

Producción de Etanol por Fermentación: Levaduras, Azúcares y Destilación Básica

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Seguridad Perimetral

Etiquetas: Sin etiquetas

Producción de Etanol por Fermentación: Levaduras, Azúcares y Destilación Básica

El etanol (C_2H_5OH) es uno de los compuestos más versátiles en un escenario de supervivencia: combustible, disolvente, desinfectante, base para tinturas medicinales y conservante. Su producción se basa en la fermentación alcohólica, un proceso anaeróbico en el que levaduras del género *Saccharomyces* transforman azúcares simples en etanol y dióxido de carbono. Con una fuente de azúcar, levadura y un destilador rudimentario es posible obtener alcohol de alta graduación de forma artesanal.

Fundamento bioquímico de la fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un proceso metabólico anaeróbico realizado principalmente por levaduras de la especie *Saccharomyces cerevisiae*. La reacción global simplificada es: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$. A partir de una molécula de glucosa se producen dos moléculas de etanol y dos de dióxido de carbono, liberando 2 moléculas de ATP. El rendimiento teórico máximo es de 51,1 % en masa de etanol respecto a la glucosa consumida (0,511 g de etanol por cada gramo de glucosa), aunque en la práctica se obtiene un 85-95 % de ese máximo teórico debido al consumo metabólico de las levaduras.

Parámetro

Valor óptimo

Rango tolerable

Temperatura

25-30 °C

15-35 °C

pH del mosto

4,0-5,0

3,5-6,0

Concentración de azúcar

150-200 g/L

80-250 g/L

Oxígeno

Anaeróbico (sin aire)

Pequeña exposición inicial para multiplicación

Tolerancia al etanol (*S. cerevisiae*)

12-14 % vol.

Hasta 18 % con cepas seleccionadas

Duración típica

5-14 días

3-21 días según temperatura

Metanol y alcoholes superiores: La fermentación de frutas con alto contenido de pectina (manzanas, uvas, ciruelas) produce pequeñas cantidades de metanol (CH_3OH) por acción de enzimas pectinasas. El metanol es tóxico: 10 mL pueden causar ceguera y 30 mL pueden ser letales. En la destilación, el metanol sale en las «cabezas» (primeros 50-100 mL por cada 20 L de mosto) porque hierve a 64,7 °C frente a los 78,4 °C del etanol. SIEMPRE descartar las cabezas.

Materias primas y preparación del mosto

Cualquier fuente de azúcares fermentables sirve como materia prima. Los azúcares simples (glucosa, fructosa, sacarosa) son directamente fermentables. Los almidones (cereales, patatas, mandioca) requieren una conversión previa a azúcares simples mediante hidrólisis enzimática o ácida.

Materia prima

Rendimiento aproximado (L etanol/kg)

Preparación necesaria

Azúcar de caña/remolacha

0,55-0,60

Disolver en agua tibia, sin hidrólisis

Miel

0,40-0,45

Diluir a 200 g azúcar/L, sin hidrólisis

Uva (mosto)

0,08-0,10 (por kg de uva)

Prensar, fermentar directamente

Maíz (grano)

0,35-0,40

Moler, cocinar, malteado o amilasas para hidrolizar almidón

Patata

0,10-0,12

Cocinar, triturar, hidrolizar almidón con malta o ácido

Manzana (sidra)

0,06-0,08 (por kg de fruta)

Prensar, fermentar el zumo directamente

Hidrólisis de almidón con malta: Germinar cebada durante 5-7 días hasta que los brotes alcancen la longitud del grano. Secar a menos de 50 °C para conservar las enzimas amilasas. Moler la malta y mezclar con la harina de cereal cocida a 62-68 °C durante 60 minutos. Las enzimas alfa y beta amilasa convierten el almidón en maltosa y glucosa fermentables.

Hidrólisis ácida (método de emergencia): Cocinar el almidón con agua acidulada (ácido sulfúrico diluido al 1 % o zumo de limón concentrado) a 100 °C durante 2-3 horas. Neutralizar con ceniza de madera (carbonato de potasio) hasta pH 4,5-5,0 antes de añadir la levadura. El rendimiento es inferior al método enzimático.

Nutrientes para la levadura: Si el mosto es pobre en nitrógeno (soluciones de azúcar puro), añadir una fuente de nitrógeno: 1-2 g/L de fosfato diamónico (DAP) o, en su defecto, un puñado de fruta triturada, unas cucharadas de harina integral o levadura muerta (hervida).

Proceso de fermentación paso a paso

El proceso básico consiste en preparar el mosto, inocular la levadura y mantener condiciones anaeróbicas hasta que la fermentación se complete.

Paso 1: Preparar el mosto: Disolver la fuente de azúcar en agua limpia hasta alcanzar una concentración de 150-200 g/L de azúcares totales. Medir con densímetro: una densidad de 1,065-1,085 corresponde a ese rango. Calentar a 70-80 °C durante 15 minutos para pasteurizar y enfriar a 25-30 °C antes de inocular.

Paso 2: Inocular la levadura: Añadir 5-10 g de levadura seca activa por cada 20 L de mosto. Rehidratar previamente en agua tibia (35-40 °C) durante 15 minutos. En ausencia de levadura comercial, se pueden usar levaduras salvajes presentes en la piel de frutas (fermentación espontánea), aunque el resultado es menos predecible.

Paso 3: Fermentación anaeróbica: Sellar el fermentador con una trampa de aire (airlock): un tubo que sale del tapón y se sumerge en agua, permitiendo la salida de CO₂ sin entrada de aire. La fermentación activa se manifiesta con burbujeo constante (1-2 burbujas/segundo al pico). Mantener a 25-30 °C. La fermentación primaria dura 5-7 días; la secundaria, 7-14 días adicionales hasta que cese el burbujeo.

Paso 4: Verificar el final: La fermentación ha terminado cuando la densidad cae a 0,990-1,000 (todo el azúcar se ha consumido) y no hay burbujeo en 24 horas. El mosto fermentado tendrá entre 8-14 % vol. de etanol según la cantidad de azúcar inicial.

Destilación básica para concentrar el etanol

La fermentación produce un máximo de 14-18 % vol. de etanol. Para obtener concentraciones superiores es necesaria la destilación, que aprovecha la diferencia de punto de ebullición entre el etanol (78,4 °C) y el agua (100 °C). Un alambique sencillo consta de caldera (olla), columna de vapor, serpentín de condensación y recipiente colector.

Fracción

Temperatura de vapor

Volumen aproximado

Acción

Cabezas (foreshots)

64-73 °C

Primeros 50-100 mL/20 L

DESCARTAR (contienen metanol, acetona, aldehídos)

Corazón (hearts)

78-85 °C

30-40 % del destilado

RECOGER (etanol puro, buen sabor)

Colas (tails)

85-96 °C

Resto

Separar (alcoholes de fusel, sabor desagradable)

Una destilación simple produce un destilado de 40-65 % vol. de etanol. Para obtener concentraciones superiores al 90 % se requieren destilaciones sucesivas o una columna de rectificación con platos o relleno (anillos Raschig, virutas de cobre). El límite termodinámico de la destilación simple del sistema etanol-agua es el azeótropo a 95,6 % vol. (78,2 °C): no se puede superar esta concentración sin técnicas especiales como destilación con benceno o tamices moleculares.

Seguridad en la destilación: Los vapores de etanol son extremadamente inflamables. NUNCA destilar sobre llama abierta si es posible evitarlo; usar baño de arena o resistencia eléctrica. Asegurar ventilación adecuada para disipar vapores. Verificar que todas las uniones del alambique sean herméticas para evitar fugas de vapor. No llenar la caldera más del 60-70 % de su capacidad.

Usos del etanol en supervivencia

Desinfectante: El etanol al 60-80 % vol. es un antiséptico eficaz contra bacterias, hongos y muchos virus con envoltura (incluido SARS-CoV-2). La concentración óptima es 70 % porque el agua facilita la penetración del alcohol en la membrana celular bacteriana.

Combustible: El etanol arde con llama azul limpia. Poder calorífico: 26,8 MJ/kg (frente a 42-47 MJ/kg de la gasolina). Se puede usar en hornillos de alcohol, lámparas y como aditivo para gasolina hasta un 10 % (E10) sin modificar motores de gasolina convencionales.

Disolvente y extractor: Disuelve resinas, aceites esenciales, alcaloides y muchos compuestos orgánicos. Base para tinturas medicinales (tintura de yodo, tintura de propóleo, extractos herbales). El etanol al 40-60 % es ideal para extraer principios activos de plantas medicinales.

Conservante alimentario: Las frutas sumergidas en etanol al 40 % o superior se conservan indefinidamente (principio de los licores de frutas). También se usa para esterilizar superficies y utensilios de cocina.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.