

REIVINDICACIONES

1. Un proceso para la preparación de prenatal que comprende una etapa de someter isoprenol a deshidrogenación oxidativa para obtener prenatal y/o isoprenal al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador heterogéneo de deshidrogenación oxidativa en presencia de oxígeno molecular, y opcionalmente isomerizar al menos parte del isoprenal a prenatal, en donde la etapa se caracteriza por mantener en la corriente de reactivos una relación en peso de aldehídos con respecto a isoprenol de menos de 0,04.
2. El proceso de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el isoprenol se obtiene al hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno.
3. Un proceso para la preparación de acetal de diprenilo de prenatal que comprende la etapa de condensar el prenatal obtenido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2 con prenatal.
4. El proceso de acuerdo con la reivindicación 3, en donde el prenatal se obtiene mediante la isomerización de isoprenol al poner en contacto una corriente de reactivos que comprende isoprenol con al menos un catalizador de isomerización heterogéneo, preferentemente en presencia de hidrógeno.
5. El proceso de acuerdo con la reivindicación 4, en donde el isoprenol se obtiene al hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno.
6. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, en donde la etapa de isomerizar isoprenol se caracteriza por mantener una concentración de aldehídos en la corriente de reactivos de menos de 0,5 % en peso, preferentemente menor de 0,4 % en peso, en particular, menor de 0,3 % en peso, o de menos de 0,25 % en peso, en función del peso total de la corriente de reactivos, y opcionalmente la concentración de aldehídos en la corriente de reactivos no es menor de 10 ppm, preferentemente no es menor de 25 ppm, en particular, no es menor de 50 ppm, o no es menor de 100 ppm, en función del peso total de la corriente de reactivos.
7. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, que comprende las etapas de:
 - a) hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno para obtener isoprenol;
 - b) isomerizar el isoprenol obtenido en la etapa a) para obtener prenatal al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto

- con al menos un catalizador de isomerización heterogéneo, preferentemente en presencia de hidrógeno;
- c) proporcionar prenal de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2; y
 - d) condensar el prenol obtenido en la etapa b) con el prenal obtenido en la etapa c) para obtener acetal de diprenilo de prenal.
8. Un proceso para la preparación de 3,7-dimetil-octa-2,6-dienal (citral) que comprende una etapa de someter el acetal de diprenilo de prenal obtenido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7 a condiciones de escisión para obtener citral mediante prenil (3-metil-butadienil) éter y 2,4,4-trimetil-3-formil-1,5-hexadieno.
9. Un proceso para la preparación de 3,7-dimetil-octa-2,6-dienal (citral) que comprende las etapas de:
- a) hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno para obtener isoprenol;
 - b) isomerizar el isoprenol obtenido en la etapa a) para obtener prenol al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador de isomerización heterogéneo, preferentemente en presencia de hidrógeno;
 - c) proporcionar prenal mediante al menos una de c-i) y c-ii):
 - c-i) someter el isoprenol obtenido en la etapa a) a deshidrogenación oxidativa para obtener prenal y/o isoprenal al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador heterogéneo de deshidrogenación oxidativa en presencia de oxígeno molecular, y opcionalmente isomerizar al menos parte del isoprenal a prenal;
 - c-ii) oxidar el prenol obtenido en la etapa b) para obtener prenal al poner una corriente de reactivos que comprende prenol en contacto con al menos un oxidante y al menos un catalizador de oxidación, preferentemente en presencia de una fase líquida;
 - d) condensar el prenol obtenido en la etapa b) con el prenal obtenido en la etapa c) para obtener acetal de diprenilo de prenal; y
 - e) someter el acetal de diprenilo de prenal obtenido en la etapa d) a condiciones de escisión para obtener citral a través de prenil (3-metil-butadienil) éter y 2,4,4-trimetil-3-formil-1,5-hexadieno.

en donde la etapa c-i) se caracteriza por mantener en la corriente de reactivos una relación en peso de aldehídos con respecto a isoprenol de menos de 0,04, y

opcionalmente, la etapa b) se caracteriza por mantener en la corriente de reactivos una concentración de aldehídos de menos de 0,5 % en peso, preferentemente menos de 0,4 % en peso, en particular, menos de 0,3 % en peso, o menos de 0,25 % en peso, en función del peso total de la corriente de reactivos, y, opcionalmente, la concentración de aldehídos en la corriente de reactivos no es menor de 10 ppm, preferentemente no es menor de 25 ppm, en particular, no es menor de 50 ppm, o no es menor de 100 ppm, en función del peso total de la corriente de reactivos.

10. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 9, en donde hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno para obtener isoprenol, preferentemente la etapa a) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, comprende introducir la al menos una fuente de formaldehído e isobutileno en un reactor y hacer reaccionar la fuente de formaldehído e isobutileno en condiciones supercríticas.
11. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, en donde hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno para obtener isoprenol, preferentemente la etapa a) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, comprende introducir la fuente de formaldehído e isobutileno en un reactor de bucle interno a través de al menos una boquilla y en un primer conducto, en donde el reactor de bucle interno comprende:
 - un recipiente cilíndrico dispuesto de forma vertical que comprende una pared lateral;
 - al menos un tubo de aspiración con un extremo de entrada y un extremo de salida, dispuesto verticalmente dentro del recipiente, en donde los tubos de aspiración están dispuestos concéntricamente con respecto a las boquillas y tienen una superficie interior y una superficie exterior, en donde los tubos de aspiración proporcionan los primeros conductos dentro de los tubos de aspiración, y un segundo conducto fuera de los tubos de aspiración y dentro de la pared lateral, en donde los primeros conductos están en comunicación fluida con el segundo conducto;
 - medios para la salida de fluido del reactor;
 en donde la superficie interior de los tubos de aspiración presenta una

curvatura convexa, de modo que los primeros conductos presentan una constricción anular de la sección transversal entre el extremo de entrada del tubo y el extremo de salida del tubo; en donde la constricción está situada más cerca del extremo de entrada del tubo; y en donde la curvatura convexa de la superficie interior de los tubos de aspiración se extiende al menos sobre el 70 %, preferentemente al menos sobre el 80 %, con máxima preferencia al menos el 90 % de la longitud del tubo de aspiración; y

en donde la superficie externa de los tubos de aspiración presenta una curvatura convexa, de modo que los tubos de aspiración exhiben una protuberancia circunferencial entre el extremo de entrada del tubo y el extremo de salida del tubo, en donde dicha protuberancia circunferencial se ubica preferentemente más cerca del extremo de salida del tubo; y en donde la curvatura convexa de la superficie externa de los tubos de aspiración se extiende sobre al menos 70 %, preferentemente al menos 80 %, con máxima preferencia al menos 90 % de la longitud del tubo de aspiración; y

en donde los bordes de los tubos de aspiración son redondeados, de modo que la fuente de formaldehído e isobutileno introducidos a través de las boquillas se desplazan generalmente hacia abajo en los primeros conductos para obtener un fluido reaccionado, el cual se desvía a continuación en dirección opuesta para desplazarse a través del segundo conducto y posteriormente mezclarse con el fluido introducido.

12. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 11, en donde hacer reaccionar la fuente de formaldehído e isobutileno comprende el intercambio de calor entre una corriente de isoprenol caliente extraída del reactor y una corriente de isobutileno dirigida hacia el reactor; en donde el intercambio de calor se lleva a cabo en uno o más intercambiadores de calor de carcasa y tubo, cada uno de los cuales comprende un pasaje de intercambio de calor en el lado de la carcasa y una pluralidad de tubos; en donde el isoprenol caliente se dirige a través de los tubos de los intercambiadores de calor y el isobutileno se guía a través del pasaje en el lado de la carcasa, en donde, en el caso de más de un intercambiador de calor, al menos dos de los intercambiadores de calor se conectan en serio con respecto al flujo en el lado de la carcasa y el flujo en el lado de los tubos.
13. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde

isoprenol, preferentemente obtenido de acuerdo con la reivindicación 2, con mayor preferencia obtenido en la etapa a) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, se purifica al someter una corriente de isoprenol crudo que contiene isoprenol, agua y formaldehído, o un isoprenol que contiene una fracción de estos, a destilación en una torre de separación de bajo punto de ebullición a una presión de 2 bara o mayor, preferentemente 2,5 bara o mayor, para obtener una corriente de destilados que contiene formaldehído acuoso y una corriente de fondo que contiene isoprenol esencialmente libre de formaldehído.

14. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, en donde la corriente de reactivos que comprende isoprenol, preferentemente la corriente de reactivos de la etapa c-i) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, es gaseosa, y en donde al menos un catalizador heterogéneo de deshidrogenación oxidativa es un catalizador heterogéneo de deshidrogenación oxidativa que contiene plata.
15. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, en donde la deshidrogenación oxidativa, preferentemente de la etapa c-i) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, se lleva a cabo al pasar isoprenol a través de una pluralidad de tubos de reacción de un reactor de intercambio de calor de carcasa y tubo que comprende
 - un conducto de intercambio de calor en el lado de la carcasa para hacer circular un medio de transferencia de calor y un conducto de reacción que comprende la pluralidad de tubos de reacción;
 - una entrada para introducir la corriente de reactivos en el conducto de reacción; y
 - una salida del conducto de reacción para recuperar una corriente efluente de los tubos de reacción;
 en donde los tubos de reacción comprenden:
 - una zona de precalentamiento del reactivo adyacente a la entrada, y
 - una zona de reacción corriente abajo de la zona de precalentamiento del reactivo, en donde la zona de reacción tiene un inserto de matriz de alambre catalíticamente activo que tiene plata al menos en una parte de su superficie.
16. El proceso de acuerdo con la reivindicación 15, en donde los insertos de matriz de alambre catalíticamente activos comprenden un núcleo alargado con una pluralidad de bucles de alambre que se extienden desde el núcleo alargado, en

donde los bucles de alambre están dispuestos longitudinalmente y desplazados helicoidalmente, y en donde los bucles de alambre comprenden un cable de plata masivo.

17. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 16, en donde condensar prenol con prenal, preferentemente de acuerdo con la etapa d) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 16, comprende condensar continuamente prenol con prenal en presencia de al menos un catalizador de condensación en una columna de reacción al mismo tiempo que se extrae continuamente una fracción de acetal que comprende acetal de diprenilo de prenal desde la columna de reacción.
18. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 a 17, en donde obtener citral, preferentemente de acuerdo con la etapa e) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 17, comprende someter continuamente la fracción de acetal a condiciones de escisión en una columna de escisión en presencia de al menos un catalizador de escisión al mismo tiempo que se extrae continuamente desde la columna de extracción una fracción de escisión que contiene al menos un de prenil (3-metil-butadienil) éster y 2,4,4-trimetil-3-formil-1,5-hexadieno, y que contiene opcionalmente citral; y hacer reaccionar la fracción de escisión en un reactor de tipo flujo pistón para obtener citral.
19. El proceso de acuerdo con la reivindicación 18, que comprende reciclar prenol, preferentemente obtenido en la etapa e) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 18 y/o en la etapa d) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 18;
 en donde la concentración de 2,4,4-trimetil-3-formil-1,5-hexadieno del prenol reciclado de la etapa e) a la etapa d) se controla de tal manera que la concentración de 2,4,4-trimetil-3-formil-1,5-hexadieno en la etapa d) sea inferior a 1 % en peso en relación con el peso total de prenol y prenal; y
 en donde la concentración de citral del prenol reciclado de la etapa e) a la etapa d) se controla de tal manera que la concentración de citral en la etapa d) sea inferior a 1 % en peso en relación con el peso total de prenol y prenal.
20. Un proceso para la preparación de prenol mediante la puesta en contacto de una corriente de reactivos que comprende isoprenol con al menos un catalizador de isomerización heterogéneo, preferentemente en presencia de hidrógeno, para obtener un prenol que contiene una corriente de productos, que se caracteriza por mantener en la corriente de reactivos una concentración

de aldehídos de menos de 0,5 % en peso, preferentemente menos de 0,4 % en peso, en particular, menos de 0,3 % en peso, o menos de 0,25 % en peso, en función del peso total de la corriente de reactivos, en donde la concentración de aldehídos en la corriente de reactivos no es menor de 10 ppm, preferentemente no es menor de 25 ppm, en particular, no es menor de 50 ppm, o no es menor de 100 ppm, en función del peso total de la corriente de reactivos.

21. El proceso de acuerdo con la reivindicación 20, en donde el isoprenol se obtiene al hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno.
22. El proceso de acuerdo con la reivindicación 21, en donde los aldehídos en la corriente de reactivos consisten o comprenden formaldehído, y en donde la concentración de formaldehído es menos de 0,2 % en peso, incluso con mayor preferencia menos de 0,15 % en peso, en particular, menos de 0,1 % en peso, o menos de 0,05 % en peso, con mayor particularidad menos de 0,025 % en peso, incluso con mayor particularidad menos de 0,02 % en peso, en función del peso total de la corriente de reactivos, pero no menos de 10 ppm, preferentemente no menos de 25 ppm, en particular, no menos de 50 ppm, o no menos de 100 ppm, en función del peso total de la corriente de reactivos.
23. El proceso de acuerdo con las reivindicaciones 20 a 22, en donde el proceso incluye separar una corriente de isoprenol sin reaccionar de la corriente de productos que contiene prenil, y opcionalmente eliminar al menos parte de los aldehídos, preferentemente parte del formaldehído y/o prenil, de la corriente de isoprenol sin reaccionar, seguido de la combinación de la corriente de isoprenol sin reaccionar con una corriente de isoprenol fresco para formar la corriente de reactivos.
24. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 23, en donde el proceso incluye separar una corriente de isoprenol sin reaccionar de la corriente de productos que contiene prenil, combinar la corriente de isoprenol sin reaccionar con una corriente de isoprenol crudo que contiene isoprenol, agua y aldehídos, y eliminar agua, preferentemente agua y aldehídos, de la corriente combinada para formar la corriente de reactivos.
25. El proceso de acuerdo con la reivindicación 24, en donde eliminar los aldehídos de la corriente combinada comprende:
 - (i) dirigir la corriente combinada a una primera torre de separación de bajo punto de ebullición operada a una presión de 1,5 bara o menor para obtener una primera corriente de fondo que contiene isoprenol y

- aldehídos, y una primera corriente de destilados que contiene agua y productos de bajo punto de ebullición;
- (ii) dirigir la primera corriente de fondo a una segunda torre de separación de bajo punto de ebullición operada a una presión de 2 bara o superior para obtener una segunda corriente de destilados que contiene aldehídos acuosos y una segunda corriente de fondo que contiene isoprenol; y
 - (iii) dirigir la segunda corriente de fondo a una torre de acabado para obtener una corriente de fondo que contiene productos de alto punto de ebullición, y la corriente de reactivos en forma de una corriente de destilados.
26. Un proceso para la preparación de acetal de diprenilo de prenal que comprende la etapa de condensar el prenal obtenido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 25 con prenal.
 27. El proceso de acuerdo con la reivindicación 26, en donde el prenal se obtiene al someter isoprenol a deshidrogenación oxidativa para obtener prenal y/o isoprenal al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador heterogéneo de deshidrogenación oxidativa en presencia de oxígeno molecular, y opcionalmente al isomerizar al menos parte del isoprenal a prenal.
 28. El proceso de acuerdo con la reivindicación 27, en donde el isoprenol se obtiene al hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno.
 29. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 26 a 28, en donde la corriente de reactivos que comprende isoprenol se caracteriza por mantener en la corriente de reactivos una relación en peso de aldehídos con respecto a isoprenol de menos de 0,04.
 30. El proceso de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 29, que comprende las etapas de:
 - a) hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno para obtener isoprenol;
 - b) isomerizar el isoprenol obtenido en la etapa a) para obtener prenal al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador de isomerización heterogéneo, preferentemente en presencia de hidrógeno;
 - c) proporcionar prenal mediante al menos una de c-i) y c-ii):

- c-i) someter el isoprenol obtenido en la etapa a) a deshidrogenación oxidativa para obtener prenal y/o isoprenal al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador heterogéneo de deshidrogenación oxidativa en presencia de oxígeno molecular, y opcionalmente isomerizar al menos parte del isoprenal a prenal;
 - c-ii) oxidar el prenol obtenido en la etapa b) para obtener prenal al poner una corriente de reactivos que comprende prenol en contacto con al menos un oxidante y al menos un catalizador de oxidación, preferentemente en presencia de una fase líquida; y
 - d) condensar el prenol obtenido en la etapa b) con el prenal obtenido en la etapa c) para obtener acetal de diprenilo de prenal.
- 31. Un proceso para la preparación de 3,7-dimetil-octa-2,6-dienal (citral) que comprende una etapa de someter el acetal de diprenilo de prenal obtenido de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 26 a 30 a condiciones de escisión para obtener citral mediante prenil (3-metil-butadienil) éter y 2,4,4-trimetil-3-formil-1,5-hexadieno.
- 32. Un proceso para la preparación de 3,7-dimetil-octa-2,6-dienal (citral) que comprende las etapas de:
 - a) hacer reaccionar al menos una fuente de formaldehído e isobutileno para obtener isoprenol;
 - b) isomerizar el isoprenol obtenido en la etapa a) para obtener prenol al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador de isomerización heterogéneo, preferentemente en presencia de hidrógeno;
 - c) proporcionar prenal mediante al menos una de c-i) y c-ii):
 - c-i) someter el isoprenol obtenido en la etapa a) a deshidrogenación oxidativa para obtener prenal y/o isoprenal al poner una corriente de reactivos que comprende isoprenol en contacto con al menos un catalizador heterogéneo de deshidrogenación oxidativa en presencia de oxígeno molecular, y opcionalmente isomerizar al menos parte del isoprenal a prenal;
 - c-ii) oxidar el prenol obtenido en la etapa b) para obtener prenal al poner una corriente de reactivos que comprende prenol en contacto con al menos un oxidante y al menos un catalizador de

oxidación, preferentemente en presencia de una fase líquida;

- d) condensar el prenol obtenido en la etapa b) con el prenal obtenido en la etapa c) para obtener acetal de diprenilo de prenal; y
- e) someter el acetal de diprenilo de prenal obtenido en la etapa d) a condiciones de escisión para obtener citral a través de prenil (3-metil-butadienil) éter y 2,4,4-trimetil-3-formil-1,5-hexadieno;

en donde, la etapa b) se caracteriza por mantener en la corriente de reactivos una concentración de aldehídos de menos de 0,5 % en peso, preferentemente menos de 0,4 % en peso, en particular, menos de 0,3 % en peso, o menos de 0,25 % en peso, en función del peso total de la corriente de reactivos, y, opcionalmente, la concentración de aldehídos en la corriente de reactivos no es menor de 10 ppm, preferentemente no es menor de 25 ppm, en particular, no es menor de 50 ppm, o no es menor de 100 ppm, en función del peso total de la corriente de reactivos; y

opcionalmente en donde la etapa c-i) se caracteriza por mantener en la corriente de reactivos una relación en peso de aldehídos con respecto a isoprenol de menos de 0,04.

- 33. El proceso de acuerdo con la reivindicación 32, caracterizado además por cualquiera de las etapas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 19.
- 34. Una corriente de productos que contiene prenal obtenible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 13-16.
- 35. Una corriente de productos que contiene prenol obtenible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 20 a 25.
- 36. Una corriente de productos que contiene acetal de diprenilo de prenal obtenible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-7, 10-17 y 26-30.
- 37. Una corriente de productos que contiene citral obtenible de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-19, 31 y 32.