el "bucle

434 cáustico" del proceso 400 general. Este bucle 434 cáustico opera para reabastecer y renovar el catolito 226 en la celda 104/104a de modo que el proceso global puede ser operado continuamente. Por lo tanto, un suministro nuevo, actualizado del catolito 226 puede estar continuamente presente en la celda 104/104a.

Además de un bucle 434 cáustico, el proceso 400 también puede incluir un bucle 440 de solvente que puede usarse para extraer el ácido carboxílico producido del anolito 230 (no mostrado en la Figura 4) y/o reponer/actualizar el anolito 230. Como se indicó anteriormente, el anolito 230 en el compartimento 206 anódico (no mostrado en la figura 4) puede comprender un primer solvente 234 (no mostrado en la Figura 4) y un segundo solvente 232 (no mostrado en la figura 4). (El solvente 234 es agua y el segundo solvente 232 es un solvente orgánico). La sal alcalina del ácido 224 carboxílico (no mostrado en la Figura 4) está preferencialmente presente en el primer solvente 234 y el ácido 228 carboxílico formado (no mostrado en la Figura 4) está preferencialmente presente en el segundo solvente 232. El anolito 230 puede extraerse 441 de la celda 104/104a y se añadió a un tanque 442 de separación líquido-líquido. El tanque 442 de separación contiene un primer solvente (fase acuosa) 495 y un segundo solvente (solvente orgánico) 497. El segundo solvente (fase orgánica) 497 contiene el ácido 228 carboxílico formado y se separa 445 del agua 495 (primer solvente).

Este segundo solvente 497 separado puede, según sea necesario, someterse a una reacción 447 de intercambio de calor/intercambio de temperatura (que puede ser alimentada por una o más servicios 449 tales como vapor). Se pueden usar una o más válvulas 452 para introducir los productos químicos que pueden ser necesarios en el proceso 447 de intercambio de calor/intercambio de temperatura. Los expertos en la técnica apreciarán los procesos necesarios para lograr este intercambio de calor/intercambio de temperatura. El servicio (tal como vapor) se puede recoger y reutilizar 451 después de que se haya producido este intercambio de calor/intercambio 447 de temperatura.

Después de finalizar la reacción 447 de intercambio de calor/intercambio de temperatura, puede realizarse una destilación con el segundo solvente 497. Esta destilación (u otro proceso de separación) puede tener lugar dentro de una columna 455 de destilación. La columna 455 de destilación separa los diversos componentes del segundo solvente 497. Por ejemplo, el ácido 457 carboxílico (tal como ácido láctico) que se encontró en el segundo solvente 232 puede extraerse y procesarse adicionalmente, concentrarse, usarse, etc. Cualquier agua 461 que pueda haber estado presente en el segundo solvente 497 también se pueden eliminar y reutilizar, tratar, desechar, etc. Del mismo modo, cualquier gas 459 de oxígeno (que se produjo en la reacción de anolito) también se puede extraer del tanque 442 y recogerse, desecharse, venderse, usarse, etc.

Después de eliminar estas sustancias del segundo solvente 497, el segundo solvente 497 puede dejar 469 la columna 455 de destilación. Específicamente, el segundo solvente 497 puede combinarse luego con el anolito 230 que se ha extraído del tanque 416 de separación líquido-líquido. Como se muestra por las flechas 499 y 499a, una porción de la fase 495 de agua y la fase 497 orgánica pueden extraerse del tanque 442 de separación y combinarse 493 juntas. Este flujo combinado puede luego añadirse al flujo 469 después de abandonar la columna 455 de destilación. Por consiguiente, el proceso en la Figura 4 muestra una realización, donde se introduce una solución líquida de dos fases en la celda electrolítica, proporcionando alguna partición de la solución dentro de la celda y, por lo tanto, posible amortiguación de pH dentro de la celda.

Este líquido combinado se puede luego filtrar 473, según se desee, para eliminar contaminantes 474. Una vez filtrado, este líquido combinado puede someterse entonces a un proceso 478 de intercambio de calor/intercambio de temperatura (que puede ser alimentado por uno o más servicios 480). Se pueden usar una o más válvulas 482 para introducir productos químicos que pueden ser necesarios en el intercambio de calor/intercambio de temperatura. Los expertos en la técnica apreciarán los procesos necesarios para llevar a cabo este intercambio 478 de calor/intercambio de temperatura. Los productos de este intercambio de calor/intercambio 478 de temperatura se pueden añadir 491 luego al tanque 403 de mezclado para su uso, y finalmente pueden reutilizarse, en la celda 104/104a.

Por lo tanto, el proceso 400 representa un proceso continuo donde los productos se producen y eliminan continuamente del sistema. Por lo tanto, puede estar continuamente presente un suministro nuevo, de actualización del anolito 230 en la celda 104/104a. Este proceso 400 también proporciona un proceso externo de extracción líquido-líquido que usa el tanque 442.

Con referencia ahora a la Figura 5, se muestra un proceso 500 diferente que puede usarse para producir un ácido carboxílico. En el proceso 500, puede obtenerse un caldo 501 de entrada y añadirse a un tanque 503 de recirculación de anolito. El caldo 501 de entrada puede comprender los productos generados por la reacción 110 de conversión (tal como, por ejemplo, una reacción de fermentación) de la Figura 1. Se puede usar una bomba 505 y/o una o más válvulas 507 (según sea necesario) para introducir el caldo 501 de entrada desde el tanque 503 de mezcla en la celda 104 de electrólisis (o 104a).

Debe observarse que el bucle 434 cáustico del proceso 500 (que está asociado con el catolito) funciona de la misma manera que el circuito 434 cáustico de la Figura 4. En consecuencia, para efectos de brevedad, no se repetirá una discusión del bucle 434 cáustico.

Además de un bucle 434 cáustico, el proceso 500 también puede incluir un bucle 540 de solvente que puede usarse para extraer el ácido carboxílico producido del anolito 230 (no mostrado en la Figura 5). Como se indicó anteriormente, el anolito 230 en el compartimento 206 anódico (no mostrado en la Figura 5) puede comprender un primer solvente

234 (no es agua el Disolvente 234 y el segundo solvente 232 es un solvente orgánico). La sal alcalina del ácido 224 carboxílico (no mostrado en la Figura 5) está preferencialmente presente en el primer solvente 234 y el ácido 228 carboxílico formado (no mostrado en la Figura 5) está preferencialmente presente en el segundo solvente 232. El anolito 230 se puede extraer 441 de la celda 104/104a y se añadió a un tanque 442 de separación líquido-líquido. El tanque 442 de separación contiene un primer solvente (fase acuosa) 495 y un segundo solvente (solvente orgánico) 497. El segundo solvente (fase orgánica) 497 contiene el ácido 228 carboxílico formado y se separa 445 del agua 495 (primer solvente).

Este segundo solvente 497 separado puede, según sea necesario, someterse a un intercambio de calor/intercambio 447 de temperatura (que puede ser alimentado por uno o más servicios 449 tales como vapor). Se pueden usar una o más válvulas 452 para introducir productos químicos que pueden ser necesarios en el intercambio de calor/intercambio 447 de temperatura. Los expertos en la técnica apreciarán los procesos necesarios para lograr este intercambio de calor/intercambio de temperatura. El servicio (como el vapor) se puede recolectar y reutilizar 451 después de que se haya producido este intercambio de calor/intercambio 447 de temperatura.

Después de finalizar la reacción 447 de intercambio de calor/intercambio de temperatura, puede tener lugar una reacción de destilación sobre el segundo solvente 497. Este proceso de destilación (u otro proceso de separación) puede tener lugar dentro de una columna 455 de destilación. La columna 455 de destilación separa los diversos componentes del segundo solvente 497. Por ejemplo, el ácido 457 carboxílico (tal como ácido láctico) que se encontró en el segundo solvente 232 puede extraerse y procesarse adicionalmente, concentrarse, usarse, etc. Cualquier agua 461 que pueda haber estado presente en el segundo solvente 497 también se puede eliminar y reutilizar, tratar, desechar, etc. Del mismo modo, cualquier gas 459 de oxígeno (que se produjo en la reacción de anolito) también se puede extraer del tanque 442 y recoger, desechar, vender, usar, etc.

Sin embargo, a diferencia de la realización de la Figura 4, el solvente 497 de la columna 455 de destilación se puede extraer 571 y retornar 572 al tanque 442 de separación líquido-líquido, donde se puede volver a mezclar con el otro anolito 230 y ser reutilizado.

El proceso 500 también puede incluir un circuito 570 de agua. El circuito 570 de agua comienza cuando una porción de la fase 495 de agua (por ejemplo, el primer solvente) se elimina 581 del tanque 442 de separación líquido-líquido. Este líquido eliminado se puede luego filtrar 583 para eliminar contaminantes 585.

Una vez filtrada, la fase 495 de agua puede entonces someterse a un intercambio de calor/intercambio 578 de temperatura (que puede ser alimentado por uno o más servicios 580). Se pueden usar una o más válvulas 582 para introducir productos químicos que pueden ser necesarios en el intercambio de calor/intercambio de temperatura. Los expertos en la técnica apreciarán los procesos necesarios para llevar a cabo este intercambio de calor/intercambio 578 de temperatura. Los productos de este intercambio 578 de calor/intercambio de temperatura se añaden luego 591 al tanque 503 de modo que puedan finalmente reutilizarse en la celda 104/104a. En una realización, solo la fase acuosa se introduce en la celda, simplificando así el proceso, pero arriesgando un pH inferior dentro de la celda. En tal realización, se pueden utilizar tasas de flujo más altos a través de la celda para gestionar este riesgo.

Por lo tanto, el proceso 500 representa un proceso continuo donde los productos se producen y eliminan continuamente del sistema. Por lo tanto, un suministro nuevo, de actualización del anolito 230 y del catolito 226 (no mostrado en la Figura 5) puede estar continuamente presente en la celda 104/104a. Este proceso 500 proporciona un proceso externo de extracción líquido-líquido que usa el tanque 442.

Con referencia ahora a la Figura 6, se realizó una simulación por computadora usando el software CHEMCAD® para analizar un proceso de separación que se puede usar en las presentes realizaciones. Este proceso simulado por computadora 600 se muestra en la Figura 6. Este proceso 600 simulado por computadora implica la separación de un ácido carboxílico de una mezcla de agua y un solvente orgánico (que puede ser, por ejemplo, hexanol, ciclohexanol, octanol y butanol u otros solventes). Específicamente, se simula una mezcla de anolito de dos solventes diferentes. Esta mezcla comprende una solución 602 de 20% de ácido láctico/80% de agua y una solución de hexanol 604. Las soluciones 602, 604 se mezclan en un extractor 606 líquido-líquido. En la simulación de la Figura 6, 4.5 L del hexanol 604 se mezcla con cada 1 L de la solución 602 de agua. Por lo tanto, hay sustancialmente más hexanol en la mezcla simulada que agua.

Como se muestra en la Figura 6, el extractor 606 líquido-líquido es capaz de separar el agua del hexanol y el ácido láctico. Específicamente, se puede extraer 610 agua del extractor 606. De acuerdo con la simulación, el agua 611 será aproximadamente 99% (siendo el resto hexanol y ácido láctico). Asimismo, una mezcla de hexanol y ácido láctico también se puede extraer 612 del extractor 606 líquido-líquido.

De acuerdo con la simulación de la Figura 6, la mezcla 601 de hexanol/ácido láctico, que puede contener o no una fracción menor de agua, puede a continuación someterse a una columna 616 de destilación. Esta columna 616 de destilación funciona para separar el ácido láctico del hexanol. Específicamente, el ácido láctico se extrae 620 de la columna 616 (y se somete a un proceso de intercambio de calor/intercambio de temperatura u otro proceso de purificación 630 según sea necesario). La simulación indica que la cantidad de ácido láctico 636 que puede obtenerse de dichos procesos es más del 99% pura.

De forma similar, el hexanol se puede extraer 640 de la columna 616 (y se puede someter a un proceso de intercambio de calor/intercambio de temperatura u otra reacción 650 de purificación) según sea necesario). La simulación indica que la cantidad de hexanol 646 que se puede obtener de dichos procesos es 90% pura (con algo de agua contenida en el mismo).

- 5 Como se muestra mediante las flechas 655, 656 discontinuas, en una realización, si las muestras no se tratan adecuadamente mediante procesos 630, 650 de intercambio de calor/intercambio de temperatura, se puede devolver una muestra a la columna 616, según sea necesario, con el fin de tratar adecuadamente los flujos. En una realización, la "proporción de reflujo" de una columna de destilación puede usarse para determinar qué parte de la muestra se retira de la parte superior o parte inferior de la columna 616 en comparación con la cantidad que se envía de vuelta a la columna 616. Otras formas conocidas por aquellos expertos en la técnica se pueden usar para operar la columna 616 con el fin de mejorar la separación de productos químicos.

- 10 Como se puede ver a partir de las presentes realizaciones, puede ser deseable separar algunos de los productos (tales como el ácido carboxílico) durante un proceso de electrólisis, de modo que estos productos químicos no envenenen una membrana de NaSICON (u otra similar). Sin embargo, los expertos en la técnica reconocerán que las realizaciones y técnicas divulgadas aquí también pueden usarse para aislar uno o más reactivos (según sea necesario) de la membrana de NaSICON, evitando así que los reactivos ensucien la membrana. Puede ser deseable separar reactivos y/o productos durante la electrólisis en una celda electrolítica que contiene la membrana de NaSICON porque:

- (1) ya sean los reactivos o los productos afectan el rendimiento del ánodo;
- 20 (2) ya sean los reactivos o los productos afectan el rendimiento de la membrana;
- (3) la producción continua (no por lotes) y la separación de los productos se logran más fácilmente; y
- (4) la separación de los reactivos o los productos del anolito puede aumentar la densidad de corriente operacional.

- 25 Se debe observar además que pueden construirse realizaciones en las que el solvente orgánico particular usado se selecciona específicamente/se adapta al ácido carboxílico particular. Por ejemplo, si el ácido carboxílico producido es ácido láctico, puede haber otras impurezas (u otros tipos de ácidos carboxílicos) que están presentes en el anolito. Puede ser posible construir realizaciones en las que el solvente orgánico disuelva preferencialmente el producto deseado (el ácido láctico) y no disuelva (o tal vez disuelva en menor medida) las otras impurezas orgánicas y/u otros ácidos carboxílicos en el anolito, aumentando de ese modo la pureza del ácido carboxílico obtenido. Los expertos en la técnica apreciarán cómo seleccionar estos solventes para cada sistema particular/ácido carboxílico producido.

- 30 Aunque muchos de los ejemplos proporcionados aquí implican la formación de ácido láctico como el producto de ácido carboxílico, las enseñanzas de esta divulgación pueden usarse para producir otros tipos de ácido carboxílico, incluyendo ácido cítrico, ácido oleico, ácido adapico, ácido decanoico y otros ácidos de sus correspondientes sales alcalinas.

- 35 Se debe entender que las reivindicaciones no están limitadas a la configuración precisa y los componentes ilustrados anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) para producir un ácido carboxílico en una celda (104) de electrólisis de dos fases que comprende:
obtener una celda (104) de electrólisis de múltiples compartimientos que comprende un compartimiento (206) anódico, un compartimiento (204) catódico y una membrana (220) transportadora de iones alcalinos sólidos;
- 5 añadir un anolito (230) en el compartimiento (206) anódico, en el que el anolito (230) comprende una sal alcalina de un ácido carboxílico (112), un primer solvente (234) y un segundo disolvente (232), y en el que la sal alcalina del ácido (112) carboxílico se divide en un primer solvente (234); y
electrolizar el anolito (230) para producir un ácido (228) carboxílico, en el que el ácido (228) carboxílico producido se divide en el segundo solvente (232);
- 10 en el que el primer solvente (234) comprende agua y el segundo solvente (232) comprende un solvente orgánico.
2. El método de la reivindicación 1, que comprende además separar el segundo solvente (232) del primer solvente (234) para recuperar el ácido (228) carboxílico producido.
3. El método de la reivindicación 2, que comprende además retirar el anolito (230) de la celda (104) de electrólisis de múltiples compartimientos después de que se electroliza.
- 15 4. El método de la reivindicación 3, en el que el ácido (228) carboxílico producido se separa del segundo solvente (232) externo a la celda (104) de electrólisis de múltiples compartimientos, opcionalmente
en el que el anolito (230) se vuelve a alimentar al compartimiento (206) anódico, en el que el segundo solvente (232) desprovisto de producto (228) de ácido carboxílico se recombina con el primer solvente (234) antes de que el anolito (230) sea retroalimentado de nuevo al compartimiento (206) anódico; o
- 20 en el que el anolito (230) se vuelve a alimentar de nuevo al compartimiento (206) anódico, en el que el segundo solvente (232) se separa del primer solvente (234) antes de que el anolito (230) se vuelva a alimentar en el compartimiento anódico (206)
5. El método de cualquier reivindicación anterior, en el que el ácido carboxílico producido comprende ácido láctico y la sal alcalina de un ácido carboxílico comprende lactato de sodio; opcionalmente
- 25 en el que la membrana (220) transportadora de iones alcalinos sólidos comprende una membrana de NaSICON; y
opcionalmente adicional
en el que la membrana (220) transportadora de iones alcalinos sólidos separa el compartimiento (206) anódico del compartimiento (204) catódico.
- 30 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que la celda (104) de electrólisis de múltiples compartimientos comprende además un compartimiento (310) central, en el que la membrana (220) transportadora de iones alcalinos sólidos separa el compartimiento catódico (204) del compartimiento (310) central en el que una membrana aniónica separa (212) el compartimiento (310) central del compartimiento (206) anódico.
7. El método de cualquier reivindicación anterior, en el que la sal alcalina de un ácido (112) carboxílico se produce obteniendo una cantidad de biomasa (102);
- 35 convirtiendo la biomasa (102) en una sal alcalina de un ácido (112) carboxílico; opcionalmente
en el que la conversión de la biomasa comprende una reacción de fermentación.
8. Un dispositivo para producir ácido carboxílico que comprende:
una celda (104) de electrólisis de múltiples compartimientos que comprende un compartimiento (206) anódico, un compartimiento (204) catódico y una membrana (220) transportadora de iones alcalinos sólidos;
- 40 un ánodo (212) en comunicación con el compartimiento (206) anódico;
un cátodo (210) en comunicación con el compartimiento (204) catódico;
una fuente (218) de potencia en comunicación con el ánodo (212) y el cátodo (210) para crear una corriente entre ellos; y
- 45 un anolito (230) que comprende una sal alcalina de un ácido carboxílico (224), un primer solvente (234) y un segundo solvente (232);

en el que el primer solvente (234) comprende agua; el segundo solvente (232) comprende un solvente orgánico seleccionado del grupo que consiste en hexanol, ciclohexanol, octanol y butanol; y la membrana (220) transportadora de iones alcalinos sólidos comprende una membrana de NaSICON.

5 9. El dispositivo de la reivindicación 8, en el que el sólido alcalino en la membrana (220) transportadora separa el compartimiento (206) anódico del compartimiento (204) catódico.

10. El dispositivo de la reivindicación 8, en el que la celda (104) de electrólisis de múltiples compartimientos comprende además un compartimiento (310) central, en el que la membrana (220) transportadora de iones alcalinos sólidos separa el compartimiento (204) catódico del compartimiento (310) central, en el que una membrana (312) aniónica separa el compartimiento (310) central del compartimiento (206) anódico.

10 11. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende adicionalmente un catolito alojado en el compartimiento catódico.

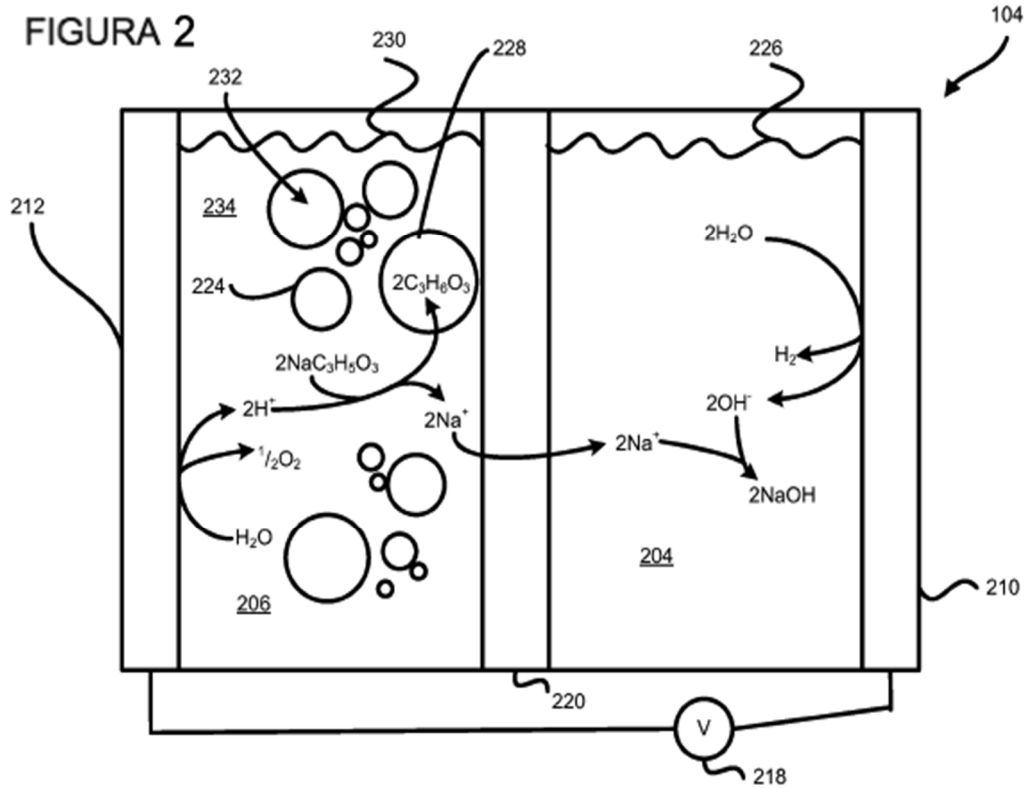
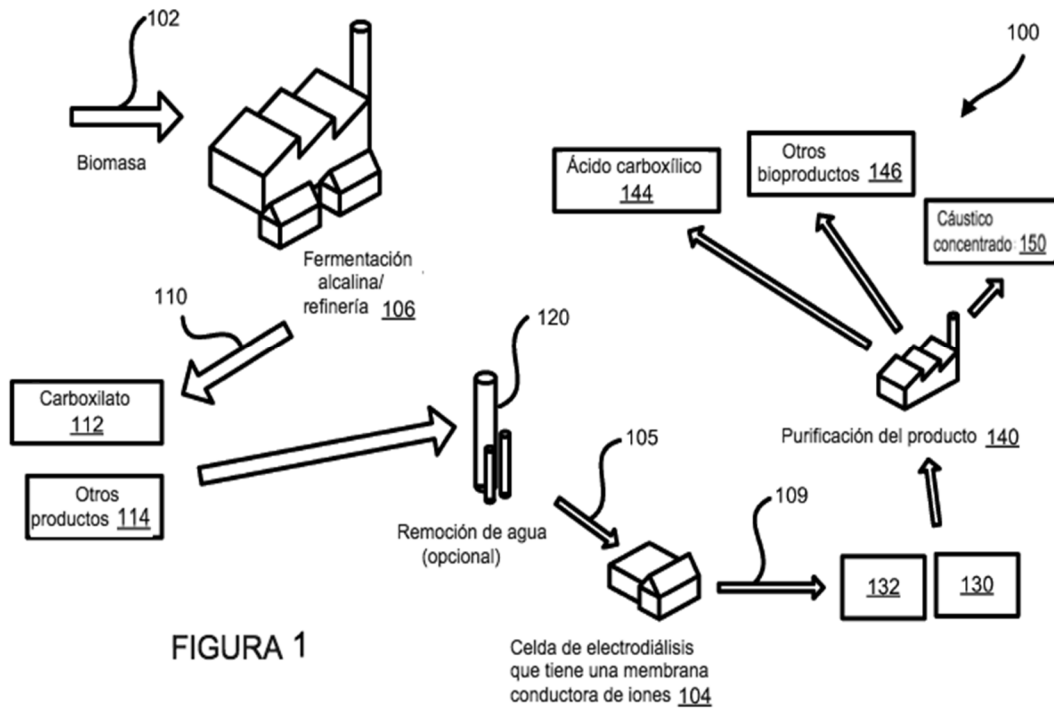


FIGURA 3

