

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 161**

51 Int. Cl.:

**C07C 29/00** (2006.01)

**C07C 31/20** (2006.01)

**B01J 23/46** (2006.01)

**B01J 29/12** (2006.01)

**B01J 37/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2010 E 10703119 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2013 EP 2419393**

54 Título: **Método para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar**

30 Prioridad:

**16.04.2009 WO PCT/IT2009/000166**

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

**02.12.2013**

73 Titular/es:

**BIOCHEMTEX S.P.A. (100.0%)  
Strada Ribrocca 11  
15057 Tortona (AL), IT**

72 Inventor/es:

**HRONEC, MILAN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 432 161 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 para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar

5 **Antecedentes de la invención**

Existe una gran cantidad de información en la literatura, mayormente en patentes, referente a la hidrogenolisis catalítica de azúcares o alcoholes de azúcar en mezclas de polioles, por ejemplo, glicerol, etilen y propilenglicoles. La hidrogenolisis implica la rotura de un enlace carbono carbono en una molécula con la adición simultánea de cada uno de los fragmentos producidos por la rotura. La hidrogenolisis de azúcares y polioles de mayor peso molecular tiene múltiples etapas. En primer lugar, se deshidrogena el poliol por un catalizador para dar un aldehído o una cetona. El producto de deshidrogenación sufre una escisión de C-C o C-O. La secuencia de reacción global que da lugar a una escisión de C-C o una escisión de C-O, lo que se produce por deshidratación, se ve afectada por un catalizador metálico y una base y pasa por varios intermedios. El catalizador metálico es un catalizador tanto de hidrogenación como de deshidrogenación.

Los catalizadores basados en Ir, Ni, Rh y en especial Ru son activos pero poco selectivos debido a que hidrogenolizan en exceso los enlaces C-C y C-O. La modificación de estos metales por aditivos a menudo da lugar a cambios significativos en las selectividades. Como ejemplo, el catalizador de Ru después de la modificación con compuestos de azufre (sulfuro de sodio) y en presencia de una base (Ca (OH)<sub>2</sub>) a 250 °C en 140 bar de hidrógeno, puede convertir un 98 % de glucitol en un 91 % de una mezcla de etilenglicol (26 %) y 1,2-propanodiol (65 %) (patente de EE.UU. 4.430.253).

El estaño tiene un efecto similar a los compuestos de azufre sobre la modificación de los catalizadores de rutenio, preferentemente en la proporción atómica Ru/Sn de 2 a 1 (G. Gubitosa y B. Casale, patente de EE.UU. 5.354.914). La hidrogenolisis de alcoholes polihídricos de mayor peso molecular en presencia de un catalizador de Ru/Sn incrementa la selectividad hacia la producción de alcoholes polihídricos de menor peso molecular y mantiene la formación de productos no deseados tales como hidrocarburos gaseosos al mínimo. Un cierta ventaja del catalizador de Ru modificado con estaño es que la cantidad de catalizador necesaria para alcanzar la conversión de los alcoholes polihídricos, comparable con el catalizador de Ru modificado con azufre, es varias veces menor.

La patente de EE.UU. n.º 5.210.335 describe la preparación de alcoholes polihídricos de menor peso molecular por hidrogenolisis catalítica de sacarosa en una solución acuosa usando un catalizador con un material activo en forma no reducida que consiste esencialmente en un 66,8 % en peso de CoO, 19,2 % en peso de CuO, 7,1 % en peso de Mn<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, 3,4 % H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> y un 3,5 % de MoO<sub>3</sub>. La reacción de hidrogenolisis tiene lugar a temperaturas de reacción de 250 °C y presiones de desde 280 hasta 300 bar durante 4,5 horas de un tiempo de reacción total. La mezcla de reacción contiene un 60 % en peso de propilenglicol, un 20 % en peso de etilenglicol y el resto de otros alcoholes mono-, di-, tri- y tetrahídricos. La conversión de sacarosa es total.

Las patentes de EE.UU. n.º 5.214.219 y n.º 5.616.817 usan catalizadores con óxido mezclado Co-Zn y Co-Cu-Mn-Mo para la hidrogenolisis de glicerol a etilen y propilenglicoles.

El incremento en la selectividad de la hidrogenolisis de azúcares o alcoholes polihídricos a productos deseados tales como etilen y propilenglicoles también se logra usando el efecto sinérgico de varios catalizadores multimetálicos, por ejemplo Ni-Re (patentes de EE.UU. 6.841.085 y 7.038.094), Ni-W-Cu, y Ni-Mo-Cu.

Los catalizadores metálicos se soportan obviamente sobre portadores. El tipo de portador (por ejemplo, propiedades ácido-base), su textura (área de superficie, porosidad) y la dispersión de metales también son factores muy importantes que influyen la actividad del catalizador y la selectividad del método de hidrogenolisis. Por ejemplo, el soporte preferente para el catalizador de rutenio es el carbono microporoso (patente de EE.UU. 6.291.725).

También se ha descrito un método homogéneo (documento WO 2005/051874). La reacción tiene lugar en la fase líquida homogénea en presencia de un catalizador de rutenio u osmio coordinado con fosfinas tridentadas para dar una conversión de azúcar en un exceso de un 90 % con una selectividad mayor de un 70 % para etilen y propilenglicoles. Se pueden obtener buenos resultados a una presión por debajo de 70 bar. Como se indica, el método de reacción del documento WO 2005/051874 debe proceder necesariamente en fase líquida homogénea, en la que el catalizador está completamente disuelto y no meramente suspendido. Sólo después de dicho método de reacción, cuando se retira el catalizador del reactor, se puede inmovilizar posiblemente sobre un soporte para ayudar a su recuperación.

El método de hidrogenolisis se lleva a cabo de manera conveniente en un medio de reacción acuoso.

Sin embargo, se pueden emplear una variedad de otros disolventes. Los disolventes alternativos incluyen, por ejemplo, etilenglicol, alcoholes monohídricos C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>, en especial metanol. El uso de disolventes práticos da como resultado una mayor conversión a etilenglicol que con el uso de, por ejemplo, ciclohexano (patente de EE.UU. 4.404.411).

Es importante mantener el intervalo de pH durante el método de hidrogenolisis. El mantenimiento del pH dentro del intervalo preferente de 9,0 a 11 (patente de EE.UU. 4.476.331) es importante para lograr la selectividad del producto. Los materiales básicos útiles incluyen hidróxidos de metales alcalinos y sales básicas.

5 Por lo tanto, existe una necesidad de obtener un catalizador heterogéneo con una actividad y selectividad altas que, sin reactivación, se pueda volver a reciclar por medio del método de hidrogenolisis sin pérdida de actividad y selectividad. Dicho catalizador reciclable permitiría rendimientos altos de glicoles de menor peso molecular en condiciones de reacción más suaves, y con una concentración menor de catalizador. Hasta este momento, no se ha informado de dicho catalizador en la literatura.

### Sumario de la invención

15 Al presente inventor le faltaba por reconocer que se podrían concebir una composición de catalizador y un método con modos de realización particulares para ofrecer un catalizador con actividad y selectividad altas. Dicho catalizador permite rendimientos altos de glicoles de menor peso molecular en condiciones de reacción más suaves, y con una concentración menor de catalizador. Esta memoria descriptiva divulga dicho método para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar en ausencia de cualquier fosfina que comprende las etapas de mezclar una suspensión de un catalizador de osmio soportado, agua, un alcohol de azúcar, y una base, presurizar la suspensión con hidrógeno hasta un intervalo de 30 a 90 bar a temperatura ambiente, calentar la suspensión hasta una temperatura en el intervalo de 180 °C a 250 °C, y mezclar la suspensión durante una cantidad de tiempo que varía de desde 1 a 6 horas. Se divulga además en la memoria descriptiva un método para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar en el que el alcohol de azúcar es sorbitol.

25 Se divulga además en la memoria descriptiva un método para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar que comprende las etapas de mezclar una suspensión de un catalizador de osmio soportado, agua, un alcohol de azúcar, y una base, en el que la base se selecciona del grupo de metales alcalinos, metales alcalinotérreos o mezclas de los mismos.

30 Se divulga además en la memoria descriptiva un método para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar que comprende las etapas de mezclar una suspensión de un catalizador de osmio soportado, agua, un alcohol de azúcar, y una base, en el que la base es hidróxido de bario.

35 Se divulga además en la memoria descriptiva un método para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar que comprende las etapas de mezclar una suspensión de un catalizador de osmio soportado, agua, un alcohol de azúcar, y una base, en el que al menos parte del catalizador de osmio soportado se recupera y se reutiliza para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar.

40 Contrariamente a las sugerencias de la técnica anterior, el método para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar de acuerdo con la presente invención usa un catalizador de Os soportado, exento de Ru y fosfinas y suspendido en el medio de reacción y, por tanto, proporciona un método de reacción heterogéneo. De manera sorprendente, en estas condiciones, dicho catalizador de Os presenta mayor actividad, a saber mayores conversiones de azúcares, y mayor selectividad de formación de dioles de menor peso molecular, en especial propilenglicol, a temperaturas de reacción y presiones de hidrógeno menores.

45 Esta memoria descriptiva también divulga una composición de catalizador altamente activa y selectiva para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar, en la que la composición de catalizador comprende un precursor de osmio y un soporte. Una composición de catalizador altamente activa y selectiva para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar es una en la que la composición de catalizador comprende un precursor de osmio, y un soporte en la que el precursor de osmio es OsO<sub>4</sub> u OsCl<sub>3</sub>. Una composición de catalizador altamente activa y selectiva para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar es además una en la que la composición de catalizador comprende un precursor de osmio, y un soporte en la que el soporte es carbón activado.

### Descripción detallada

55 La presente invención se refiere a una mejora en un método para la producción de glicoles de menor peso molecular por la hidrogenolisis de azúcar y alcoholes de azúcar usando un catalizador de osmio soportado. El material de partida de alcohol de azúcar puede ser monosacáridos, disacáridos o una mezcla de los mismos. Los monosacáridos incluyen glucosa, fructosa, galactosa, arabinosa, ribosa y xilosa. Los disacáridos que se pueden convertir en glicoles de menor peso molecular incluyen, por ejemplo, sacarosa, maltosa, y lactosa. También se pueden hidrogenolizar mezclas de monosacáridos y disacáridos. El presente método de hidrogenolisis de alcoholes de azúcar se lleva a cabo de manera conveniente en un medio acuoso. El material de partida que se va a hidrogenolizar se puede disolver en agua, pero no es necesario para formar la solución real con el agua. Las suspensiones o suspensiones coloidales de alcoholes de azúcar también reaccionan. Para la reacción, normalmente se emplean concentraciones de alcoholes de azúcar de desde aproximadamente un 12 % hasta aproximadamente un 40 % en peso.

De acuerdo con la presente invención, se usa un catalizador de osmio soportado para obtener una conversión adecuada de los materiales de partida a los productos deseados. El catalizador de osmio heterogéneo destinado para la reacción de hidrogenolisis se puede preparar usando varias técnicas, por ejemplo impregnación, precipitación, vaporización, método sol-gel, método de microemulsión, etc. La concentración del osmio sobre el soporte es de entre un 0,5 y un 10 % en peso y preferentemente entre un 1 y un 6 % en peso. El precursor de osmio puede estar en forma de un catión, un anión, un compuesto complejo o agrupaciones deficientes en ligandos estabilizados por una pequeña cantidad de ligandos carbonosos. Un precursor puede estar en forma líquida o sólida. La composición de precursor y el soporte se pueden mezclar en una suspensión. Un ejemplo de un precursor de osmio es  $\text{OsCl}_3$ ,  $\text{OsO}_4$  o sus soluciones o suspensiones.

Preferentemente, el soporte de catalizador comprende materiales en polvo o granulados con un área de superficie alta. Un área de superficie mayor de los portadores de metal incrementa la dispersión metálica lo que se manifiesta normalmente por un incremento en la actividad del catalizador. Los soportes adecuados incluyen carbón vegetal, titanio, sílice, aluminosilicatos y similares. El soporte preferente es carbono preparado a partir de fuentes naturales, por ejemplo madera, aceites o a partir de residuos de petróleo. El área de superficie preferente de los carbonos es por encima de  $700 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Es prioritario usar el precursor de osmio cargado sobre la superficie del soporte reducido a su estado metálico con hidrógeno a la temperatura de desde  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta  $300 \text{ }^\circ\text{C}$ . De forma alternativa, la reducción del precursor de osmio se puede producir en presencia de solución acuosa de reactivos de partida, alcoholes de azúcar, directamente en la mezcla de reacción situada en un reactor.

La reacción se lleva a cabo a una temperatura de al menos aproximadamente  $180 \text{ }^\circ\text{C}$  hasta aproximadamente  $250 \text{ }^\circ\text{C}$ , preferentemente a  $195 - 225 \text{ }^\circ\text{C}$ . Se puede usar un intervalo de presiones amplio. La presión parcial de hidrógeno a temperatura ambiente debe ser al menos de aproximadamente 25 bar, preferentemente de aproximadamente 30 a 90 bar.

El tiempo de reacción depende de las condiciones de reacción y de la concentración de los reactivos y del catalizador. Normalmente, la hidrogenolisis requiere de aproximadamente 60 minutos a aproximadamente 6 horas. La reacción debe continuar hasta que la hidrogenolisis se complete sustancialmente.

La presencia de una base adecuada en el medio de reacción tiene un efecto positivo sobre la selectividad de la hidrogenolisis para glicoles de bajo peso molecular. Los materiales básicos útiles incluyen base seleccionada del grupo de metales alcalinos, metales alcalinotérreos o sus mezclas, por ejemplo potasio, sodio, calcio, bario en forma de hidróxidos, óxidos y carbonatos. La cantidad de base depende de la base seleccionada. Preferentemente, la cantidad de base está dentro del intervalo de aproximadamente 0,05 hasta aproximadamente 0,2 kg de base por kg de alcohol de azúcar.

La reacción se puede llevar a cabo en funcionamiento continuo, semicontinuo o en lotes en reactores que permiten un contacto íntimo de los reactivos y controlan las condiciones de funcionamiento. Ejemplos de aparatos adecuados incluyen reactores de columna de burbujas, de lecho de goteo, reactores de lodos y depósito de agitado continuo. El reactor puede ser una columna con flujo continuo por medio de la columna de la mezcla de reacción. Preferentemente, el reactor continuo se suministra con un promotor de reacción seleccionado de entre metales alcalinos, metales alcalinotérreos o sus mezclas.

Tras la finalización de la reacción de hidrogenolisis, el catalizador se retira por filtración o decantación y sin lavado ni reactivación, se puede volver a reciclar al método de hidrogenolisis.

Los siguientes ejemplos ilustran el método de fabricación del catalizador y el método de hidrogenolisis.

### Ejemplo 1

Para la preparación del catalizador, se usó carbón activado Norit SX Plus con las siguientes características: área de superficie específica de  $1080 \text{ m}^2/\text{g}$ , contenido en ceniza de un 8 % en peso, tamaño de partícula de 0,1-0,2 mm. Antes del depósito de osmio, se secó el carbono activado a  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  durante la noche. Se mezcló una suspensión de  $\text{OsO}_4$  (0,019 g) y 0,250 g de carbono activado seco en 18 ml de hexano y se trató durante 15 h en un reactor de acero inoxidable cubierto de Teflon de 50 ml a  $130 \text{ }^\circ\text{C}$  y presión de hidrógeno inicial de 50 bar. Después de enfriar y abrir el reactor, se transfirió la suspensión en el reactor de hidrogenolisis y se lavó el recipiente con 10 ml de agua desionizada y desgasificada. Bajo un flujo de nitrógeno, se evaporó la fase de hidrocarburo (aproximadamente a  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ ). A continuación, dentro del reactor de hidrogenolisis se pesaron adicionalmente 7 g de agua, 6,0 g de sorbitol y 1,25 g  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Se cerró el reactor, se purgo 5 veces con hidrógeno y se presurizó con hidrógeno, hasta 55 bar. La mezcla de reacción se mezcló lentamente y se calentó hasta la temperatura de  $210 \text{ }^\circ\text{C}$ . A esta temperatura, la mezcla de reacción se mezcló energicamente durante 4 horas, a continuación el reactor se enfrió, se despresurizó y se recogió una muestra de gas para el análisis por cromatografía de gases para determinar la presencia de hidrocarburos y dióxido de carbono. La mezcla de reacción líquida se analizó por medio de cromatografía líquida de

alta resolución. Bajo las condiciones de reacción dadas, la conversión de sorbitol fue total y produjo un rendimiento de etilenglicol de un 11,35 % en mol y propilenglicol de un 51,98 % en mol.

### Ejemplo 2

5 Se depositó osmio sobre zeolita NH4Y usando el método de humedad incipiente. Se secó una cantidad de 0,25 g de la zeolita durante 5 horas a 100 °C a vacío para retirar el agua atrapada. La solución acuosa de  $\text{OsCl}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$  que contenía 0,013 g de Os acidificada por ácido clorhídrico (1 gota), formada en un volumen que se determinó para llenar el volumen de poro de la zeolita se añadió en pequeñas porciones a la zeolita de mezclado. La zeolita humedecida se colocó en el reactor, se añadieron 17 g de agua, 6,0 g de sorbitol y 0,53 g de  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Se cerró el reactor, se purgo 5 veces con hidrógeno y se presurizó con hidrógeno, hasta 55 bar. La mezcla de reacción se mezcló lentamente y se calentó hasta una temperatura de 225 °C. A esta temperatura, la mezcla de reacción se mezcló enérgicamente durante 4 horas, a continuación el reactor enfrió y se despresurizó. Bajo las condiciones de reacción dadas, la conversión de sorbitol fue de un 97,8 % y produjo un rendimiento de etilenglicol de un 6,67 % en mol y propilenglicol de un 43,95 % en mol.

### Ejemplo 3

20 El catalizador usado para este experimento fue Os al 3,6 % sobre carbón activado Vulcan XC 72 (Cabot Corp.) preparado por el procedimiento descrito en el ejemplo 1. Dentro del reactor de hidrogenolisis se pesaron 0,38 g de este catalizador, 17 g de agua, 6,0 g de glucosa y 0,57 g de  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Se cerró el reactor, se purgo 5 veces con hidrógeno y se presurizó con hidrógeno, hasta 50 bar. La mezcla de reacción se mezcló lentamente y se calentó hasta la temperatura de 210 °C. A esta temperatura, la mezcla de reacción se mezcló enérgicamente durante 3 horas, a continuación el reactor enfrió y se despresurizó. Bajo las condiciones de reacción dadas, la conversión de glucosa fue de un 94,8% y produjo un rendimiento de etilenglicol de un 6,19 % en mol y propilenglicol de un 40,35 % en mol.

### Ejemplo 4

30 El catalizador y el procedimiento fueron los mismos que en el ejemplo 1, excepto porque no se añadió ninguna base. Después de 5 horas de reacción, la conversión de sorbitol fue de un 92,3 % y se produjeron etilenglicol y propilenglicol en los rendimientos de un 5,91 y un 9,82 % en mol, respectivamente.

### Ejemplo 5

35 El catalizador y el procedimiento fueron los mismos que en el ejemplo 1, excepto porque se usaron 0,50 g de KOH, como base, y la temperatura de reacción fue de 200 °C. Después de 4 horas de reacción, la conversión de sorbitol fue total y se produjeron etilenglicol y propilenglicol en los rendimientos de un 8,70 y un 37,48 % en mol, respectivamente.

### Ejemplo 6

45 El catalizador y el procedimiento fueron los mismos que en el ejemplo 1, excepto porque como base se usaron 0,57 g de  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . La reacción se realizó a la temperatura de reacción de 205 °C durante 2 horas. La conversión de sorbitol fue total y se produjeron etilenglicol y propilenglicol en los rendimientos de un 10,31 y un 55,80 % en mol, respectivamente.

### Ejemplo 7

50 El catalizador y el procedimiento fueron los mismos que en el ejemplo 3, excepto porque se usaron 5,0 g de sacarosa y la reacción de hidrogenolisis se realizó a la temperatura de reacción de 220 °C durante 4 horas. Bajo las condiciones de reacción dadas, la conversión de sacarosa fue de un 92,2 % y se produjo un rendimiento de etilenglicol de un 5,60 % en mol y de propilenglicol de un 30,21 % en mol.

### Ejemplos 8-12

60 Estos ejemplos demuestran el reciclado del catalizador. La reacción de hidrogenolisis de sorbitol (6,0 g) en agua (17 g) se realizó en presencia de 0,57 g de  $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  a la temperatura de reacción de 200 °C durante 4 horas. El catalizador de Os al 5,3 % sobre carbono (0,25 g) se preparó de acuerdo con el procedimiento descrito en el ejemplo 1.

Ejemplo	Número de reciclado de catalizador <sup>a</sup>	Conv. %	Rendimiento, % en mol	
			Etilenglicol	Propilenglicol
8	Catalizador nuevo	100	11,45	54,73

## ES 2 432 161 T3

9	1	10	9,98	51,97
10	2	100	11,84	55,33
11	3 <sup>b</sup>	100	10,47	53,53
12	4	100	10,27	52,57

<sup>a</sup> después de cada ciclo catalítico y asentamiento del catalizador, se retiró la mezcla de reacción líquida (permanecen 2-3 ml en el fondo del reactor con el catalizador) y a continuación se añadieron agua, sorbitol y base y se repitió la reacción

<sup>b</sup> el catalizador, después de una 2<sup>a</sup> reutilización y retirada de la mezcla de reacción, se lavó 5 veces con 7 ml (5x7 ml) de agua desionizada

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la hidrogenolisis de azúcar o alcoholes de azúcar, que comprende las etapas de:
- 5   mezclar en ausencia de cualquier fosfina una suspensión de un catalizador de osmio soportado, agua, un azúcar o alcohol de azúcar, y una base,
- presurizar la suspensión con hidrógeno hasta un intervalo de 30 a 90 bar a temperatura ambiente,
- 10   calentar la suspensión hasta una temperatura en el intervalo de 180 °C a 250 °C, y
- mezclar la suspensión durante una cantidad de tiempo que varía de desde 1 hasta 6 horas.
- 15   2. El método de la reivindicación 1, en el que el alcohol de azúcar es sorbitol.
3. El método de la reivindicación 1, en el que la base se selecciona del grupo de metales alcalinos, metales alcalinotérreos o mezclas de los mismos.
- 20   4. El método de la reivindicación 1, en el que la base es hidróxido de bario.
5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos parte del catalizador de osmio soportado se recupera y se reutiliza para la hidrogenolisis de alcoholes de azúcar.