

Efecto del tratamiento magnético sobre la fermentación de vino base de azúcar crudo

Effect of the magnetic treatment on fermentation of raw sugar base wine

MSc. Matilde Anaya-Villalpanda^I, MSc. Hilda Caridad Cobo-Almaguer^I, MSc. Tania María Guzmán-Armenteros^{II}, MSc Yarindra Mesa-Mariño^{III}, MSc. Carlos Manuel Acea-Fiallo^{IV}

I Banco de cepas puras de levadura del Departamento de Microbiología de Vicedirección de Ciencias, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria [IIIA]. Cuba
II Universidad Tecnológica Equinoccial. Santo Domingo. Ecuador
III Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado [CNEA]. Santiago de Cuba. Cuba
IV Grupo ECOSOL Hidráulico. Playa. Cuba

Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de los campos magnéticos oscilantes (CMO) y estático (CME) sobre la fermentación del vino base a partir de mosto de azúcar crudo. Para ello se empleó la cepa *Saccharomyces cerevisiae* uvaferm en mosto sin esterilizar y tratado magnéticamente [la muestra control se esterilizó y no recibió tratamiento magnético] según la optimización de los resultados de un diseño multifactorial D-óptimo de tres factores [tiempo, densidad del campo magnético aplicado y concentración del mosto]. Se evaluaron el crecimiento microbiano por turbidez medida a 640 nm, el consumo de azúcares por refractometría, la acidez por valoración con NaOH y cambio de coloración con fenolftaleína como indicador, la producción de alcohol por la técnica del poder fermentativo, el contenido de alcohol por densimetría digital y la evaluación sensorial. Se concluye que el CMO aplicado al mosto de azúcar crudo antes de inocular la levadura vinatera tuvo mayor efecto estimulante sobre la producción de alcohol (+0,44 % v/v respecto al control) que el CME (-0,32 % v/v). Por la tendencia

actual en enología de consumir vinos de menor graduación alcohólica se seleccionó el régimen de tratamiento CME, 17 °Bx, 120 mT y 8 s como tiempo de residencia. El mismo provocó una disminución de 0,32 % v/v sin afectación en la acidez total (acidez volátil: 0,4 g/L y fija: 0,36 g/L) con una disminución en la acidez fija respecto al control. El campo magnético no influyó en las propiedades organolépticas del vino base obtenido y favoreció su clarificación respecto al control.

Palabras clave: *saccharomyces cerevisiae*, producción de alcohol, poder fermentativo.

Abstract

The aim of this study was evaluated the effect of oscillate and static magnetic fields (OMF and SMF) on base wine fermentation to raw sugar wort. For that *Saccharomyces cerevisiae* uvaferm strain was employed in wort without to sterilized and magnet treated (control sample was sterilized and not magnet treated) according to the optimization of results of D-optimal multifactorial design of tree factors (time, magnetic field density and wort concentration). Microbial growth by turbidity, acidity by evaluation with NaOH and fenolftaleyne colour change as indicator, alcohol production by fermentative power technic, alcohol graduation by digital densimetry and sensorial evaluation were evaluated. OMF applied on raw sugar wort before inoculated wine strain was higher stimulant effect on alcohol production (+0,44 % v/v regarding to the control] that SMF [-0,32 % v/v) was concluded. Due to the current trend in enology to consume wine of minor alcoholic graduation the SMF regime of treatment was chosen with 17 °Bx, 120 mT and 8 s residence times. The same one cause a decrease of 0,32% v/v without affectation on total acidity (volatile acidity: 0,4 g/L and fixed acidity: 0,36 g/L) and decreasing in the fixed acidity regarding to the control. The magnetic field did not influence in the organoleptic properties of the base wine obtained and it favored its clarification regarding to the control.

Keywords: *saccharomyces cerevisiae*, alcohol production, fermentative power.

INTRODUCCION

La tendencia actual entre los consumidores de vino es el consumo de vinos más equilibrados y con más color. Por tal motivo , los enólogos buscan herramientas para controlar la fermentación alcohólica burlando las rutas metabólicas de las levaduras para obtener vinos con 1 a 2 grados menos de alcohol a partir del consumo de la misma cantidad de azúcar.

Se realizó un estudio comparativo con 65 cepas de levaduras *Saccharomyces cerevisiae* [113 levaduras distintas genéticamente], obtenidas de los principales enólogos del mundo y seleccionadas en función de su producción de alcohol. Se determinó la producción de alcohol en mostos de uva tinta y mostos blancos por microvinificaciones a escala de laboratorio. Se concluyó que dichas cepas presentan diferencias mínimas en términos de rendimiento de la transformación de azúcares en alcohol, por lo que en la actualidad no existe ninguna levadura, entre las cepas de *S. cerevisiae* conocidas, que produzca menores niveles de alcohol [1].

Por ese motivo, muchas las investigaciones están centradas en la modificación del metabolismo de la levadura, respetando las normativas vigentes sobre el uso de microorganismos en el vino [2]. En ese sentido, el tratamiento magnético (TM) en forma de campo magnético oscilante (CMO) o estático (CME) pudiera ser una alternativa [3-8] planteándose que el mismo activa complejos enzimáticos que no están presentes en las cepas no tratadas [9]. Se plantea que su efecto sobre las células es inmediato y usualmente se aplica sobre las suspensiones microbianas en la fase inicial de crecimiento [10]. Algunos autores indicaron que la acción repetida de la inducción magnética puede acelerar los procesos metabólicos al aplicar TM sobre los microorganismos de interés fermentativo inoculados ya en el medio, con recirculación del mismo (en sistemas a flujos) o repitiendo la dosis en cortos tiempos (en volúmenes estáticos) [9]. Además se conoce que el TM puede influir favorablemente sobre la turbidez del vino [11] lo cual puede deberse a su acción sobre las partículas cargadas que están en suspensión [12].

Por tanto, el objetivo de este estudio es evaluar el efecto del TM sobre la fermentación del vino base a partir de mosto de azúcar crudo.

MATERIALES Y METODOS

En el experimento se utilizó azúcar crudo de calidad microbiológica aceptable [13, 14]. La cepa de levadura vinatera *Saccharomyces cerevisiae* uvaferm empleada se estudió anteriormente demostrando tener características tecnológicas adecuadas [15]. Se activó dicha cepa, en 15 mL de medio estéril compuesto por caldo extracto de malta enriquecido con extracto de levadura, incubada a 30 °C por 24 h. Se propagó a 100 mL de mosto de azúcar crudo a 12 °Bx y posteriormente a 750 mL de mosto a pH= 5,8 suplementado con 0,8 % de (NH₄ H₂ PO₄); 1,25 % de ácido cítrico y 0,4 % de sal común.

Las muestras controles siempre se esterilizaron a 121 °C por 15 min y no recibieron TM. Las muestras restantes nunca se esterilizaron y se les aplicó el TM antes de la inoculación de la levadura, tanto en su propagación como en la fermentación. Por tal motivo, inicialmente se ajustó la concentración celular a 20×10^6 cél/mL en cámara de *Neubauer* y se inoculó igual cantidad a los correspondientes erlenmeyers, pero después de la propagación no se realizó el ajuste para evaluar el efecto estimulante del tratamiento aplicado. Para esto se tuvieron en cuenta las restricciones de los factores para la optimización de los resultados obtenidos en una etapa anterior de este experimento: máxima inhibición de la microbiota típica del mosto de azúcar crudo ; 17 °Bx de concentración del mismo, CMO (12 mT por 60 min) y CME (120 mT por 8 s, equivalentes a 0,1 m/s de velocidad por el sistema hidráulico).

Se monitoreó el crecimiento microbiano con ayuda de la curva de calibración. Se realizó una correlación entre el crecimiento microbiano en mg/mL [biomasa obtenida por la técnica del peso seco] y la turbidez [por absorbancia], a 640 nm de longitud de onda en espectrofotómetro marca Shimadzu y modelo UV - 2401PC. Se evaluó el consumo de azúcares por refractometría con refractómetro manual, la acidez por valoración de la muestra con NaOH y cambio de coloración con fenolftaleína como indicador [16], la producción de alcohol por la técnica del poder fermentativo [17]. Esta determinación se realizó por diferencia de la pesada inicial del sistema obtenida al tiempo determinado, en balanza analítica marca Precisa Gravimetrics modelo XR205SM-DR de 1000 g con precisión de 0,000 01 g. Para la transformación del CO₂ desprendido a alcohol producido [v/v] se utilizó la fórmula siguiente:

$$\% \text{ alc [v/v]} = [1,3 \times P \times 100] / V$$

donde

1,3 [Factor: 1,3 mL alcohol/g CO₂];

P = P_i - P_f [Peso inicial - Peso final]; V: mL.

Al final de la fermentación se determinó el contenido de alcohol mediante la destilación de 250 mL de vino base [18], y por medición directa con el densímetro digital (marca Kyoto Electronics modelo DA-130 N, Japón).

Posteriormente se seleccionó el régimen de TM más adecuado para fermentar de 750 mL de mosto (en columna de 1 L) y realizar la evaluación sensorial con cinco jueces adiestrados (mínimo tres evaluadores) según establece el Procedimiento Analítico para la Evaluación Sensorial [19] de esta bebida. Se compararon los vinos control respecto al tratado magnéticamente por el régimen seleccionado, evaluándose los atributos sensoriales de aspecto, olor, sabor y textura. El PAES se basa en la evaluación de los defectos de cada uno de los atributos que conforman cada una de las características organolépticas, mediante escalas estructuradas de 5 puntos conformando un sistema de evaluación final máxima de 20 puntos.

Los tratamientos de CMO se realizaron con equipos experimentales caracterizados por Centro Nacional Electromagnetismo Aplicado [CNEA]. El equipo de CMO consta de un generador de señal y una bobina con núcleo de aire formada por un cartón de 30 cm de diámetro y 29 cm de altura con alambre de cobre de 2 mm de diámetro enrollado que ofrece una resistencia de 6,1 Ω al paso de una corriente de 60 Hz/220 V generando campo magnético homogéneo entre 1 y 20 mT. El de CME cuenta con sistema hidráulico con tubería de acero galvanizado de 13 mm de diámetro interno con acondicionador magnético de 2 pares de electroimanes tipo solenoide con núcleo de hierro, común dos a dos, formando dos zapatas polares que constituyen la región de interacción o tratamiento. Se alimenta con corriente alterna (220 V, 1 F, 60 Hz) a través de banco de capacitores para lograr el CME por ajuste de la intensidad de corriente a través de un amperímetro con escala de 0,1 a 2,5 A de precisión 0,1 A y densidad de campo de 5 a 200 mT.

Todas las muestras se trabajaron por triplicado y los resultados se analizaron con el programa estadístico Statgraphics mediante ANOVA simple con el método de las mínimas diferencias cuadradas [LSD] de Fisher.

RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis estadístico de todos los resultados de las corridas experimentales determinó que las mismas presentaron una distribución normal para $p = 0,05$, permitiendo realizar una discusión a partir del promedio de todos los valores obtenidos.

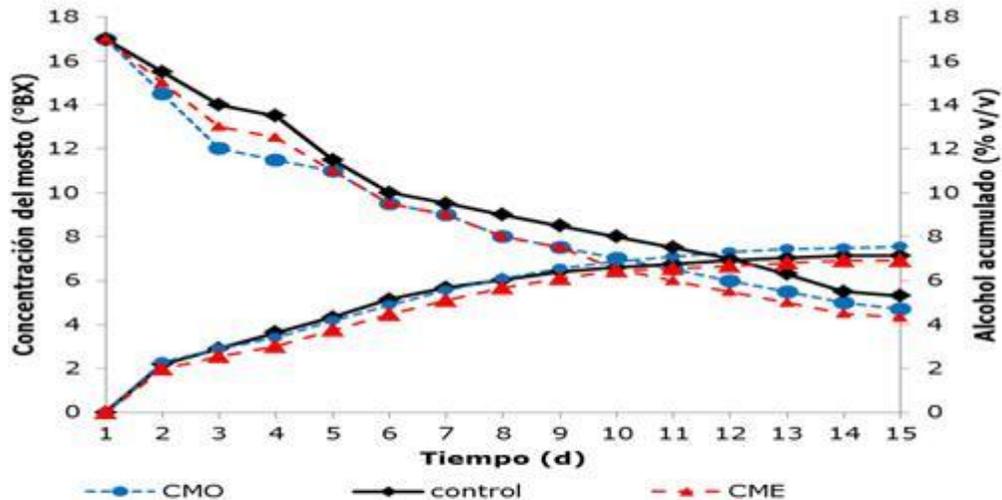


Fig. 1 Perfil del consumo de sustrato y de la producción de alcohol *S. cerevisiae* uvaferm en mosto de azúcar crudo de 17 °Bx.

La figura 1 muestra (control: esterilizado y sin tratamiento magnético; CME: sin esterilizar y con 120 mT por 8 s, equivalentes a 0,1 m/s de velocidad por el sistema hidráulico ; CMO: sin esterilizar y con 12 mT por 60 min), dos parámetros fermentativos de interés que permitieron analizar el efecto del TM aplicado sobre el mosto de azúcar crudo. Hasta el cuarto día se observó una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0,05$) entre los valores de consumo del sustrato de las muestras tratadas y de estas respecto al control. Posteriormente las muestras tratadas tuvieron un comportamiento idéntico hasta el noveno día, con valores menores que los del control que no mostraron diferencias significativas [$p = 0,05$]. A partir de ese día el consumo de sustrato fue similar en las muestras tratadas, encontrándose diferencia estadísticamente significativa entre la muestra tratada con CME y el control.

Al analizar la producción de alcohol se observó que la levadura presentó mayor velocidad de consumo del sustrato y menor producción de alcohol hasta el séptimo día. A partir de ese día el mosto tratado con CMO sobrepasó los valores de la muestra control, mientras que el mosto tratado con CME alcanzó valores similares a los del control a partir del décimo día. Lo anterior puede observarse en la Figura 2, (4: control [esterilizado y sin tratamiento magnético]; 5 y 6] sin esterilizar y con CME (120 mT por 8 s, equivalentes a 0,1 m/s de velocidad por el sistema hidráulico) ; 7 y 8] sin esterilizar y con CMO [12 mT por 60 min]), donde se aprecia que a los 10 d la formación de la espuma que fue muy similar en las muestras controles y tratadas con CMO y menos intensa en las tratadas con CME.



Fig. 2 Producción de alcohol por fermentación de 250 mL de mosto de azúcar crudo de 17 °Bx con la cepa *S. cerevisiae* uvaferm a los 10 días.

Estos resultados demuestran que ambas formas de TM también provocan un efecto estimulante diferente sobre el metabolismo celular de la levadura inoculada, lo cual pudiera explicarse por el efecto inhibitorio diferente sobre la microbiota no deseada observado en la etapa anterior de este experimento (mayor inhibición con CME que CMO). En dicha etapa, con las condiciones seleccionadas para la optimización, se logró el mayor conteo celular de la levadura inoculada con CME. Por tanto, este resultado puede explicarse porque la levadura de interés encuentra menos microorganismos para competir por el sustrato. Sin embargo, con CME se logró menor producción de alcohol respecto al CMO y al control. Este efecto estimulante concuerda con lo reportado en una investigación con *S. cerevisiae* en 2 y 6 % de glucosa [8] concluyéndose que para las fermentaciones estimuladas con CME la concentración inicial del inóculo debe estar por encima de 10^4 células/mL porque de lo contrario ocurre un retraso en la producción de alcohol.

Al final de la fermentación los valores de alcohol obtenidos por las dos técnicas (microvinificación y densimetría digital) no mostraron diferencia estadísticamente significativa. La tabla resume los parámetros cinéticos al final del proceso fermentativo (15 días a 30 °C) destacándose el resultado deseado actualmente en la enología: disminución de la producción de alcohol a partir de mayor consumo de azúcar cuando se aplicó CME.

Tabla
Parámetros cinéticos de la fermentación alcohólica de 250 mL
de mosto de azúcar crudo de 17 °Bx con la
cepa *S. cerevisiae* uvaferm

| Parámetros | control | CME | CMO |
|------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Alcohol final [g/L] | 5,62 ^a | 5,46 ^b | 5,95 ^c |
| Q _p [g/L/d] | 0,37 ^a | 0,36 ^a | 0,40 ^b |
| Q _s [g/L/d] | 0,79 ^a | 0,85 ^b | 0,82 ^a |
| Y _{p/s} [g/g] | 0,46 ^a | 0,43 ^b | 0,48 ^a |
| Eficiencia [%] | 92,79 ^a | 84,07 ^b | 94,63 ^a |

Nota: las letras distintas en superíndice indican diferencia estadísticamente significativa ($p \leq 0,05$) para las filas.

Se observó que con CMO de 12 mT se obtuvo la mayor cantidad final de alcohol (5,95 g/L) el cual fue significativamente superior al de la muestra control (5,62 g/L). Esto provocó el aumento del rendimiento y de la eficiencia del proceso, que no fueron significativos debido a que el consumo de sustrato de la muestra tratada [0,82 g/L/d] fue mayor que el de la muestra control (0,79 g/L/d). Dicho exceso de consumo de sustrato no fue significativo, por tanto, puede inferirse que hubo mejor conversión del sustrato en producto. Se plantea que el CMO aplicado sobre el medio fermentativo influye sobre las moléculas que lo constituyen permitiendo mejor asimilación por las células de la cepa inoculada y facilitando su metabolismo celular, lo que pudiera explicarse por el fenómeno conocido como "memoria magnética" de los fluidos tratados con este método físico. Además, debe tenerse en cuenta la posibilidad de haya una mejor disponibilidad de nutrientes en el medio ya que no se esterilizó (compuestos no desnaturalizados por el calor) y por excreción debido a la lisis de los microorganismos eliminados con el CMO en la etapa inicial.

Estos resultados manifestaron un comportamiento similar a los obtenidos en otro estudio con *S. cerevisiae* en melaza de caña a 16 °Bx esterilizada a 121 °C por 20 min [4]. A la suspensión celular se aplicó CME de 5 y 20 mT y la combinación de CME de 20 mT y CMO de 8 mT con velocidad de recirculación de 0,6 a 1,4 m/s. El mayor rendimiento [Y p/s] se obtuvo en el medio tratado con CME de 20 mT [0,443 g/g] y la combinación de este con CMO de 8 mT [0,433 g/g], mientras que con CME de 5 mT [0,429 g/g] fue similar al control [0,427 g/g].

En ambas investigaciones se empleó levadura *S. cerevisiae* en dos medios similares y a concentraciones iguales [solución de melaza a 16°Bx y azúcar crudo a 17°Bx, respectivamente] con CMO del mismo orden [8 y 12 mT, respectivamente]; pero en el primer estudio se trató la suspensión celular con recirculación combinado con CME de 20 mT y en el otro se trató el medio fermentativo antes de inocular la levadura en el recipiente. Nótese que en el primer estudio la diferencia entre el CMO y el CME es exactamente de 12 mT, que fue el valor empleado para el segundo. Por tanto, puede

inferirse que el CMO aplicado en estas condiciones muestra potencialidades para el incremento de la producción de alcohol a escala industrial, coincidiendo también con otros resultados obtenidos con melaza a diferentes concentraciones [12, 18 y 24 °Bx] aplicando CMO de 6 mT por 30 min antes y después de inocular dos cepas *S. cerevisiae* [20].

El TM se considera una tecnología emergente con potencialidades para la industria [24] pero falta definir la tecnología para su uso. La comparación de estas tres investigaciones evidencian que para estimular la fermentación alcohólica con cepas del género *Saccharomyces sp.*, se obtienen mejores resultados aplicando valores bajos de densidad del CMO sobre el medio de cultivo con recirculación o en un recipiente [desde la etapa de propagación] antes de inocular la levadura. Al aplicarlo directamente sobre la suspensión celular la misma requiere de un tiempo para adaptarse al estrés que le provoca dicho tratamiento, provocando un retraso en el inicio de la producción de alcohol que al estimularse posteriormente por efecto del CMO genera un estrés adicional sobre todo si las cepas no toleran las altas concentraciones de alcohol. En ese sentido, un efecto contrario se observó con CMO para estimular la fermentación ácido-láctica con bacterias para producir queso [21] y yogurt [22, 23]. Es decir, que los mejores resultados en este proceso se obtuvieron al tratar el medio de fermentación (leche) con la bacteria inoculada. Esto pudiera explicarse por la acción del CMO sobre los iones de calcio, los cuales están presentes en alta concentración en la leche comparada con los sustratos empleados para la fermentación alcohólica (mostos de azúcar, melaza o malta).

Sin embargo, debido a las nuevas tendencias en la enología de lograr vinos de menor graduación alcohólica a partir del mismo consumo de azúcares, el CME es el más adecuado porque implica ahorro de energía térmica ya que las muestras tratadas no se esterilizaron y además presenta las ventajas respecto al CMO de no consumir energía eléctrica y no requerir variaciones tecnológicas para su introducción en una fábrica [9]. Estos resultados de aumento o disminución en la producción de alcohol por efecto del TM, son consecuentes con lo informado en la literatura de que el mismo puede ser estimulante, inhibitorio o no observarse ningún efecto [24].

Debido a que los mostos tratados con TM no se esterilizaron, su efecto sobre el resto de la microbiota típica del azúcar crudo (ej. bacterias ácido lácticas) pudiera influir en los perfiles de acidez del producto final. En ese sentido, debe señalarse la magneto resistencia de un bacilo desde la etapa de la propagación, cuya identificación taxonómica no fue objeto de estudio. La Figura 3 muestra (control: esterilizado y sin tratamiento magnético; CME: sin esterilizar y con 120 mT por 8 s, equivalentes a 0,1 m/s de velocidad por el sistema hidráulico ; CMO: sin esterilizar y con 12 mT por 60 min), el comportamiento de la acidez medida al final de la fermentación, con diferencia estadísticamente significativa entre las muestras tratadas y entre la tratada con CMO respecto al control.

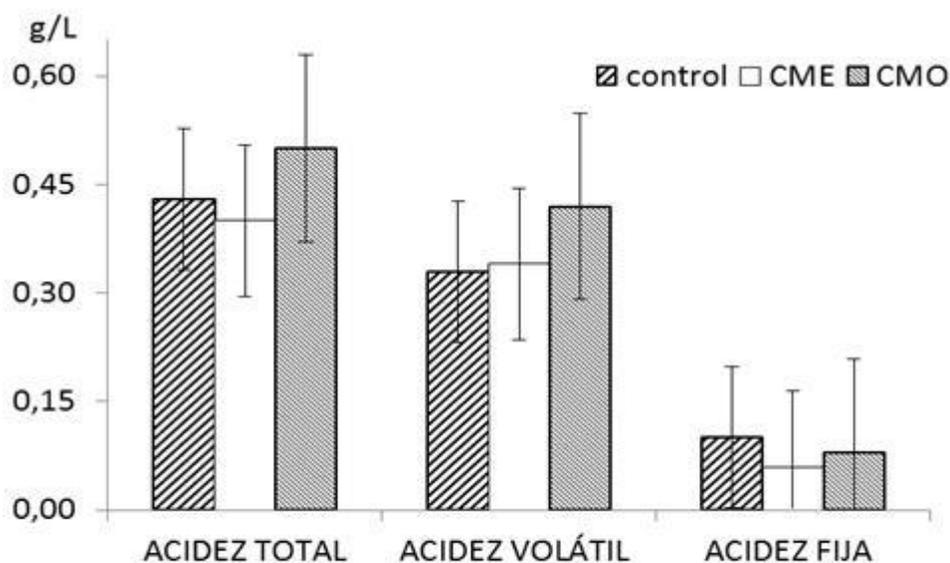


Fig. 3 Acidez de los vinos base obtenidos por la fermentación de mosto de azúcar cruda de 17 °Bx con la cepa *S. cerevisiae* uvaferm.

Puede apreciarse que el mosto tratado con CMO tuvo mayor acidez total (0,5 g/L) que el control (0,43 g/L), mientras que con CME se logró menor valor de esta variable (0,4 g/L). Nótese respecto a la acidez volátil [el ácido acético es mayoritario] que el vino a partir de mosto tratado con CMO presentó el mayor valor (0,42 g/L) lo que pudiera estar relacionado con la mayor formación de alcohol que se oxida a ácido acético. En ese sentido, se informaron resultados de disminución de alcohol en 0,2 % pero mayor formación de ácido láctico (acidez fija), y de 1 a 2 % pero excesiva concentración de ácido glucónico (incremento significativo de acidez total) [1]. Con este experimento realizado con CME se obtuvo 0,32 % v/v menos de alcohol sin observarse una afectación significativa en la acidez total, existiendo una disminución en la acidez fija. Sin embargo, el valor de acidez volátil fue similar al control (0,34 y 0,33 g/L respectivamente), evidenciando que el mayor efecto de dicho tratamiento fue sobre la acidez fija (control: 0,1 g/L y CME: 0,06 g/L). Esta la constituyen varios ácidos orgánicos, de los cuales algunos dependen del metabolismo celular de la levadura seleccionada. Por tanto, es posible que este resultado se deba a cambios en vía enzimática de la levadura (afectada por el CME aplicado sobre el medio fermentativo) y/o por reacciones de oxidación.

Puede concluirse que el CMO aplicado bajo las condiciones estudiadas tiene mayor el efecto estimulante (+ 0,44 % v/v) que el CME para la producción de alcohol, que produjo menor grado alcohólico (- 0,32 % v/v), azúcar residual y acidez. Por tal motivo se seleccionó el CME para realizar la fermentación en la columna de 1 L, monitoreando el crecimiento celular para comprobar que el mayor consumo de azúcar y menor producción de alcohol no se debió a una mayor producción de biomasa. La Figura 4 muestra , la curva de crecimiento obtenida durante la fermentación, a partir de la curva de calibración (correlación entre peso seco y absorbancia).

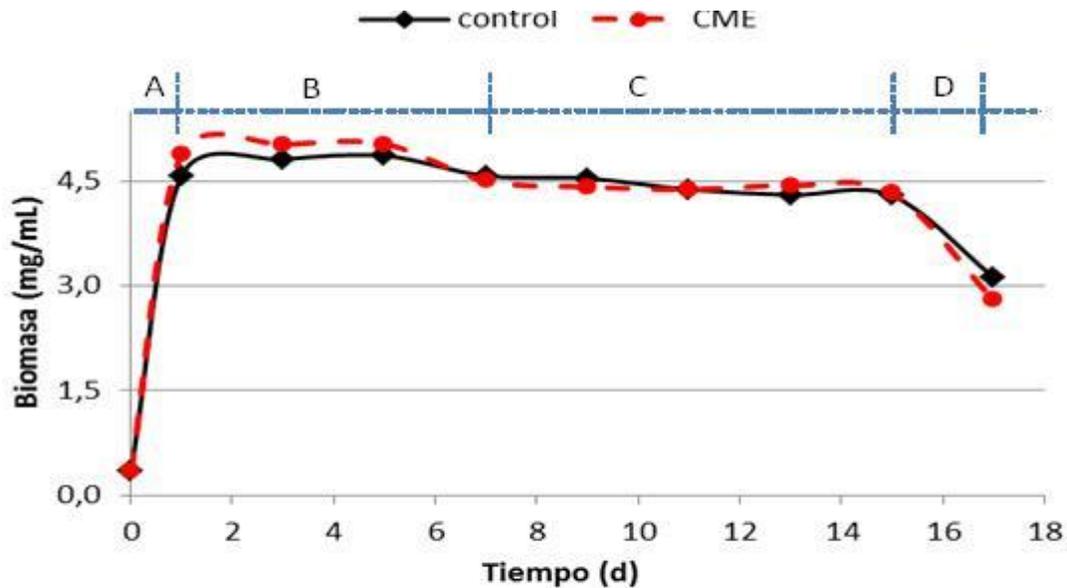


Fig. 4. Curva de crecimiento de la cepa *S. cerevisiae* uvaferm en mosto de azúcar crudo de 17 °Bx. A] crecimiento exponencial o log; B] aceleración negativa; C] estacionaria; D] declinación o muerte.

No se observó la fase de adaptación ya que se inoculó con cultivo incrementado de una etapa anterior. Luego se observó un comportamiento normal (fases de A hasta D) cuando se presentó la fase de muerte, que fue más pronunciada en el mosto de azúcar tratado magnéticamente. Este comportamiento en dicha muestra se reafirmó por la mayor formación de crema de levadura sedimentada en el fondo de la columna y el vino final más clarificado. Estos resultados pudieran explicarse por el efecto del TM sobre las partículas dispersas [12].

Se conoce que los microorganismos no emplean todo el sustrato para formar biomasa, en este caso la levadura emplea una parte para producir alcohol con desprendimiento de dióxido de carbono y la otra para metabolitos. En ese sentido, al comparar las curvas que muestran las figuras 1 y 4 puede apreciarse varios aspectos tomando como referencia las muestras tratada con CME respecto a la control: hasta el cuarto día: hubo mayor consumo de sustrato (menor °Bx), y de formación de biomasa [fases de crecimiento exponencial y de aceleración negativa] pero menor producción de alcohol evidenciando que en esta fase el crecimiento celular resultó estimulada; a partir del quinto al noveno día: disminuye la diferencia respecto al control para el consumo de sustrato pero se iguala la producción de biomasa [solapamiento de las curvas de crecimiento en fase estacionaria] mientras la producción de alcohol permanece constante, lo que permite inferir que ocurrió un desvío de las rutas metabólicas; del décimo al trigésimo día: se acelera el consumo de sustrato [aumenta la diferencia respecto al control] pero se igualan la producción de biomasa y de alcohol lo que demuestra que es en esta etapa donde se forman la mayor cantidad de los restantes metabolitos de interés; a los catorce días: el consumo de sustrato y la producción de alcohol toman valores constantes y la biomasa disminuye, lo cual indica el final de este proceso fermentativo.

El análisis de estos resultados indica la posibilidad de que los microorganismos resistentes al TM (especialmente el mencionado bacilo), hayan modificado su metabolismo formando compuestos que favorezcan el metabolismo de la levadura durante la fermentación.

Esta hipótesis deberá estudiarse en investigaciones posteriores para identificar qué tipo de ácidos orgánicos y otros compuestos se forman en la fermentación estimulada con TM, lo cual está relacionado con las propiedades organolépticas del vino.

En las muestras evaluadas sensorialmente no se observó afectación en los atributos debido al TM aplicado. Ambas muestras obtuvieron una evaluación cualitativa calificada de buena (control: 16,8 puntos y CME: 17,2 puntos). No hubo diferencias significativas ($p = 0,05$) entre ellas, destacándose que los atributos fundamentales olor y sabor tuvieron valores semejantes lo que evidencia que la aplicación del TM no influye en las características organolépticas del producto final.

CONCLUSIONES

El CMO aplicado al mosto de azúcar crudo antes de inocular la levadura vinatera tuvo mayor efecto estimulante sobre la producción de alcohol (+0,44 % v/v respecto al control) que el CME (-0,32 % v/v). Por la tendencia actual en enología se seleccionó el régimen de tratamiento CME, 17 °Bx, 120 mT y 8 s como tiempo de residencia, sin afectación en la acidez total (acidez volátil: 0,4 y fija: 0,36) con disminución en la acidez fija respecto al control. El TM no influyó en las características organolépticas del vino obtenido y favoreció a la clarificación respecto al control.

BIBLIOGRAFIA

1. LALLEMAND I & D. "La producción de alcohol por las levaduras vínicas". 2007.
2. DEQUIN, S. "Managing alcohol excess in wines: A new challenge for wine yeasts". Proceedings from Entretiens Scientifiques Lallemand, Margaux. 2008.
3. PÉREZ, VH; REYES, AF; JUSTO, OR; ÁLVAREZ, DC; MONTEALEGRE, R. "Bioreactor coupled with electromagnetic field generator: effects of extremely low frequency electromagnetic fields on ethanol production by *Saccharomyces cerevisiae*". *Biotechnol.* Vol, 23, p.1091-1094. 2007.
4. ANAYA, M.; GUZMÁN, T.; COBO, H.; VALDÉS, O.; ABREU, J.; ACEA, C. "Efecto del campo magnético sobre la producción de alcohol de levaduras cerveceras en mostos concentrados". La Habana. 2010.
5. ANAYA, M; ACEA, C. M.; GUZMÁN, T. M.; COBO, H.C. "Inhibición y estimulación magnética de microorganismos en melaza". Santiago de Cuba, 2011.

6. ANAYA, M; ACEA, C. M.; GUZMÁN, T. M.; COBO, H.C; ALMEIDA E SILVA, J. B. "Aplicación de la potencialidad dual del campo electromagnético. Lima, Perú. 2011.
7. ANAYA, M. "Tratamiento magnético como complemento tecnológico del proceso cervecero en la fábrica Guido Pérez". Tesis presentada en opción al grado académico de Master en Ingeniería Alimentaria. Facultad de Química, ISPJAE. La Habana. 2012.
8. DEUTMEYER, A.; RAMAN, R.; MURPHY, P.; PANDEY, S. "Effect of magnetic field on the fermentation kinetics of *Saccharomyces cerevisiae*". *Advances in Bioscience and Biotechnology*, Vol 2, p.207-213. 2011.
9. ZAPATA, JE; HOYOS, M; MORENO, G. Acción de un campo magnético sobre un cultivo aireado de *Saccharomyces cerevisiae*. *Asociación Interciencia*, 30 [7]. 2005.
10. FOJT, L.; KLAPETEK, P.; STRAŠÁK, L.; VETTERL, V. "50 Hz magnetic field effect on the morphology of bacteria". *Micron*, Vol. 40, N° 8, p. 918-922. 2009.
11. VÁZQUEZ, FL. "El vino, la turbidez y el magnetismo". p.2678-2679. España. 2003.
12. ACEA, CM. "Visualización del proceso de floculación magnética". La Habana (Cuba). 2009.
13. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. "Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía general para la enumeración de microorganismos. Técnica de placa vertida a 30 °C". La Habana: ININ, 2002.
14. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. "Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía general para la enumeración de levaduras y mohos. Técnica de placa vertida a 25 °C". La Habana: ININ, 2002.
15. ANAYA, M; ALMAGUER, HC; ALONSO, R; PADRÓN, A; MIRANDA, O. "Comparación de la cinética fermentativa en un vino base con levadura de panificación y levadura vinatera". *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. Vol. 2, N° 12, p.35-42. 2013.
16. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. "Determinación de acidez en bebidas alcohólicas destiladas, aguardiente y alcohol etílico". La Habana: ININ, 2002.
17. ABAD, AE. "Selección de levaduras autóctonas para la elaboración de vinos tintos para bodegas y viñedos de Trujillo S. L" . Departamento de tecnología de los alimentos. Universidad Politécnica de Madrid, España. 2006.
18. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. "Bebidas alcohólicas. Determinación del grado alcohólico". La Habana: ININ, 2007.
19. PAES. "Evaluación sensorial: Procedimiento analítico general para la evaluación de la calidad sensorial de vinos" . Ministerio de la Industria Alimenticia [Minal]. Manual de instrucciones del sistema de Control de la calidad, Capítulo II. Cuba. 2007.

20. VIVAR, A. "Efecto del campo magnético en los microorganismos presentes en melaza". Tesis presentada en opción al Título Licenciatura en Ciencias Alimentarias. La Habana (Cuba). 2012.

21. GUZMÁN, TM.; ANAYA, M.; ABREU, J.; DUQUESNE, F.; VALDÉS, O., ACEA CM. "Empleo del campo electromagnético en la estimulación de cultivos iniciadores de queso fresco". Tecnología Láctea Latinoamericana, Vol. 63, p. 44-47. 2010.

22. GUZMÁN, TM; ANAYA, M; COBO, HC; MESA, Y. "Estimulación del cultivo de bioyogurt en dos formulaciones a base de soya empleando campo electromagnético de frecuencia extremadamente baja". La Habana (Cuba). 2011.

23. MESA, Y. GUZMÁN, TM; ANAYA, M; CREMÉ, K; FERRER, D; SIGARRETA, P. "Efectos de los campos magnéticos en inóculos iniciadores empleados para la producción de yogurt". La Habana (Cuba). 2012.

24. BOLADO, S.; GÓGORA, MM.; POTHAKAMURY, U.; BARBOSA, GV.; SWANSON, BG. "A review of non thermal technologies". Pennsylvania. USA. p.341. 2003.

Recibido: Noviembre 2016

Aprobado: Marzo 2017

MSc. Matilde Anaya-Villalpanda¹. Banco de cepas puras de levadura del Departamento de Microbiología de Vicedirección de Ciencias, Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria [IIIA]. Cuba