



ESTUDIO SOBRE EL COCIMIENTO DE *Agave salmiana* PARA ELABORACIÓN DE MEZCAL: CONDICIONES FAVORABLES CONSIDERANDO RESTRICCIONES POR SUBPRODUCTOS DE DEGRADACIÓN

Mariano J. García Soto*, Enrique Botello Álvarez, José Luis Navarrete Bolaños, Hugo Jiménez Islas y Ramiro Rico Martínez. Departamento de Ingeniería Bioquímica, Instituto Tecnológico de Celaya; Av. Tecnológico y A. García Cubas s/n, 38010, Celaya, Guanajuato. Tel. (461) 611 7575 ext. 415. *e-mail: mars4ward@gmail.com

Palabras clave: mezcal, cocción, optimización

Introducción. El mezcal es una bebida alcohólica obtenida tras la fermentación y doble destilación de mostos derivados de plantas de *Agave*. Su elaboración inicia con el cocimiento (48 - 72h, 95°C) de *piñas* (tallo y base de las hojas) de agave, en hornos artesanales de piedra o mampostería, induciendo la hidrólisis térmica de polisacáridos de reserva (fructanos) con el fin de liberar azúcares fermentables (fructosa, glucosa) —y algunos compuestos afines con el sabor y aroma distintivos del mezcal. No obstante, en esta etapa, se generan también subproductos de degradación (furanos) con gran potencial de inhibir parcial o totalmente el metabolismo de las levaduras durante la fermentación; limitando su productividad de etanol y, en consecuencia, el rendimiento global del proceso.

Usando como modelo de estudio el cocimiento en autoclave de *Agave salmiana*, el objetivo de este trabajo fue delimitar condiciones óptimas para temperatura (T_m) y tiempo (T_v), a fin de incrementar la hidrólisis de fructanos y restringir, a su vez, la producción de subproductos de degradación.

Metodología. A través de diseños experimentales (RSM) fue posible identificar una región de optimización para azúcares reductores (*Red*), en función de temperatura (T_m : 96 - 116°C) y tiempo (T_v : 6 - 14 h). En el mismo esquema, se efectuaron cinéticas de cocción, por periodos prolongados (T_v : 0 - 80 h); validando un modelo $A \rightarrow B \rightarrow C$ para dos reacciones: hidrólisis (de fructanos) y degradación (de azúcares a furanos). A fin de evaluar el efecto de los furanos generados en el cocimiento, se llevaron a cabo fermentaciones con diversas dosis de éstos, usando 4 levaduras nativas conformando un cultivo puro (1C: *Kluyveromyces lactis*) y un consorcio (3M: *K. marxianus*, *Clavispora lusitaniae* y *K. marxianus* var. *Drosophilatum*).

Resultados y discusión. El modelo de hidrólisis/degradación fue usado para estimar constantes aparentes de velocidad de reacción (k_h y k_d), siguiendo éstas una marcada relación con la

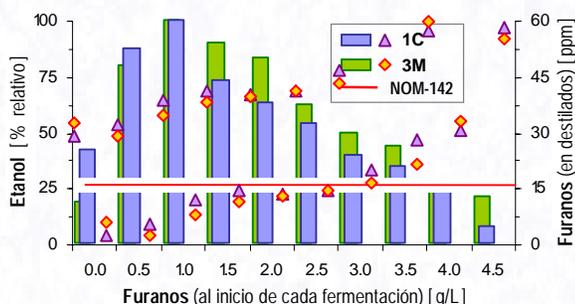


Figura 1. Efecto de furanos de cocción: etanol al término de cada fermentación (barras) y furanos remanentes en destilados (puntos).

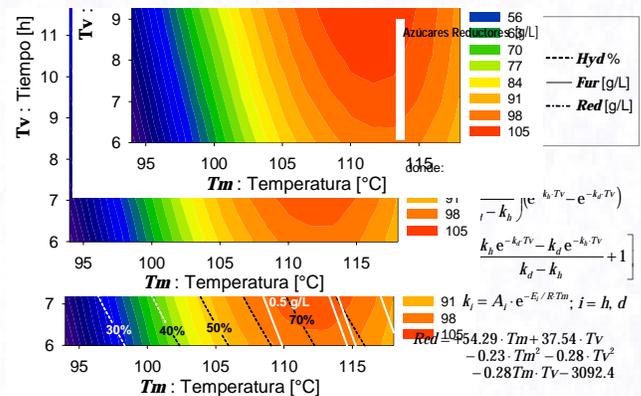


Figura 2. Contornos de azúcares reductores (*Red*), furanos totales (*Fur*) y % de hidrólisis (*Hyd*) simulados. El rango acotado en 1 g/L (furanos) fue establecido acorde a lo observado en la Figura 1.

expresión de Arrhenius y teniendo la reacción de degradación mayor energía de activación ($E_d = 139.7$ kJ/mol) que la de hidrólisis ($E_h = 106.9$ kJ/mol). Los datos resultantes de estas cinéticas, proveerían, además, mejor información respecto a los modelados anteriormente vía [polinomios] RSM.

De las cinéticas de fermentación, fueron obtenidos destilados que constituirían la base de comparación entre la dosis inicial de furanos y su impacto sobre el rendimiento de etanol. Así, se reveló una relación directa entre respuesta de las levaduras (1C y 3M, ambos) y su propia habilidad de convertir furanos a compuestos menos inhibitorios (Figura 1). Similar relación se encontró en los furanos presentes en los destilados, siendo éstos últimos proporcionales a los remanentes no reducidos al término de cada fermentación; y, a su vez, permisibles bajo el límite establecido en la NOM-142-SSA1-1995 (1).

Conclusiones. Por lo observado, establecer como rango de operación T_m : 106 - 116°C y T_v : 8 - 16 h, resulta más conveniente que definir un óptimo puntual; manteniendo un consumo energético análogo entre combinaciones variadas de temperatura y tiempo (Figura 2). En tal rango, es posible hidrolizar 85% de fructanos y hasta 1 ± 0.1 g/L de furanos, para mostos conteniendo 110 ± 10 g/L de azúcares reductores, sin comprometer etapas ulteriores: fermentación y destilación.

Agradecimiento. A Fondos Mixtos CONACYT – CONCYTEG, Proyecto: GTO-2003-CO2-11512 (Convenio: 03-09-A-002).

Bibliografía

1. Secretaría de Salud (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-142-SSA1-1995. Diario Oficial de la Federación, México.