

DISEÑO DEL PROCESO QUIMICO PARA LA PRODUCCION DE ACIDO GALICO A PARTIR DE LA TARA

1. DESARROLLO DEL PROCESO

1.1 DISEÑO DEL PRODUCTO

Acido gálico

1.1.1 Características:

El ácido gálico es un ácido de tipo orgánico, de color amarillo claro, cuyo nombre según nomenclatura corresponde a 3,4,5-trihidroxibenzoico, su fórmula molecular es $C_7H_6O_5$, su peso molecular es 170,12 [g/mol], se encuentra hojas de té, corteza de roble y otras plantas. También está presente en las agallas, que corresponden a estructuras de tipo tumoral inducidas por insectos, hongo o bacterias en plantas.

El ácido gálico puede formar sales y esteres que son denominados galatos, debido a que se hace referencia a las agallas que es donde principalmente se encuentran, de ahí proviene su nombre. También se puede encontrar tanto en su forma libre como formando parte de taninos (metabolitos secundarios de las plantas, empleados para trabajar el cuero).

El ácido gálico es obtenido mediante la hidrólisis de ácido tánico con ácido sulfúrico o enzima. Cuando se calienta por encima de 220 C, el ácido gálico pierde dióxido de carbono para formar pirogalol o 1,2,3-trihidroxibenceno, $C_6H_3(OH)_3$, Que se utiliza en la producción de colorantes azoicos y reveladores fotográficos y en los laboratorios para la absorción de oxígeno.

1.1.2 Propiedades:

a. Físicas

- ✓ Punto de fusión: 253°C
- ✓ Densidad a 40°C: 1.694 g/cc
- ✓ Constante de disociación (25°C): $3.8 \cdot 10^{-5}$
- ✓ Calor de combustión: 633.7 Kcal/mol

- ✓ Solubilidad: una parte de ácido gálico se disuelve en:
 - 85p. agua 20°C
 - 3p. agua caliente
 - 6 p. alcohol
 - 12 p. glicerina
 - 5 p. acetona
 - 100 p. éter
- ✓ Insoluble en: cloroformo, benceno y bencina

b. Químicas:

La química del ácido gálico pertenece a la del grupo carboxílico, oxidrilos y de las posiciones no sustituidas en el anillo.

Algunas reacciones implican más de un grupo funcional.

De las reacciones químicas más importantes tenemos:

- ✓ Reacción de oxidación
- ✓ Reacción por condensación
- ✓ Reacción por descarboxilación
- ✓ Reacciones por sustitución
- ✓ Reacciones por esterificación y eterificación
- ✓ Reacciones por reducción

1.1.3. Aplicaciones:

En la industria farmacéutica (por ejemplo, en la síntesis de trimetoprim).

De otro modo como sustancia patrón (o de referencia) para determinar el contenido de fenoles en diferentes compuestos de interés, mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu (FRC); el cual es una mezcla de fosfomolibdato y fosfotungstato que detecta antioxidantes de tipo fenólicos, funciona midiendo la cantidad de sustancia analizada que es necesaria para inhibir la oxidación del reactivo.

Por otra parte también se puede utilizar para sintetizar mescalina (que es un alcaloide alucinógeno).

Para hacer antioxidantes utilizados en los alimentos

Alimentar a las industrias, y los tintes de tinta

En la fabricación de papel fotográfico

Este ácido orgánico también es usado como anti-hongos y anti-virus. El ácido gálico también es un buen antioxidante y es usado para evitar el daño celular producido por el estrés oxidativo.

1.2 MATERIA PRIMA E INSUMOS

1.2.1 Tara

Nomenclatura botánica:

Especie botánica: *Caesalpinia spinosa* (Molina) Kuntze

División: Magnoliophyta (Angiospermae)

Clase: Magnoliópsida (Dicotiledoneae)

Sub-clase: V Rosidae

Familia: Cesalpinaceae

Género: *Caesalpinia*

Especie: *Caesalpinia spinosa* o *C. tinctoria*

Etimología: *Caesalpinia*, en honor a de Andrea Caesalpini (1524-1603), botánico y filósofo italiano; *spinosa*, del latín *spinosus-a-um*, con espinas.

Biotipos: en la Región Ayacucho se han descrito varios biotipos diferenciados los que se denominan: Morocho, Roja Ayacuchana, Almidón Corriente, Almidón Gigante, Precoz, Verde Esmeralda. Así mismo, se menciona tres variedades comerciales: Cultivar Morocho, Cultivar Almidón y Cultivar Premium con las características siguientes: el primero, se encuentra en la zona norte, se caracteriza por su gran tamaño pero con bajo contenido de tanino; el segundo se encuentra en la zona sur con mayor nivel de tanino; y el tercero, es una variedad obtenida a partir de una selección masal y multiplicación vía biotecnología o multiplicación clonal.

Aunque se indica los términos bajo y alto contenido de taninos no se señala valores de referencia, por otro lado se señala que se está propiciando en los campos la aplicación de material genético tipo Premium que tendría alto contenido de tanino y goma⁶.

Sinonimias:

Ponciana spinosa Molina

Caesalpinia pectinata Cavanilles

Caesalpinia tara Ruiz & Pavon

Caesalpinia tinctoria HBK

Coullteria tinctoria HBK

Tara spinosa (Molina) Britton & Rose

Tara tinctoria Molina

Nombres comunes:

Tara, taya (Perú), Guarango, Vainillo (Ecuador), Dividive, Dividivi, Guarango (Colombia), Tara (Bolivia, Chile, Venezuela), Acacia, Dividi de los Andes (Europa).

Distribución geográfica:

El Perú es el país que tiene mayor área con bosques de tara, con el 80% de la producción mundial, seguido muy de lejos por Bolivia, Colombia, Chile, Ecuador y Venezuela.

En el Perú, se encuentra en los valles interandinos secos entre 1000 y 3100 msnm, los departamentos de mayor producción son Cajamarca (41%), Ayacucho (16%), La Libertad (13%), Huánuco (13%), también se reporta su presencia en Huancavelica, Apurímac y Ancash, habiendo nuevas iniciativas en Ica y Lambayeque. En Lima (provincia de Cañete) ya se está cultivando tara orgánica en un arenal en el kilómetro 150 de la Panamericana Sur y se espera que al 2010 totalicen 320 hectáreas de cultivo.

Constituyentes químicos

De las vainas: contiene taninos hidrolizables (galotaninos) en un rango de 40% a 60% según las condiciones ecológicas en las que vegeta, la hidrólisis de estos taninos conduce a la separación del ácido gálico; asimismo se han aislado galato de etilo y cuatro galatos del ácido quínico correspondiendo a los ésteres metílicos de 4,5-di-O-galoilquínico y de 3,4,5-tri-O-galoilquínico, y a los ácidos 3,4-di-O-galoilquínico y 3,4,5-tri-O-galoilquínico¹¹ (figura 3).

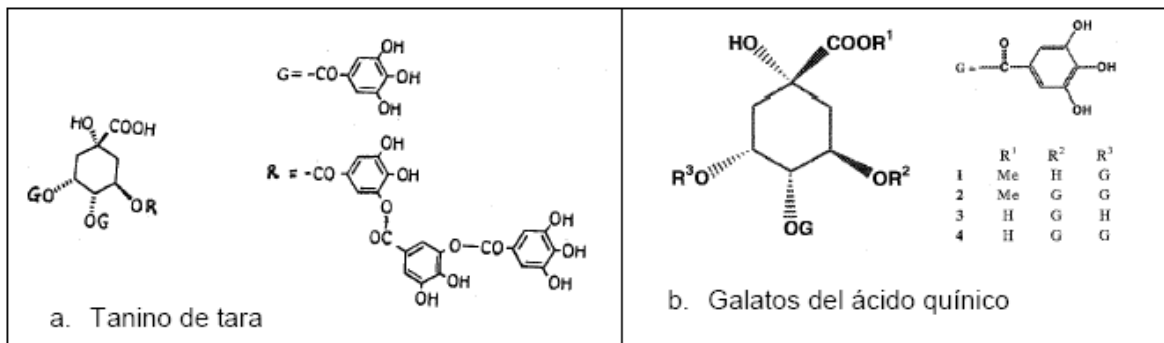


Figura 3. Estructura parcial del tanino de tara (a), de los galatos del ácido quínico (b)

De las semillas: del endospermo se ha separado la goma o hidrocoloide galactomanánico en la que los componentes monoméricos galactosa y manosa se encuentran en una relación de 24,41:70,90 (1:2,9). La viscosidad intrínseca permitió determinar su peso molecular promedio en 351400, así mismo la goma da lugar a soluciones acuosas con característica de fluido pseudoplástico con una viscosidad promedio de 4000 cp¹²⁻¹⁴.

También se aislaron dos lectinas de las semillas, una se señala como aislada de la *C.tinctoria* y la otra de la *C. spinosa*. La primera se caracteriza porque contiene 8,3% carbohidratos y exhibe actividad aglutinante contra eritrocitos humanos de los grupos ABO, con una composición de aminoácidos conteniendo un gran número de residuos ácidos e hidrofóbicos y una masa molecular de 12,5 kDa. Igualmente se indica que la lectina contiene 10% de α -hélice, 38% de β -hoja u hoja plegada, 28% con forma no ordenada y 6% de PII (poli-L-prolina II conformación hélice). De la segunda lectina se dice que es también capaz de aglutinar eritrocitos humanos del grupo B Rh⁺, tiene un tamaño molecular de 29 kDa, y la característica de los aminoácidos es de carácter ácido y sumamente hidrofóbica, siendo el porcentaje de residuos ácidos de 16,3%, básicos 8,9%, neutros 17,0% y 57,8% de residuos hidrofóbicos.

De las hojas: el tamizaje fitoquímico de cuatro muestras de hojas, colectadas en Ayacucho (muestra 1), en Cajamarca (muestras 2 y 3) y Lima (muestra 4) mostraron la presencia de: aminoácidos (reacción de la ninhidrina), taninos (reacción con FeCl₃ y con gelatina), flavonoides (reacción de Shinoda), triterpenos y/o esteroides (reacción de Lieberman-Bourchard), y de antraquinonas (reacción de Börntrager), en este último caso la reacción fue ligeramente positiva.

Usos industriales

Utilización de los taninos: en la fabricación de plásticos y adhesivos, anticorrosivo en pinturas, como clarificador de los vinos, como sustituto de malta para dar cuerpo a la cerveza, para la fabricación de tintas en la industria gráfica y de tintes para la industria textil por su capacidad de reaccionar con las sales férricas, los cuales dan lugar a productos negro-azulados, utilizándose también como mordiente para el fijado de diversos colorantes. Quizás la aplicación en la curtiembre sea el uso más desarrollado, por su capacidad de transformar la sustancia dérmica en cuero al formarse enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilos fenólicos de los taninos y los grupos peptídicos de las regiones amorfas del colágeno. A la fecha el uso de otras sustancias no naturales como las sales

de cromo representan el 70% del uso en esta industria del cuero a nivel mundial, por lo que hay un mercado muy grande en el que el tanino de tara aún puede ser introducido y competir, por otro lado, con los taninos de la acacia, la encina, el pino o el castaño.

1.2.2 Alcohol (metanol)

Propiedades físicas

Estado de agregación Líquido

Apariencia: Incoloro

Densidad: 791,8 kg/m³; 0.7918 g/cm³

Masa molar: 32,04 g/mol

Punto de fusión: 176 K (-97,16 °C)

Punto de ebullición: 337,8 K (64,7 °C)

Viscosidad: 0,59 mPa·s a 20 °C.

Propiedades químicas

Acidez: (pK_a) ~ 15,5

Solubilidad en agua totalmente miscible: KPS n/d

Momento dipolar: 1,69 D

Aplicaciones

El metanol tiene varios usos. Es un disolvente industrial y se emplea como materia prima en la fabricación de formaldehído. El metanol también se emplea como anticongelante en vehículos, combustible de bombonas de camping-gas, disolvente de tintas, tintes, resinas, adhesivos, biocombustibles y apartamos. El metanol puede ser también añadido al etanol para hacer que éste no sea apto para el consumo humano (el metanol es altamente tóxico) y para vehículos de modelismo con motores de explosión.

1.2.3 Acetato de etilo

Propiedades físicas y termodinámicas

Punto de ebullición: 77 oC

Punto de fusión: - 83 oC

Índice de refracción: 1.3719 (20 oC)

Densidad: 0.902 (20 oC respecto al agua a 4 oC), 0.898 (25 oC respecto al agua a 25 oC).

Límites de explosividad (% en volumen en el aire): 2.5-11.5

Densidad de vapor (aire=1): 3

Presión de vapor (mm de Hg): 100 (a 27 oC)

Punto de inflamación (Flash point): -4 oC

Temperatura de autoignición: 426 oC

Solubilidad: 1 ml es miscible con 10 ml de agua (a 25 oC), su solubilidad aumenta al bajar la temperatura. Forma azeótropo con agua (6.1 % peso/peso) con punto de ebullición de 70.4 oC y con etanol y agua (9 % y 7.8 % peso/peso, respectivamente) que ebulle a 70.3 oC. Miscible en etanol, acetona, cloroformo y éter.

Propiedades químicas:

Productos de descomposición: monóxido y dióxido de carbono. En general es incompatible con agentes oxidantes, bases, ácidos y humedad. Reacciona vigorosamente con ácido clorosulfónico, dihidroaluminato de litio y clorometil furano y óleum.

Se ha informado de reacciones muy violentas con tetraaluminato de litio, hidruro de litio y aluminio y terbutóxido de potasio.

Aplicaciones

- ✓ Producción de tintas de impresión para la industria grafica.
- ✓ Producción de thinners y solvente de pinturas en industria de pinturas.
- ✓ En la industria de adhesivos y colas derivados de la celulosa.
- ✓ En la industria alimenticia, en productos de confitería, bebidas, dulces.
- ✓ En esencias artificiales de frutas. En la extracción de cafeína a partir del café.
- ✓ Remoción de sustancias resinosas en la industria del caucho.
- ✓ En la elaboración de cueros artificiales y para revestir y decorar artículos de cuero.
- ✓ Disolvente de compuestos utilizados para revestir y decorar objetos de cerámica.

- ✓ Solvente para la elaboración de varios compuestos explosivos.
- ✓ En la industria fotográfica, como solvente para la fabricación de películas a base de celulosa.
- ✓ Ingrediente de preparaciones cosméticas (perfumes, esmaltes, tónicos capilares) y farmacéuticas.
- ✓ En la industria del papel, para la elaboración de papeles aprestados y para recubrir y decorar objetos de papel.
- ✓ En la industria textil, para la preparación de tejidos de lana para teñido. En procesos de limpieza y para la elaboración de textiles aprestados.
- ✓ Reactivo para la manufactura de pigmentos.

1.2.4 Etanol

Propiedades físicas

Estado de agregación: Líquido

Apariencia: Incoloro

Densidad: 789 kg/m³; 0,789 g/cm³

Masa molar: 46,07 g/mol

Punto de fusión: 158.9 K (-114.3 °C)

Punto de ebullición: 351.6 K (78.4 °C)

Temperatura crítica: 514 K (°C)

Viscosidad: 1.074 mPa·s a 20 °C.

Propiedades químicas

Acidez: (pK_a) 15,9

Solubilidad en agua: Miscible

Obtención

Para obtener etanol libre de agua se aplica la destilación azeotrópica en una mezcla con benceno o ciclohexano. De estas mezclas se destila a temperaturas más bajas el azeótropo, formado por el disolvente auxiliar con el agua, mientras que el etanol se queda retenido. Otro método de purificación muy utilizado actualmente es la absorción física

mediante tamices moleculares. A escala de laboratorio también se pueden utilizar desecantes como el magnesio, que reacciona con el agua formando hidrógeno y óxido de magnesio.

Aplicaciones

Además de usarse con fines culinarios (bebida alcohólica), el etanol se utiliza ampliamente en muchos sectores industriales y en el sector farmacéutico, como excipiente de algunos medicamentos y cosméticos (es el caso del alcohol antiséptico 70° GL y en la elaboración de ambientadores y perfumes).

Es un buen disolvente, y puede utilizarse como anticongelante. También es un desinfectante. Su mayor potencial bactericida se obtiene a una concentración de aproximadamente el 70%.

La industria química lo utiliza como compuesto de partida en la síntesis de diversos productos, como el acetato de etilo (un disolvente para pegamentos, pinturas, etc.), el éter dietílico, etc.

Se emplea como combustible industrial y doméstico. En el uso doméstico se emplea el alcohol de quemar. Este además contiene compuestos como la pirovidos exclusivamente a alcohol. Esta última aplicación se extiende también cada vez más en otros países para cumplir con el protocolo de Kyoto. Estudios del Departamento de Energía de EUA dicen que el uso en automóviles reduce la producción de gases de invernadero en un 85%.¹ En países como México existe la política del ejecutivo federal de apoyar los proyectos para la producción integral de etanol y reducir la importación de gasolinas que ya alcanza el 60%.

1.2.5 Carbón activado

Características

El carbón activado puede tener un área superficial mayor de 500 m²/g, siendo fácilmente alcanzables valores de 1000 m²/g. Algunos carbones activados pueden alcanzar valores superiores a los 2500 m²/g. A modo de comparación, una cancha de tenis tiene cerca de 260 m².

Obtención

Generalmente se produce por dos métodos diferentes:

1. *Activación química*: una sustancia deshidratante, que puede ser un ácido, se mezcla con la materia prima y se somete a un tratamiento a temperaturas moderadas. Esta técnica puede ser problemática porque, por ejemplo, al usar como agente deshidratante cloruro de zinc los residuos del cinc pueden permanecer en el producto final, aun después de lavado.
2. *Activación física o del vapor*: el material carbonizado se trata con una mezcla de gases de combustión y vapor de agua a una alta temperatura para que se active.

Como material de partida se usan varios materiales carbonosos, como cáscaras de nuez, madera, carbón mineral, coco.

Aplicaciones

El carbón activado se utiliza en la extracción de metales (v. gr. oro), la purificación del agua (tanto para la potabilización a nivel público como doméstico), en medicina para casos de intoxicación, en el tratamiento de aguas residuales, clarificación de jarabe de azúcar, purificación de glicerina, en máscaras antigás, en filtros de purificación y en controladores de emisiones de automóviles, entre otros muchos usos.

1.2.6 Agua desmineralizada

Obtención

El agua desionizada se puede producir vía intercambio iónico con resinas catiónicas y aniónicas. Las resinas necesitan ser regeneradas con un ácido o una sustancia cáustica. Para reducir el coste de la regeneración de grandes sistemas de agua desmineralizada se pretrata el agua con una unidad de ósmosis inversa, que reduce el contenido de sales totales en más del 90% y reduce así el coste que produce la regeneración. A continuación de los intercambiadores catiónicos y aniónicos se pueden utilizar los intercambiadores de cama mixta para reducir la conductividad aún más.

En en algunos casos la ósmosis inversa es suficiente (retiro de la sal de hasta 99.8%).

Aplicaciones

Los usos comunes para el agua desmineralizada son el uso como agua ultra pura, que tiene incluso mayores estándares de contaminación. En el resto de los casos los

contaminantes orgánicos se quitan junto con todos los componentes biológicos. Las mejores calidades de agua ultra pura se utilizan en la industria de los microchips y en la industria farmacéutica.

El agua desmineralizada es absolutamente agresiva para los metales, incluso para el acero inoxidable. Por tanto en muchos casos para transportar agua desmineralizada se utilizan materiales plásticos.

1.2.7 Hidróxido de sodio

Propiedades físicas

Estado de agregación: Sólido

Apariencia: Blanco

Densidad: 2100 kg/m³; 2,1 g/cm³

Masa molar: 39,99713 g/mol

Punto de fusión: 596 K (323 °C)

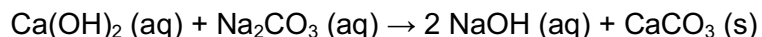
Punto de ebullición: 1663 K (1390 °C)

Propiedades químicas

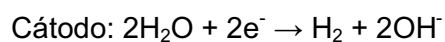
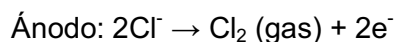
Solubilidad en agua: 111 g/100 ml

Obtención

El hidróxido de sodio, en su mayoría, se fabrica por el método de caustificación, es decir, juntando otro hidróxido con un compuesto de sodio:



Aunque modernamente se fabrica por electrólisis de una solución acuosa de cloruro sódico o salmuera. Es un subproducto que resulta del proceso que se utiliza para producir cloro.



Al ir progresando la electrólisis se van perdiendo los cloruros siendo sustituidos por iones hidróxido, que combinados con los cationes sodio presentes en la disolución forman el hidróxido sódico. Los cationes sodio no se reducen a sodio metálico debido a su bajísimo potencial.

Aplicaciones

El hidróxido de sodio se usa para fabricar jabones, crayón, papel, explosivos, pinturas y productos de petróleo. También se usa en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica. Se encuentra comúnmente en limpiadores de desagües y hornos.

1.2.8 Acido clorhídrico

Propiedades físicas

Apariencia: líquido incoloro o levemente amarillo

Densidad: 1190 (solución 37%) 1160 solución 32% 1120 solución 25% kg/m³; 1.12 g/cm³

Masa molar: 36.46 g/mol

Punto de fusión: 247 K (-26 °C)

Punto de ebullición: 321 K (48 °C)

Viscosidad: 1.9

Propiedades químicas

Acidez: (pK_a) -6.2¹

Obtención

El ácido clorhídrico (HCl) se obtiene en el laboratorio por adición de ácido sulfúrico (H₂SO₄) a sal (NaCl).

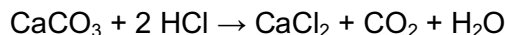
En la industria química se forman grandes cantidades de ácido clorhídrico en las reacciones orgánicas de cloración de las sustancias orgánicas con cloro elemental.

Otro método de producción a gran escala es el utilizado por la industria cloro-alcali, en la cual se electroliza una disolución de sal común (NaCl), produciendo cloro, hidróxido de sodio e hidrógeno. El gas cloro así obtenido puede ser combinado con el gas hidrógeno, formando gas HCl químicamente puro. Ya que la reacción es exotérmica, las instalaciones en las que se realiza son conocidas como horno de HCl.

Aplicaciones

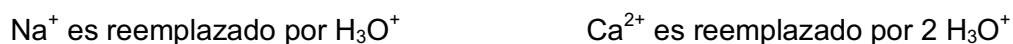
El ácido clorhídrico se utiliza sobre todo como ácido barato fuerte y volátil. El uso más conocido es el de desincrustante para eliminar residuos de caliza (carbonato cálcico:

CaCO₃). En esta aplicación se transforma el carbonato cálcico en cloruro cálcico más soluble y se liberan dióxido de carbono (CO₂) y agua:



En química orgánica se aprovecha el ácido clorhídrico a veces en la síntesis de cloruros orgánicos - bien por sustitución de un grupo hidroxilo de un alcohol o por adición del ácido clorhídrico a un alqueno aunque a menudo estas reacciones no transcurren de una manera muy selectiva.

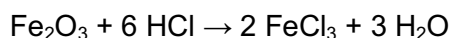
Otra importante aplicación del ácido clorhídrico de alta calidad es en la regeneración de resinas de intercambio iónico. El intercambio catiónico suele utilizarse para eliminar cationes como Na⁺ y Ca²⁺ de disoluciones acuosas, produciendo agua demineralizada.



En la industria alimentaria se utiliza por ejemplo en la producción de la gelatina disolviendo con ella la parte mineral de los huesos.

En metalurgia a veces se utiliza para disolver la capa de óxido que recubre un metal, previo a procesos como galvanizado, extrusión, u otras técnicas.

También es un producto de partida en la síntesis de policloruro de aluminio o de cloruro férrico (FeCl₃):



1.2.9 Acido sulfúrico

Propiedades físicas

Estado de agregación: Líquido

Apariencia: Líquido aceitoso incoloro (PURO) o líquido aceitoso ambarino (si NO es PURO)

Densidad: 1800 kg/m³; 1.8 g/cm³

Masa molar: 98,08 g/mol

Punto de fusión: 283 K (10 °C)

Punto de ebullición: 610 K (337 °C)

Propiedades químicas

Acidez: (pK_a) pKa1 = -6.62 pKa2 = 1.99

Solubilidad en agua: Miscible

Obtención

El ácido sulfúrico se encuentra disponible comercialmente en un gran número de concentraciones y grados de pureza. Existen dos procesos principales para la producción de ácido sulfúrico, el método de cámaras de plomo y el proceso de contacto. El proceso de cámaras de plomo es el más antiguo de los dos procesos y es utilizado actualmente para producir gran parte del ácido consumido en la fabricación de fertilizantes. Este método produce un ácido relativamente diluido (62%-78% H_2SO_4). El proceso de contacto produce un ácido más puro y concentrado, pero requiere de materias primas más puras y el uso de catalizadores costosos. En ambos procesos el dióxido de azufre (SO_2) es oxidado y disuelto en agua. El óxido de azufre (IV) es obtenido mediante la incineración de azufre, tostando piritas (Disulfuro de hierro), tostando otros sulfuros no ferrosos, o mediante la combustión de sulfuro de hidrógeno (H_2S) gaseoso.

Aplicaciones

La industria que más utiliza el ácido sulfúrico es la de los fertilizantes. Otras aplicaciones importantes se encuentran en la refinación del petróleo, producción de pigmentos, tratamiento del acero, extracción de metales no ferrosos, manufactura de explosivos, detergentes, plásticos y fibras.

En muchos casos el ácido sulfúrico funge como una materia prima indirecta y pocas veces aparece en el producto final.

En el caso de la industria de los fertilizantes, la mayor parte del ácido sulfúrico se utiliza en la producción del ácido fosfórico, que a su vez se utiliza para fabricar materiales fertilizantes como el superfosfato triple y los fosfatos de mono y diamonio. Cantidades más pequeñas se utilizan para producir superfosfatos y sulfato de amonio. Alrededor del 60% de la producción total de ácido sulfúrico se utiliza en la manufactura de fertilizantes.

Cantidades substanciales de ácido sulfúrico también se utilizan como medio de reacción en procesos químicos orgánicos y petroquímicos involucrando reacciones como nitraciones, condensaciones y deshidrataciones. En la industria petroquímica se utiliza para la refinación, alquilación y purificación de destilados de crudo.

En la industria química inorgánica, el ácido sulfúrico se utiliza en la producción de pigmentos de óxido de titanio (IV), ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico.

En el procesado de metales el ácido sulfúrico se utiliza para el tratamiento del acero, cobre, uranio y vanadio y en la preparación de baños electrolíticos para la purificación y plateado de metales no ferrosos.

Algunos procesos en la industria de la Madera y el papel requieren ácido sulfúrico, así como algunos procesos textiles, fibras químicas y tratamiento de pieles y cuero.

En cuanto a los usos directos, probablemente el uso más importante es el sulfuro que se incorpora a través de la sulfonación orgánica, particularmente en la producción de detergentes. Un producto común que contiene ácido sulfúrico son las baterías, aunque la cantidad que contienen es muy pequeña.

1.2.10 Celita

La diatomita o tierra de diatomeas — también conocida como DE, TSS, diahydro, kieselguhr, kieselgur o celite — es una roca sedimentaria silícea formada por micro-fósiles de diatomeas, algas marinas unicelulares que secretan un esqueleto silíceo llamado frústula.

Este material sirve de medio de filtración; su granulometría es ideal para la filtración del vino.

También se utilizan para las filtraciones en química y en la fabricación de la cerveza. Se les utilizó, en particular, para estabilizar la nitroglicerina, y formar con ella la dinamita.

Otras aplicaciones como agente abrasivo : para el pulido de metales, y en los dentífricos.

Sirve también como un pesticida natural no venenoso, sobre todo, en la agricultura biológica: la ingestión de partículas de sílice causa lesiones del tubo digestivo, la fijación sobre el cuerpo de los insectos les causa también lesiones que implican su muerte por deshidratación.

2. DESCRIPCION DE TECNOLOGIAS

Constan de nueve etapas. En los diversos procedimientos para obtener el ácido gálico, lo que varía principalmente es en la etapa de extracción y en la hidrólisis.

2.1 DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA A (Extracción con alcohol)

Selección de la materia prima

Se recogen las vainas de la tara de tal forma que en ellas no se encuentran ninguna parte oscura (producto de la oxidación con el medio ambiente); para evitar esta posible oxidación es conveniente almacenar las vainas en un ambiente donde no se exponga a la luz solar y que además esté exenta de humedad.

Desvainados

Las semillas en el proceso de extracción son una carga inútil que representa entre 35 y 40% de peso total de las vainas y también poseen un alto contenido de gomas que contaminan el extracto. Por lo que es necesario desechar las semillas de las vainas de tara. Para el desvainado se hacen uso de los diferentes tipos de molino, en los cuales las vainas son rotas por cizallamiento evitándose la ruptura de las semillas.

Tamizado

Una vez pasadas las vainas por el molino se tienen las semillas, fibras y una parte pulverulenta. La separación de las semillas se realiza por medio de tamices. Los tamices que se utilizan con este fin son de movimiento rotativo, vibratorio o giratorio.

Molienda de las vainas

Las vainas presentan un elevado porcentaje de fibras que no se pueden romper por compresión o impacto siendo necesario una combinación de fuerzas de impacto y cizalla, casi siempre aplicados por medio de una arista cortante.

Extracción

La extracción se realiza con un peso conocido de Tara y una relación de solvente tara (4:1), con un tiempo de 40 minutos, en un baño maría que da una temperatura de extracción de 50°C, el porcentaje de alcohol en solvente es de 60% con un número de lavados de tres.

Concentración

La concentración de los extractos se realiza con el fin de que éstos entren muy diluidos al secador.

Se hace uso de un evaporador al vacío. Las condiciones del evaporador son:

- ✓ Presión de vacío: 580 mmHg
- ✓ Temperatura del evaporador: 50°C
- ✓ Temperatura del reboiler: 64°C
- ✓ Flujo de condensado: 33.08ml/min

Secado

Se realiza para evitar problemas de fermentación.

Hidrólisis

Se realiza con una solución diluída de ácido clorhídrico. Se realiza con un Erlenmeyer a reflujo (300cc) para evitar pérdidas de evaporación, el ácido gálico precipita en forma de una masa gomosa de color oscuro, la solución remanente es retirada.

Purificación

Al sólido formado se le agrega carbón activado y agua para purificarlo, la cantidad de carbón activado sería 1/3 del extracto seco a hidrolizar; luego la solución es filtrada (en caliente), en el carbón activado es lavado con agua caliente para recuperar el ácido que puede quedar retenido; todo a presión atmosférica.

El líquido filtrado se recoge en un vaso de vidrio que se mantendrá a 12°C (baño maría), el cual hace cristalizar en forma inmediata el ácido gálico; estos cristales serán luego secados a 90°C.

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA B (Extracción con mezcla de acetato de etilo y etanol)

El proceso se inicia de igual forma que en la anterior, se recogen las vainas de la tara, se realiza el desvainado, se pasa por el molino y luego la molienda respectiva.

Extracción

La extracción se realiza con una mezcla de etanol acetato de etilo (3:1) en un extractor soxhlet durante una hora.

Concentración

Su concentración posterior al vacío hasta una consistencia gomosa.

Hidrólisis

Luego la hidrólisis utilizando NaOH y HCl 2N, lográndose 19.2% de rendimiento en relación a la cantidad empleada.

Purificación

La pureza del ácido gálico obtenido se determinará por valoración con solución de NaOH, resultando 98.69%.

2.3 DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA C (Extracción con agua desmineralizada)

Para la obtención del ácido gálico se trabajó con una nueva porción de las vainas molidas.

Extracción

Se extrae con agua desmineralizada (1:10 p/v) a 60 °C por 6 horas.

Concentración

El extracto fue filtrado a través de celita y concentrada al vacío a 60 C a un décimo de su volumen original.

Hidrólisis

La hidrólisis se lleva a cabo con 48% de NaOH (1:1,5 v/v) por 6 horas a 102 °C. La solución se enfría a 30 °C y se neutraliza con 60% de H₂SO₄, se ajusta a pH 2 y se enfría a 10 °C iniciándose la cristalización del ácido gálico crudo.

Purificación

Se recristaliza con agua desmineralizada y se pasa por carbón activado (3:11 p/p) produciéndose ácido gálico con un rendimiento de 25%⁴².

2.4 DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA D (Extracción e hidrólisis en una sola etapa)

Para ello el material molido se coloca en agua en una relación de 3,5 a 5 respecto a la materia prima y ácido sulfúrico concentrado a una concentración final de 3,2 a 4,6 N.

Todo ello se somete a calentamiento a reflujo a 120 °C durante 3 a 5 horas. Luego se filtra al vacío a través de celita separando el licor madre el que se somete a decoloración empleando 5% de carbón activado y calentamiento a 120 °C durante 30 minutos. Se deja reposar el licor madre decolorado a temperatura menor de 7 °C durante 24 a 48 horas hasta que precipite el ácido gálico que generalmente debe ser recristalizado alguna vez más.

Se filtra y se seca el ácido gálico el que se obtiene con un rendimiento promedio de 18% con una pureza del 99%. El rendimiento puede ser aumentado ligeramente separando el ácido gálico remanente de las aguas madres.

3. ANALISIS Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGIA

Para poder seleccionar cual de las tecnologías descritas anteriormente es la correcta, debemos realizar un estudio con los siguientes aspectos:

- ◀ Aspecto técnico
- ◀ Aspecto económico

A continuación les presentamos el cuadro de aspectos técnicos.

CUADRO DE ASPECTO TECNICO

	TECNOLOG IA A	TECNOLOG IA B	TECNOLOG IA C	TECNOLOG IA D
<u>MATERIA PRIMA</u>				
1.	10	10		
<u>INSUMOS</u>				
	9	9		
	10	10		
	9	9		
	9	9		
	9	9		
	10	10		
Promedio	9	9		
<u>EQUIPOS</u>				
	10	10		
		8		
		9		
	10	10		
	9			
	10	10		
	9	9		
	9			
	10	10		
	10	10		
	9	9		
	10			

Promedio equipos	10	9		
VAPOR DE AGUA	9	8		
AGUA	10	10		
ENERGIA ELECTRICA	9	9		
TOTAL	47	46		