

Producción de Vinagre Concentrado para Conservas y Limpieza

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Seguridad Perimetral

Etiquetas: Sin etiquetas

Producción de Vinagre Concentrado para Conservas y Limpieza

El vinagre es una solución acuosa de ácido acético (CH_3COOH) producida por la fermentación oxidativa del etanol mediante bacterias del género *Acetobacter*. Un vinagre doméstico contiene 4-5% de ácido acético, pero para conservas seguras se necesita al menos 5% y para limpieza-desinfección resulta óptimo el 6-10%. Mediante el método Orleans (superficial) o el generador de virutas (método alemán), es posible producir vinagre concentrado partiendo de vino, sidra o cualquier líquido alcohólico de 6-10% vol. La reacción global es: $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + \text{H}_2\text{O}$, un proceso exotérmico que libera 493 kJ/mol y requiere oxígeno constante.

Bioquímica de la acetificación

Las bacterias acéticas (*Acetobacter aceti*, *A. pasteurianus*, *Gluconobacter oxydans*) son aerobias estrictas que oxidan el etanol en dos pasos enzimáticos. Primero, la alcohol deshidrogenasa (ADH) ligada a la membrana convierte etanol en acetaldehído (CH_3CHO), y luego la aldehído deshidrogenasa (ALDH) oxida el acetaldehído a ácido acético. Ambas enzimas transfieren electrones a la cadena respiratoria de la membrana, generando ATP por fosforilación oxidativa. La reacción neta es:



Las condiciones óptimas son: temperatura de 25-30 °C (por debajo de 20 °C la fermentación se ralentiza drásticamente, por encima de 35 °C las bacterias mueren), pH entre 2,5 y 3,5 (las *Acetobacter* son acidófilas extremas), y concentración de etanol inicial de 6-10% vol (por encima de 13% vol el etanol es tóxico para las bacterias). La conversión teórica es de 1 g de etanol $\rightarrow$ 1,304 g de ácido acético, pero en la práctica se pierde un 10-15% por evaporación y sobreoxidación.

Parámetro

Rango óptimo

Límite letal

Temperatura

25-30 °C

37 °C

pH

2,5-3,5

4,5

Etanol inicial

6-10% vol

> 13% vol

Oxígeno disuelto

> 1 mg/L

0 mg/L (anoxia)

Ácido acético final

5-8%

> 12% (autoinhibición)

Método Orleans (fermentación superficial)

Es el método artesanal más antiguo, utilizado en Francia desde el siglo XIV. Se emplea un barril de roble o recipiente de vidrio/plástico alimentario de boca ancha (20-50 litros), tumbado horizontalmente para maximizar la superficie de contacto aire-líquido. El recipiente se llena hasta un tercio con "vinagre madre" (vinagre sin pasteurizar que contiene la película bacteriana) y se completa con vino o sidra hasta la mitad. La abertura se cubre con tela para permitir la entrada de aire pero impedir insectos (especialmente la mosca del vinagre, *Drosophila*).

En la superficie del líquido se forma una película gelatinosa translúcida llamada "madre del vinagre", compuesta por celulosa bacteriana (biofilm de *Acetobacter*). Esta película puede alcanzar varios milímetros de espesor y es el principal reactor biológico. El proceso tarda 4-8 semanas para completar la conversión. Se extrae vinagre por la parte inferior (con espita o sifón) y se reemplaza con vino fresco, sin perturbar la madre. Cada ciclo se puede repetir indefinidamente mientras la madre esté activa.

Rendimiento: Un barril de 50 L con el método Orleans produce aproximadamente 10-15 litros de vinagre al 5-6% cada 6 semanas. Para obtener vinagre más concentrado (8-10%), se puede recircular vinagre ya formado añadiendo etanol (aguardiente diluido) como sustrato en lugar de vino.

Método del generador de virutas (Schützenbach)

Inventado en 1823 por el químico alemán Schützenbach, este método acelera enormemente la producción al aumentar la superficie de contacto entre el líquido, las bacterias y el aire. Se construye una columna vertical (un barril de 200 L o un tubo de PVC alimentario de 15-20 cm de diámetro y 1-1,5 m de alto) rellena de virutas de madera de haya, carbón vegetal, mazorcas de maíz trituradas o anillos Raschig de cerámica. Las bacterias colonizan la superficie del relleno formando un biofilm.

El líquido alcohólico se introduce por la parte superior mediante goteo (1-2 L/hora para una columna de 200 L) y desciende por gravedad a través del relleno, mientras el aire entra por orificios en la base (tiro natural o con un pequeño ventilador de acuario). El vinagre se recoge en la base y se recircula 3-5 veces hasta alcanzar la concentración deseada. Con este método, un ciclo completo tarda solo 5-10 días en lugar de 6-8 semanas.

Método

Tiempo de ciclo

Concentración

Producción/mes

Orleans (superficial)

4-8 semanas

5-6%

10-15 L

Generador de virutas

5-10 días

6-8%

40-80 L

Sumergido (industrial)

24-48 horas

10-15%

Miles de L

Concentración y control de calidad

Para obtener vinagre concentrado (10% o más) se emplean dos técnicas. La primera es la concentración por congelación: se coloca el vinagre en un recipiente poco profundo a temperaturas bajo cero (-5 a -10 °C). El agua congela primero (punto de congelación 0 °C) mientras que la solución de ácido acético permanece líquida (el ácido acético puro congela a 16,6 °C, pero en solución baja el punto crioscópico). Se retiran los cristales de hielo y se repite el proceso. Dos ciclos de congelación pueden duplicar la concentración de 5% a 10%.

La segunda técnica es la destilación: el ácido acético hierve a 118,1 °C (agua a 100 °C), por lo que destilando el vinagre se puede separar agua y concentrar el ácido. Sin embargo, se pierde aroma. Para uso de limpieza esto no importa; para conservas alimentarias se prefiere la concentración por congelación.

El control de calidad se realiza por titulación ácido-base: se toman 10 mL de vinagre, se añaden 2-3 gotas de fenolftaleína y se titula con NaOH 0,1 M hasta viraje rosa. El porcentaje de ácido acético se calcula: $\% = (\text{mL NaOH} \times 0,1 \times 60,05) / (10 \times 10) = \text{mL NaOH} \times 0,06005$. Para conservas seguras (encurtidos), el USDA exige un mínimo de 5% de ácido acético (pH final del producto Seguridad: El ácido acético concentrado (>10%) es corrosivo y causa quemaduras en piel y ojos. El ácido acético glacial (99,7%) es inflamable (punto de inflamación 39 °C). Nunca destile vinagre en recipientes cerrados: la presión puede causar una explosión. Use guantes y protección ocular al manipular vinagre concentrado.

⚠ 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.