

# UTILIZACIÓN DE ETANOL COMO SUSTITUTO DE AZÚCARES FERMENTABLES EN LA ELABORACIÓN DE CERVEZAS

*Oreroves Martínez-Castro\**, Raúl Carrillo-Ulloa, Margarita Núñez de Villavicencio  
y Raúl Carrillo-Vázquez

*Instituto de Investigaciones para La Industria Alimentaria  
Carretera al Guatao, km 3 ½, La Habana, C.P. 19 200, Cuba.  
E-mail: oreroves@iia.edu.cu*

## RESUMEN

Se evaluó la utilización del etanol como sustituto parcial de los azúcares fermentables del mosto en la elaboración de cerveza. Se sustituyó 36 % del extracto total de un mosto de 10 °P por la cantidad de etanol equivalente a la que se produce por la fermentación, calculado con la aplicación del factor de conversión de Balling en la ecuación de fermentación de Gay-Lussac. Se aplicó un procedimiento de adición del etanol que corrige el efecto de dilución al añadirlo. La cerveza obtenida resultó de buenas cualidades sensoriales. El proceso incrementó 43 % de la capacidad de fermentación, así como disminuyó el costo de producción y consumo de energía eléctrica.

**Palabras clave:** cerveza, etanol, extracto, azúcares fermentables, capacidad de fermentación.

## ABSTRACT

### **The use of ethanol as substitute of fermentable sugars in beer production**

Ethanol was evaluated as partial substitute of broth fermentable sugars in beer production. Thirty six per cent of total extract in a 10 °P broth was substituted by an ethanol amount equivalent to the produced during fermentation, according to Gay-Lussac equation and applying the Balling conversion factor. It was employed an ethanol addition procedure by which the dilution effect was simultaneously corrected. Beer brewed showed good sensory properties. The process increased 43% fermentation capacity and decreased production cost and electric energy consumption.

**Key words:** beer, ethanol, extract, fermentable sugars, fermentation capacity.

## INTRODUCCIÓN

La malta de cebada es la principal materia prima en la elaboración de cerveza pues aporta innumerables componentes e influye con su sabor en el producto terminado (1). Este cereal ha aumentado su precio en el mercado mundial debido al consumo energético del proceso de malteo y así se ha incrementado el uso de los materiales adjuntos.

El origen de los adjuntos es muy antiguo. En Cuba se utiliza el azúcar refino de caña, que al tener un alto nivel de pureza, no aporta nutrientes al medio y disuelve los que aporta la malta. Cuando el porcentaje de sustitución es alto trae consecuencias nefastas para la levadura por su mala nutrición y el aumento del efecto represor de la glucosa sobre ella, por lo que se obtienen fermentaciones retardadas y cervezas dulzonas como producto (2). Otro aspecto a considerar es que la fermentación del azúcar aporta además del etanol

---

*\*Oreroves Martínez Castro: Ingeniero Químico, CUJAE, 2007. Trabaja en la Planta de Bebidas. Sus principales líneas de trabajo son la cervicería, siropes y jugos. Ha impartido cursos sobre Tecnología de la cerveza. Ostenta la categoría de Investigador Aspirante.*

otros metabolitos (alcoholes superiores, ésteres, aldehídos, etc.) los cuales en demasía alejan a la cerveza de sus características originales (2).

El uso de los adjuntos tiene como objetivo fundamental obtener etanol a partir de un azúcar más económico que el que aporta la malta. El etanol es obtenido también de la destilación de mostos fermentados de melaza de caña y otras fuentes de sacáridos, y aunque ninguna literatura lo reporta como un sustituto de azúcares en la cerveza, el ser utilizado resulta una ventaja para la ciencia cervecera actual.

El objetivo de este trabajo consistió en evaluar las ventajas que aporta el etanol como sustituto parcial de los azúcares fermentables en la elaboración de cerveza.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó malta Pilsen de 76 % de rendimiento en extracto (molienda gruesa y base húmeda) y 5,1 % de humedad, azúcar refino de 99,6 % de rendimiento, lúpulo granulado de 5 % de ácidos y 4,5 % de humedad, levadura cervecera budvar (*Saccharomyces uvarum*) del banco de cepas del IIIA y etanol clase A sin tratamiento previo.

Se realizaron tres réplicas patrones de cervezas de 10 °P (porcentaje de sólidos disueltos expresados como azúcar a una temperatura de 20 °C) a partir de mosto con una composición de 64 % de extracto de malta y 36 % de extracto de azúcar, de un hL cada réplica. Para la realización de las pruebas de sustitución del azúcar por el etanol, se calculó la cantidad del mismo que produce la concentración de azúcar añadida en el patrón, mediante la aplicación de la ecuación de la fermentación de Gay-Lussac y el balance de masas de la misma de Balling (3).

La masa de etanol puro calculada se expresa en volumen de alcohol de 95 °GL y se resta de 1 hL que es el volumen base del cálculo. Con esto se obtiene de mosto a elaborar en las cervezas de prueba. Se realizaron tres réplicas experimentales de cervezas tipo lager con una composición del mosto 100 % extracto de malta. La concentración de estos mostos alcanza 6,8 °P debido a que en la maceración de estas muestras se elimina el volumen de agua equivalente al que se añade de etanol después de la filtración.

La Tabla 1 refleja las formulaciones para las dos muestras. La cebada fue triturada en un molino de rodillo y macerada por el siguiente método de infusión: 20 min a 48 °C, 20 min a 52 °C, 60 min a 63 °C, 30 min a 70 °C y 5 min a 78 °C. El mosto fue separado de la parte insoluble del grano en una tina de extracción y luego hervido por espacio de 1 h con la adición de lúpulo; el azúcar se añade a la cerveza patrón en esta fase. La fermentación se realizó a una temperatura entre 8 y 10 °C.

Tabla 1. Fórmulas de las cervezas

Materias primas	Patrón	Experimental
Cebada malteada (kg)	10,30	10,30
Azúcar refino (kg)	4,33	-
Etanol (kg)	-	1,90
Levadura cervecera <sup>1</sup> (L)	1,00	1,00
Lúpulo (kg)	0,15	0,15

1-La crema de levadura contiene 50 % de sólidos comprobado por centrifugación a 1500 min<sup>-1</sup>

Las cervezas reposaron dos días a 0 °C y luego fueron filtradas en un filtro prensa de placas y marcos vacíos utilizando como medio filtrante placas de celulosa y como filtro ayuda tierra perlítica. A la salida del filtro fue dosificado el etanol en la cerveza experimental lo que evita las pérdidas en fermentación y filtrado e iguala los volúmenes de las dos cervezas investigadas. Las muestras se envasaron en botellas de vidrio y se pasteurizaron a una temperatura de 60 a 62 °C por 20 min. Tanto las réplicas patrones como las experimentales fueron elaboradas en la planta piloto de cervezas del IIIA, la cual tiene capacidad de 1 hL.

Se realizaron los siguientes análisis: extracto original, extracto real, extracto aparente, grado alcohólico, pH y color (4). Todas las muestras se hicieron por triplicado.

La evaluación sensorial se realizó a la cerveza experimental aplicándose la prueba de nivel de agrado con una comisión de 80 jueces sin entrenamiento (5). El producto se evaluó considerando el color, olor y sabor. Se realizó una prueba descriptiva de la espuma con la participación de cinco especialistas (6).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aplica el balance de masas realizado por Balling de la ecuación de la fermentación de Gay-Lussac. Como resultado se forma 1,8 kg de etanol puro que equivalen a 1,9 kg de etanol a 95 °GL. Esta masa de etanol representa un volumen de 2,4 L que es la cantidad de agua que se deja de utilizar en la maceración así como la cantidad de etanol que se añade después de la filtración en la cerveza experimental.

La Fig. 1 muestra la atenuación aparente de las cervezas comparadas. Se aprecia que las muestras terminan de fermentar con una diferencia de tres días lo que reduce 43 % del tiempo en esta operación. Esto se explica por la relación enzima/sustrato (levadura/extracto) que estuvo favorecida la cerveza experimental al tener menor concentración e inoculársele la misma cantidad de levadura que a la muestra patrón.

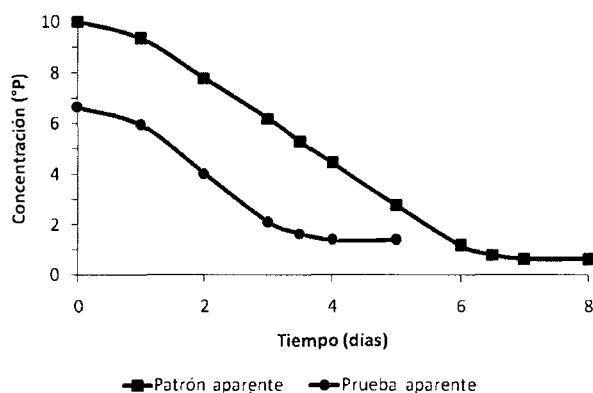


Fig. 1. Diagrama de fermentación de los mostos.

Se realizó una prueba descriptiva de la calidad de la espuma de la cerveza experimental. En una escala de 0 a 5 puntos obtuvo la calificación máxima de los cinco especialistas. La espuma resultó con una formación, adherencia y retención excelentes; con burbujas muy finas y compactas manteniéndose en la copa sin destruirse completamente por más de cinco minutos.

La Tabla 2 muestra que con el cambio de formulación se logran valores similares en los extractos y el grado alcohólico de las cervezas comparadas. Esto se debe a que el etanol añadido a la cerveza experimental es proporcional al que debía formarse al fermentar la sacarosa. El pH resultó menor en la muestra patrón, lo que es característico de las cervezas que utilizan elevada

sustitución de malta por azúcar. Parte de los azúcares caramelizan en la hervidura aportando mayor coloración al mosto, debido a esto la tonalidad de la cerveza patrón es mayor que la de la experimental.

Tabla 2. Análisis de las cervezas

Indicador	Patrón		Experimental	
	Media	S	Media	S
Extracto original (% m/m)	9,946	0,005	9,98	0,005
Extracto real (% m/m)	2,360	0,010	2,343	0,003
Extracto aparente (% m/m)	0,626	0,005	0,626	0,005
Grado alcohólico (% v/v)	4,86	0,005	4,87	0,05
Atenuación real (%)	77,3	0,5	77,16	0,05
Atenuación aparente (%)	91,3	0,5	94,16	0,05
pH	3,96	0,05	4,43	0,05
Color (°Brand)	0,307	0,005	0,263	0,002

El análisis sensorial logró un promedio de 8 puntos lo que califica a la cerveza de que gusta mucho. Las puntuaciones otorgadas por los jueces fueron las siguientes: 16 jueces-9 puntos; 49 jueces - 8 puntos; 13 jueces - 7 puntos y 2 jueces - 6 puntos.

Se realizó una prueba descriptiva de la calidad de la espuma de la cerveza experimental. En una escala de 0 a 5 puntos obtuvo la calificación máxima de los cinco especialistas. La espuma resultó con una formación, adherencia y retención excelentes; con burbujas muy finas y compactas manteniéndose en la copa sin destruirse completamente por más de cinco minutos.

La fermentación de 1 kg de extracto libera 586,6 kJ (2). La Tabla 3 muestra el balance de azúcares en la fermentación. La diferencia de masa entre los dos procesos (3,67 kg) corresponde a la cantidad de azúcar real a sustituir por su equivalente en etanol. En la formulación con etanol se dejaron de generar como calor en la fermentación 2 152,8 kJ/hL que requerirían 0,6 kwh/hL como refrigeración para su extracción. Aplicando el factor de aprovechamiento, así como las pérdidas a las que se somete el consumo específico, se obtuvieron ahorros de energía eléctrica superiores. Por cada kilogramo de etanol que se quiere obtener en la cerveza se debe añadir 2,1 kg de azúcar refino. El precio del etanol aunque es más elevado que el precio del azúcar refino, esta lejos de duplicarlo. Al multiplicar la masa de azúcar a sustituir por su precio, el costo siempre es mayor que el costo de la cantidad de etanol a añadir por su precio, lo que hace económico el uso de etanol como materia prima en la elaboración de cervezas.

**Tabla 3. Balance de azúcares en la fermentación**

<b>Cerveza</b>	<b>Concentración inicial (kg/hL)</b>	<b>Concentración final (kg/hL)</b>	<b>Fermentados (kg/hL)</b>	<b>Volumen de mosto (hL)</b>	<b>Masa fermentada (kg)</b>
Patrón	10,38	2,40	7,98	1,000	7,98
Experimental	6,80	2,38	4,42	0,976	4,31

### **CONCLUSIONES**

Se elaboró una cerveza tipo lager con la adición de etanol como sustituto del azúcar refinado con buenos resultados en los análisis sensoriales y físico-químicos. Se redujo 43 % del tiempo de fermentación, con el consiguiente aumento de la capacidad en esta operación y se obtuvo mayor ahorro energético al dejar de fermentar el azúcar. Los resultados económicos y el empleo de etanol, resultaron factibles para la elaboración de cerveza.

### **REFERENCIAS**

1. Venturini, W. y Almeida, J. Tecnología de Bebidas. Cerveza. Edgard Blucher. Sao Pablo, 2005.
2. Kunze, W. Technology Brewing and Malting. VLB. Berlín, 1999.
3. Basaøva, G. y Cepicka, J. Sladøtvi a Pivovarstvi. SNTL. Praga, 1985.
4. Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists. 8 ed. ASBC. Minnesota, 1996.
5. Pedroso, D. y Pargborn, F. Evaluación sensorial de los alimentos. Alhambra, México, D.F. 1989.
6. SCC 2.13.05-12. Evaluación sensorial. Cervezas. MINAL. Cuba, 1982.