

EFEECTO DEL CAMPO MAGNÉTICO SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS Y SENSORIALES DE LA CERVEZA

Matilde Anaya*¹, Tania M. Guzmán¹, Carlos M. Acea² e Hilda Cobo¹

¹Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, Carretera al Guatao, km 3 1/2, La Habana, C.P. 19 200, Cuba.

E-mail: marvillal@iiaa.edu.cu

²Grupo ECOSOL, Miramar Trade Center, Playa, La Habana, Cuba.

RESUMEN

Se aplicó campo magnético a cerveza de tres etapas diferentes del proceso, a partir de un diseño multifactorial D-óptimo de tres factores (intensidad de corriente, flujo y tipo de cerveza). Se determinaron las variables de respuesta físico-químicas y análisis sensorial. Se obtuvo un modelo lineal en los rangos evaluados que relaciona la absorbancia con el régimen de tratamiento magnético, el cual mostró efecto significativo sobre la aglutinación de las partículas coloidales en suspensión, lo cual favorece la clarificación. La mejor combinación de factores estuvo en el rango de 0,40 a 0,55 A (1 000 a 1 200 Gauss) y flujo 15 L/h en cerveza concentrada y diluida, sin afectación de las características físico-químicas y sensoriales.

Palabras clave: campo magnético, cerveza concentrada, propiedades físico-químicas y sensoriales.

ABSTRACT

Effect of magnetic field on physical-chemical and sensory properties of beer

Magnetic field was applied to beer three different stages of the process, from a multivariate D-optimal design for three factors (current, flow and type of beer). Response variables were determined physical-chemical and sensory analysis. Linear model was obtained in the ranges tested relating the absorbance to the pattern of magnetic treatment, which showed significant effect on the binding of colloidal particles in suspension which favors the clarification. Best combination of factors ranged from 0.40 to 0.55 A (1 000-1 200 Gauss) and flow rate 15 L/h in concentrated and diluted beer, without affecting the physical-chemical and sensory properties.

Keywords: magnetic field, concentrated beer, physical-chemical and sensory properties.

INTRODUCCIÓN

Entre los parámetros de calidad de la cerveza se encuentra el aspecto de la fase líquida que se evalúa mediante el brillo por análisis sensorial, por lo que la turbidez constituye un defecto que puede deberse a la presencia de partículas en suspensión como son células de levaduras, bacterias y sustancias coloidales. Cualquier pérdida de la estabilidad coloidal de la cerveza, aparece primeramente en forma de opalescencia por efecto del enfriamiento, por lo que la estabilidad física y química es un parámetro importante de calidad. En la práctica, se añaden o no agentes clarificantes para lograr la estabilidad coloidal de esas partículas, que luego son eliminadas en la etapa de filtración (1).

***Matilde Anaya:** Ingeniera Química (CUJAE, 2007). Opta por el grado Máster en Ciencia de Ingeniería de los Alimentos, en la CUJAE. Trabaja en la investigación de los campos magnético y electromagnético como método de conservación no convencional de alimentos, y sus efectos sobre los microorganismos; conservación de cepas de hongos, levaduras y bacterias lácticas para la industria alimentaria.

La economía de la filtración depende en gran medida de tener todo el material no soluble sedimentado en el tanque de reposo, pues la eficiencia de la filtración es mayor con caldo más clarificado. De esta forma se pueden resolver aspectos de calidad y reducir los costos, así como mejorar la estabilidad de la cerveza y aumentar la retención de la espuma (1). Por tal motivo se procuran métodos para mejorar la eficiencia del proceso de clarificación y filtración sin afectar las características físico-químicas y organolépticas de la cerveza.

En tal sentido el campo eléctrico pulsante es uno de los métodos más utilizados, porque ayuda a la clarificación mientras que se garantiza un producto seguro debido también a la reducción microbiológica (2, 3). Debido a la interrelación entre corriente eléctrica y campo magnético inducido por esta, se deduce la aplicación del campo electromagnético para la clarificación en diferentes procesos.

Para las investigaciones, el campo electromagnético es obtenido a partir de corriente eléctrica que pasa a través de una bobina tipo selenoide, por lo que será un campo magnético oscilante (CMO) dependiente de la frecuencia de la corriente eléctrica que lo induce. Si esta se rectifica a través de un banco de capacitores, se obtiene un campo magnético estático (CME), que podrá obtenerse luego por imanes permanentes de intensidad de campo magnético equivalente al del estudio. Esta equivalencia constituye una ventaja tecnológica para el escalado de los resultados, en sistemas de flujo lento o moderado (4). Se conoce que se obtuvieron resultados positivos con el empleo del tratamiento magnético (TM) en la clarificación de mieles, jugos de frutas, refinación de azúcar crudo y otros líquidos (5-8), lo que es indicativo de la posibilidad del TM como un complemento tecnológico del proceso cervecero.

Por este motivo, se determinó el efecto del CME para disminuir la turbidez de la cerveza, evaluando diferentes regímenes de trabajo para el TM y sus afectaciones sobre las características físico-químicas y organolépticas del producto tratado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sistema hidráulico con acondicionador magnético acoplado a la tubería, fue el mismo utilizado para determinar la influencia del CME en la formación de flóculos en una solución de azúcar crudo (5-7), con similitud a los reportados en la literatura para su empleo en cerveza (9-13). El acondicionador magnético consta de cuatro pares de electroimanes tipo selenoide con núcleo de hierro, acoplados a una tubería de acero inoxidable de 3 mm de diámetro. Se modificó con banco de capacitores para recibir alimentación de corriente de 60 Hz rectificada y filtrada para lograr el CME por ajuste de la intensidad de corriente a través de un amperímetro con escala 0,1 a 2,5 A de precisión 0,1 A.

Para el estudio se empleó cerveza obtenida de la fermentación de mosto concentrado. Las muestras se tomaron de tres etapas diferentes del proceso: concentrada a 17 °P directo del contenedor en que se transporta desde diferentes cervecerías hacia la fábrica donde se envasa, diluida a 10 °P que se envasa sin pasteurizar en toneles de acero inoxidable y recuperada de los tanques (devolución de toda la línea de envasado al final del turno de trabajo) con destino a la venta a granel a 8 °P (14, 15).

Se realizó un diseño experimental por el programa estadístico Design Expert ver. 6.0.1.0 (Stat-Ease, Minneapolis) con 19 corridas experimentales en un análisis multifactorial D-óptimo de tres factores, los que se realizaron de forma aleatoria (Tabla 1). Las variables de respuesta a evaluar fueron las propiedades físico-químicas y la evaluación sensorial. La Tabla 2 refleja que se aplicó el diseño a cinco muestras de cerveza terminada de cada una de las etapas seleccionadas.

Tabla 1. Niveles de los factores del diseño experimental

Niveles	Factores		
	Flujo (L/h)	Intensidad de corriente (A)	Tipo de cerveza
1	17	0,60 (nivel alto)	Concentrada
2	15	0,40 (nivel bajo)	Diluida
3	-	-	Recuperada

Tabla 2. Valor promedio obtenido en la caracterización inicial de las muestras tratadas

Propiedad	Concentrada	Diluida	Recuperada
Absorbancia	0,075 (0,002)	0,133 (0,002)	0,224 (0,010)
pH	4,4 (0,1)	4,2 (0,1)	3,7 (0,3)
Densidad (g/cm ³)	0,9976 (0,01)	0,9934 (0,04)	1,0037 (0,02)
Extracto real (°P)	2,46 (0,59)	1,70 (0,80)	1,63 (0,40)
Extracto original (°P)	16,87 (0,43)	10,40 (0,31)	8,2 (0,15)
Grado alcohólico (% v/v)	5,97 (0,06)	5,10 (0,02)	3,47 (0,51)
Color (EBC)	9,03 (0,04)	8,75 (0,01)	8,22 (0,04)
Sensorial	18,5 (0,1)	17,7 (0,3)	12,5 (0,5)

Promedio de cinco muestras tratadas (desviación estándar).

Los parámetros físico-químicos de las muestras fueron realizados con el equipo Fermento-Start (Funke Gerber mod. 2510, Alemania): densidad (g/cm³), extracto real (°P), extracto original (°P), grado alcohólico (% v/v) y color (EBC). La turbidez se monitoreó sin filtrar la muestra, por diferencia de absorbancia a 580 nm medida con un espectrofotómetro (Jenway 6405 UV/ visible) y el pH mediante técnica potenciométrica (Meter mod. PHM 61, Dinamarca). El análisis sensorial se realizó con una comisión de cinco catadores experimentados en cerveza, que evaluaron los atributos espuma, fase líquida, olor, sabor y sensación bucal, según lo establecido en el PAES (16).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procesamiento estadístico directo de las diferentes variables de respuesta en las variantes del diseño, no arrojó ningún modelo predictivo que explicara su comportamiento. Sin embargo, los resultados de las diferencias con respecto al control, sí se ajustaron a ecuaciones matemáticas.

El análisis de varianza del modelo obtenido para la diferencia de absorbancia demostró que el valor de F (101,56) fue mayor que el de la tabla, por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que el modelo y las diferencias fueron significativas ($p \leq 0,05$). La probabilidad de que el modelo lineal ($R^2 = 0,9667$) no explique satisfactoriamente el comportamiento de las variables fue muy baja, por lo cual fue considerado adecuado. La Tabla 3 muestra los resultados de la diferencia respecto al control a partir de los cuales se obtuvo la siguiente ecuación:

$$T = X_0 - X_1 \cdot A + X_2 \cdot B - X_3 \cdot C_1 - X_4 \cdot C_2$$

Donde T: turbidez; X₀: constante del modelo; X₁, X₂, X₃ y X₄: coeficientes de regresión; A: intensidad de corriente; B: flujo de cerveza; C₁: cerveza concentrada; C₂: cerveza diluida.

Se logró un incremento de la absorbancia (turbidez) respecto al control (dado por el signo negativo de las diferencias calculadas) en todo el rango de intensidad estudiado y para ambos flujos en los tres tipos de cerveza (Tabla 3), es decir, que se obtuvo un incremento de la desestabilización de las partículas en suspensión por este método físico que podrán eliminarse

posteriormente por filtración. La Tabla 4 refleja que la variación de la diferencia de absorbancia fue significativa ($p \leq 0,05$) en relación con la intensidad y el flujo, con un comportamiento lineal en los tres tipos de cerveza (Fig. 1-3).

El perfil para los tres tipos de cerveza (Fig. 1-3) fue muy similar, con disminución de la diferencia hasta valores cercanos a cero, lo cual se puede explicar por la formación máxima permisible de agregados coloidales o de flóculos en el sistema (6). Además se aprecia que las máximas diferencias se obtuvieron en el rango de 0,40 a 0,50 A (equivalentes a 1 000 a 1 200 Gauss) y que los mayores incrementos de absorbancia afectan a las cervezas concentrada y diluida (Fig. 1 y 2). Atendiendo a la composición de estas cervezas, el resultado puede indicar que el TM en el rango de intensidad estudiado, actuó con mayor efectividad en el medio menos concentrado de partículas coloidales (menos turbio), como las cervezas concentrada y diluida, que en el medio más concentrado en estas (más turbio), como la cerveza recuperada (ha recibido el efecto de la variación de temperatura y el tiempo de permanencia en los tanques de recuperación). Este fenómeno se ha observado en numerosas investigaciones (5-7) y se atribuye a la interferencia entre partículas coloidales y los coágulos ya formados, lo que dificulta la acción del TM en la floculación. En ese sentido, se ha visto mediante microfilmación que el CME atrae ordenadamente a estas partículas cargadas, formando flóculos cada más esféricos (6). Los valores de intensidad empleados en este sistema permiten la facilidad en el diseño de los imanes permanentes a colocar posteriormente en los sistemas de tuberías con flujo moderado. Se observó que la mayor remoción se alcanzó para 15 L/h, pues a menor flujo (mayor tiempo de residencia) mayor será el efecto del TM.

Tabla 3. Matriz del diseño experimental

Corrida	Intensidad (A)	Flujo (L/h)	Tipo cerveza	Absorbancia	pH	Sensorial
1	0,40	15	diluida	-0,084	0,1	0,2
2	0,60	15	recuperada	-0,023	0,1	0
3	0,60	17	concentrada	-0,044	0	0
4	0,60	17	diluida	-0,039	0	0
5	0,40	17	concentrada	-0,056	0	0
6	0,40	17	recuperada	-0,02	0,1	0
7	0,60	17	recuperada	-0,006	0,1	0
8	0,55	15	diluida	-0,059	0	0,2
9	0,40	17	diluida	-0,053	0	0
10	0,45	15	concentrada	-0,067	0,1	0,2
11	0,40	17	concentrada	-0,057	0	0
12	0,40	17	recuperada	-0,016	0	0
13	0,60	15	concentrada	-0,059	0	0
14	0,50	17	concentrada	-0,051	0	0
15	0,60	17	diluida	-0,042	0	0
16	0,60	17	recuperada	0	0	0
17	0,40	15	recuperada	-0,05	0,1	0
18	0,50	15	recuperada	-0,034	0,1	0
19	0,50	17	diluida	-0,048	0	0

Tabla 4. Diseño de experimento a partir de las diferencias respecto al control

Factor	Coefficientes estimados	Desviación estándar	p
Intercepto	-0,047	1,064E-003	0,0001
A (intensidad)	8,75E-003	1,173E-003	0,0001
B (flujo)	0,011	1,064E-003	0,0001
C1 (concentrada)	-0,012	1,472E-003	0,0001
C2 (diluida)	-0,012	1,472E-003	0,0001

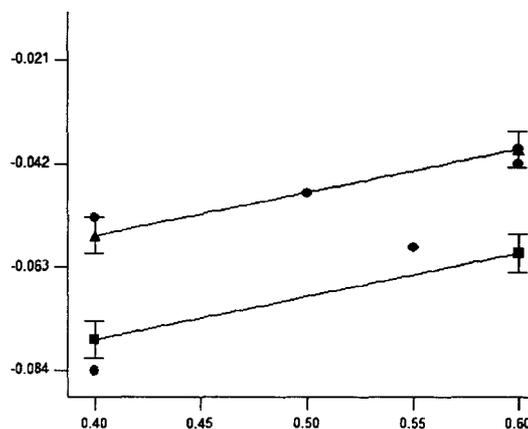
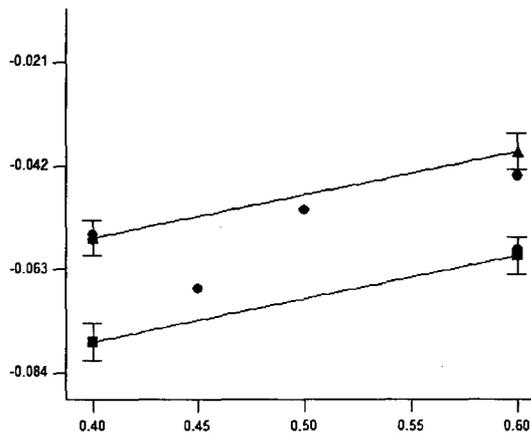


Fig. 1. Absorbancia de la cerveza concentrada a 580 nm.

Fig. 2. Absorbancia de la cerveza diluida a 580 nm.

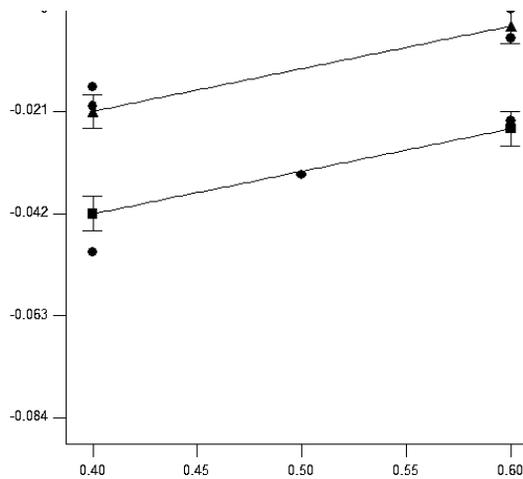


Fig. 3. Absorbancia de la cerveza recuperada a 580 nm.

No fue posible encontrar un modelo con suficiente calidad ($R^2 = 0,5829$) que explicara el comportamiento del pH, lo cual coincide con lo informado por otros autores (17). La variación de este parámetro es importante pues puede influir en la coagulación y posterior precipitación de las proteínas (punto isoelectrico) que forman los flóculos. La poca variación del mismo, la cual no fue significativa ($p \leq 0,05$), permite corroborar la interpretación del efecto del CME sobre las partículas coloidales en suspensión. Estos resultados en las propiedades físico-químicas son similares a los obtenidos en otras investigaciones que plantean que para variar significativamente estos parámetros, la energía aportada por el campo debía ser superior a los 50 T (500 000 Gauss) suficiente para la ruptura de enlaces por puente de hidrógeno y provocar cambios sustanciales en la estructura de la sustancia (12, 18-24). En este caso la intensidad del campo osciló entre los 1 000 a 1 200 Gauss con resultados similares a otros trabajos (14, 15).

CONCLUSIONES

Se aplicó campo magnético a cerveza de tres etapas diferentes del proceso y se determinó el rango de tratamiento en 0,40 a 0,50 A (1 000 a 1 200 Gauss) y flujo 15 L/h en cerveza concentrada y diluida, sin afectaciones en las características organolépticas. Se obtuvo un modelo lineal que relaciona la absorbancia (turbidez) con el régimen de tratamiento magnético, que mostró efecto significativo sobre la aglutinación de las partículas coloidales en suspensión. Esto es un aspecto positivo para la industria cervecera, pues las mismas pueden ser fácilmente removidas por la posterior filtración y por lo tanto, se favorece el proceso de clarificación.

En la evaluación sensorial no se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los atributos analizados de las cervezas tratadas, con respecto a los controles, en los tres tipos de cerveza. En particular, se pudo apreciar por todos los jueces una ligera disminución de la carbonatación (retención de CO_2) debido a pequeñas pérdidas de CO_2 que no pueden atribuirse al efecto del TM sino al traslado hacia el sistema utilizado (25). La pérdida de CO_2 incidió en la formación de la espuma, pero en ningún caso esta disminución invalidó la aceptación de la cerveza tratada, encontrándose una mejor retención de la espuma creada respecto al control, consecuente con lo reportado en la literatura. Todos los tipos de cerveza mostraron un comportamiento similar evidenciando lo demostrado por diversas fuentes que el TM por lo general, no afecta las características sensoriales de los productos (11-13, 27).

REFERENCIAS

1. Almeida e Silva, J. Capítulo 15: Cerveja Tecnologia de Bebidas. Ed. Edgar Blücher Ltda., São Paulo, Brasil, 2005, p. 347-382.
2. McDonald, C. J. Food Sci. 65: 984-988, 2000.
3. Yeom, H. J. Food Sci. 65: 1359-1364, 2000.
4. Chacana, M. y Cortés, P. Campos magnéticos oscilantes en el procesado de alimentos. Universidad de la Serena. Facultad de Ingeniería, Departamento de Alimentos. Disponible en www.e-alimentos.cl, 2008.
5. Acea, C. Visualización del proceso de floculación magnética. En: (CDROM) III Conferencia Internacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA '2009).
6. Acea, C. ICIDCA 25 (2-3): 24-29, 2001.
7. Acea, C. El tratamiento magnético como complemento tecnológico de la fosflotación. En: (CDROM) I Conferencia Internacional de Electromagnetismo Aplicado (CNEA '2005), 2005.
8. Herlem, B. J. Food Sci. 65: 834-837, 2000.
9. Middleton, D. Preventing contaminant build-up in beer lines. Patent Storm LLC. US 5645697. EE. UU. 2010.
10. Tibor, N. Procedure to manufacture and use beer and other types liquids treated with Neodimium magnet. WO/2008/102188, 2008.
11. Ivanov, A.; Shtepa, E.; Galiulin, A.; Kolpakchi, A.; Rusakov, V.; Isaeva, V. y Pechenina, D. Stabilization of beer. USSR-Patent: SU 1 565 879. Unión Soviética, 1990.
12. Tibor, N. World leader natural energy content beer, for the better healt. Disponible en Global Solution Biopharma Co.USA.aqua@magnetic-aqua.com (visitado 1/4/2010), 2010.
13. Vasilenko, V. Method and apparatus for preserving perishable products. US 7682641. EE. UU. 2003.
14. Anaya, M.; Acea, C. y González, B. Posibilidades del tratamiento magnético en la calidad de la cerveza. En: (CDROM) Asociación de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de Cuba (ACTAC). Convención Internacional "Alimentación saludable para la comunidad y el turismo". La Habana, 2008.
15. Anaya, M.; Acea, C. y González, B. Efecto del campo magnético en diferentes parámetros controlados en la industria cervecera. En: (CDROM) 11na Conferencia Internacional sobre Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICTA-11). La Habana, 2008.
16. Procedimiento analítico para el control de la calidad sensorial de cervezas. Capítulo II: Control de la Calidad. Instrucción S.C.C 2.13.05.02-1. Manual de Instrucciones del Sistema de Control de la Calidad, 2001.
17. Mas, S.; González, A.; Melek, S. y Cabeza, D. Tecnol. Quím. XIX (3): 48-52, 1999.
18. Cefalas, A.; Kobe, S.; Dra••ii, G.; Sarantopoulou, E.; Kollia, Z.; Stra••iiššar, J. y Meden, A. Applied Surface Science 254: 6715-6723, 2008.
19. Danielewicz-Ferchmin, I. y Ferchmin, A. Phys. Chem. Liquids. 42: 1-36, 2004.
20. Vegiri, A. J. Mol. Liq. 110: 155-168, 2004.
21. Pang, X. y Deng, B. Sci. China Ser. G-Phys. Mech. Astron. 51 (11): 1-12, 2008.
22. Pang, X. y Deng, B. Physica B 403: 3571-3577, 2008.
23. Vallée, P.; Lafait, J.; Legrand, L.; Mentré, P.; Monod, M. y Thomas, Y. The Journal of Chemical Physics. 122: 1-8, 2005.
24. Vallée, P.; Lafait J.; Legrand, L.; Mentré, P.; Monod, M. y Thomas, Y. Langmuir 21(6): 2293-2299, 2005.
25. Darbinyan, R.; Vartanova, G.; Aidinyan, A.; Avakyan, S. y Garibyan, A.. Production of a carbonated beverage. USSR-Patent: SU 1 591 933. Unión Soviética, 1990.