

COMPARACIÓN DE ALGUNAS METODOLOGÍAS ACTUALES PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE ESPUMA

MAX LIBEDINSKY (1), MARÍA CONSUELO GARCÍA (2).
CHRIS NIMPTSCH (1)

(1) PROFAMO INC., USA;

(2) CERVECERÍA CUAUHEMOC MOCTEZUMA, MÉXICO

RESUMEN

Aun cuando es universalmente aceptado que las características de la espuma juegan un rol importante en la definición de la calidad de cerveza percibida por el consumidor, no existe aun una metodología que pueda considerarse como de aceptación general. Esto es probablemente una consecuencia de los muchos factores que influyen la formación y colapso de la espuma, lo cual hace no solo difícil la definición de las características de la espuma, sino también la medición de los mismos. Los instrumentos para análisis de rutina actualmente disponibles en el mercado se basan mayormente en la medición del colapso de manera tal de proveer una base cuantitativa para la comparación de los diferentes tipos de cervezas y procesos. Este estudio busca evaluar objetivamente algunas de las metodologías disponibles para el análisis de la espuma de cerveza con el fin de discutir críticamente la cantidad y calidad de información que cada uno puede brindar. Para estos fines, se analizaron muestras idénticas de diferentes tipos de cerveza por medio del Método Sigma (ASBC), Analizador de Espuma NIBEM y Analizador de Espuma Lg Automatic (basado en el diseño de Carlsberg). Se diseñaron condiciones de toma de muestras y ensayos de manera de asegurar la aplicación de la Norma ISO 5725 para obtener resultados válidos y comparables. La evaluación de los instrumentos, así como los requerimientos de instalación y entrenamiento a los usuarios y condiciones operacionales demostró que la información más significativa es obtenida mediante el instrumento Lg Automatic, el cual provee no solo datos estadísticamente más precisos sobre el colapso de la espuma, sino también reporta el volumen específico de espuma generado, un útil parámetro que no es suministrado por los otros métodos.

Palabras clave: espuma, laboratorio, colapso de la espuma, medición, comparación de métodos, estadística, calidad, análisis

ABSTRACT

Even though it is universally accepted that foam characteristics play an important role in defining consumer perception of beer quality, there is not yet a methodology that can claim to be generally accepted. This is probably a consequence of the many factors influencing the formation and collapse of foam, which not only make difficult the definition of the foam features themselves, but also their precise measurement. Current commercial instruments for routine analysis mostly rely on the measurement of collapse rate in order to provide a quantitative basis for the comparison of different beer types and brewing characteristics. This study aims to objectively evaluate some of the methodologies available for foam beer analysis in order to critically discuss the information, both in quantity and quality that each methodology can provide. In order to perform this task, identical samples of different types of beer were analyzed by the Sigma Value Method (ASBC), NIBEM Foam analyzer and Lg Automatic Foam Tester (based on the Carlsberg design). The conditions of samples and tests were designed to ensure the applicability of statistical analysis according to the guidelines of ISO 5725 in order to ensure the validity and comparability of results. The assessment of instruments, installation and training requirements, operational conditions, and results showed that the most significant information was obtained by the use of the Lg Automatic Foam Tester, which provided not only statistically more accurate data on the foam collapse rate, but also the specific foam volume, an useful parameter not reported by other methods.

Keywords: foam collapse, measurement, methods comparison, statistics, quality, foam, laboratory

INTRODUCCIÓN

La espuma es considerada una dispersión de burbujas de gas en condición de no-equilibrio en un volumen relativamente pequeño de líquido. La propiedad de un líquido de formar espuma y la consecuente estabilidad de tal espuma dependen principalmente de la actividad superficial (tensoactividad) de las moléculas que constituyen el líquido. Como en cualquier situación fuera del equilibrio, la estructura de la espuma evoluciona en el tiempo, con un patrón típico de drenaje del líquido debido a la acción de la gravedad, ruptura de la película y difusión de las burbujas de gas hacia arriba a través del líquido desde las burbujas pequeñas a las más grandes. En condiciones de equilibrio no hay espuma (5). Esto implica el carácter dinámico de las espumas.

Considerando la cerveza, dado que la espuma es un parámetro organoléptico fácilmente perceptible por el consumi-

dor, la espuma juega un importante rol en la percepción de la calidad. Por lo tanto siempre ha sido un desafío producir cervezas con buena espuma, la cual debería tener un aspecto delicado y además persistir el mayor tiempo posible, es decir lograr la mayor estabilidad posible (1).

Sin embargo, para poder evaluar y correlacionar adecuadamente las variaciones de las características de la espuma con los cambios que se hagan tanto en condiciones de procesos como en materias primas, agentes auxiliares o aditivos, es necesario contar con métodos analíticos confiables.

Adicionalmente, la metodología analítica debe ser robusta para poder ser aplicada tan ampliamente como sea posible, permitir la comparación entre distintos fabricantes y usuarios, sencilla de emplear para poder ser implementada en el laboratorio general de una cervecería típica y efectuada por técnicos no especializados.

Por lo tanto, es importante considerar la confiabilidad, robustez y facilidad de uso cuando se considera la implementación de una metodología analítica.

Por otro lado, los mecanismos altamente complejos de generación y colapso de la espuma, que aun no son completamente comprendidos (1, 2, 3), hacen igualmente difícil el desarrollo de un método analítico de aceptación universal. Esto último es claramente demostrado por los más de 80 métodos de caracterización de la espuma reportados por Hough (2) en 1992. También, Bamforth (4) comentó en 1999 la falta de un método de aceptación general, a pesar que se han desarrollado numerosos procedimientos durante los últimos 90 años (6).

Aun cuando sean distintos en sus principios, sofisticación y procedimiento operativo, la mayoría de los métodos analíticos tienen dos elementos en común: generación artificial de espuma y entonces la medición cuantitativa de una o más propiedades del colapso de la misma, idealmente bajo condiciones controladas y reproducibles.

Actualmente, la mayoría de los instrumentos de medición disponibles comercialmente generan espuma por desprendimiento de dióxido de carbono (NIBEM, Lg, y ASBC método B) o bien por simple caída libre (ASBC, método A). No existe metodología adoptada por el Instituto y Gremio de Cerveceros (IGB – Reino Unido) ni la Convención Cervecería Europea (EBC). (*)

La generación de espuma por caída libre, como se indica en ASBC, método Beer-22 A (7), se realiza por el vertido manual de la cerveza dentro de un embudo de vidrio de diseño especial, hasta un volumen preestablecido de espuma.

La generación de espuma en los otros métodos considerados ocurre mediante desprendimiento de dióxido de carbono por despresurización, tanto controlado manualmente como en el equipo NIBEM y en ASBC método Beer-22 B (7) o automáticamente, como en el instrumento Lg Automatic (9).

Por otro lado, se mide una propiedad de la espuma, el tiempo de colapso de altura (NIBEM) o el tiempo de vida medio de las burbujas (Lg, ASBC).

El concepto del instrumento NIBEM, desarrollado originalmente por Klopper (10), representa el intento de trasladar la observación subjetiva del colapso de espuma que realiza el consumidor a las condiciones más controladas del laboratorio. Sin embargo, como este mide el descenso de la espuma, el ensayo es afectado por las condiciones ambientales de donde se realiza, incrementando la variabilidad de los resultados, según describen van Akkeren y Ansens (19).

Por otra parte, el tiempo de vida medio de las burbujas es expresado por la medición cuantitativa del volumen de líquido drenado a partir del colapso de las mismas. La hipótesis física subyacente tiene una correlación con el hecho que, al menos durante una extensa parte de su tiempo de vida, la espuma parece descender en un factor logarítmico, lo cual fue inicialmente reportado por Blom y Prip (12) y posteriormente confirmado por Rudin (11).

Esto fue trasladado a un aparato originalmente desarrollado por Ross y Clark (13) que tiene su versión actual en el método manual ASBC método Beer – 22 A (7) o el instrumento automático Lg Foam Tester (6).

El fin de este estudio es comparar objetivamente el desempeño de algunos de los instrumentos o metodologías actualmente empleadas para el análisis rutinario de la espuma, esto

es los equipos NIBEM, Lg Automatic Foam Tester y el método ASBC Beer – 22 A, para establecer no solo la calidad, sino también la cantidad de información que los mismos aportan.

La manera de establecer comparaciones válidas se consiguió adoptando un diseño experimental acorde a las normativas ISO 5725 (14, 15).

Básicamente, este consistió en el análisis por las tres metodologías de tres tipos diferentes de cervezas, cuyas muestras fueron tomadas y mantenidas bajo condiciones controladas, para luego analizar diariamente 10 unidades de cada lote mediante cada metodología, durante 5 días consecutivos, de forma tal de obtener no solo los valores de repetibilidad sino también de reproducibilidad intermedia, ya que los análisis fueron realizados por un único laboratorio y un mismo analista.

EXPERIMENTAL

Toma y almacenamiento de muestras

Con el objeto de proveer un cierto rango de variación en las muestras para investigar la sensibilidad de las metodologías, se decidió la realización de los análisis a tres tipos diferentes de cerveza, elaborados comercialmente por Cervecería Cuauhtemoc Moctezuma (México). Se analizaron muestras de cerveza Sol (beer A), tipo lager envasada en botella clara; Carta Blanca (beer B), tipo lager envasada en botella oscura y Bohemia (beer C), una cerveza premium tipo pilsner envasada en botella oscura. Todos los envases tenían un contenido neto de 325 ml.

Las muestras fueron tomadas al azar directamente de las respectivas líneas de embotellado en la Cervecería Cuauhtemoc Moctezuma en Monterrey, México, durante el llenado habitual, bajo condiciones estables. Se prestó especial atención a que todas las muestras de cada tipo fueran de la misma elaboración y del mismo tanque filtrado.

Las muestras fueron mantenidas bajo condiciones controladas, a una temperatura máxima de 25° C y en la oscuridad hasta el momento de su análisis.

Instrumentos

Todos los equipos empleados fueron de tipos estándar, disponibles comercialmente.

El método manual, Sigma Value Method, fue realizado de acuerdo a la metodología descrita en ASBC Método Beer – 22 A (7), excepto que la temperatura del baño de agua fue 20° C. El valor reportado, denominado Valor Sigma, se obtiene como una relación logarítmica de volúmenes de líquido producidos por el colapso de espuma luego de cierto y determinado tiempo.

El método NIBEM fue realizado empleando un aparato NIBEM original, comercializado por Haffmans (Venlo, Holanda), el cual mide el tiempo requerido por la espuma en colapsar una distancia lineal de 30 mm., a partir de un colapso inicial de 10 mm., como fuera descrito por Klopper (16). El instrumento fue operado de acuerdo a las instrucciones del fabricante. La toma de muestras se realizó por medio de un equipo Lg Automatic Sampling Device.

Por su parte, el equipo Lg Automatic Foam Tester (Lg Automatic aps, Frederiksvaerk, Dinamarca) fue también operado de acuerdo a las instrucciones del fabricante, según la descripción dada por Anger (6). Este equipo opera inyectando automáticamente un volumen controlado de cerveza dentro de un cilindro graduado de vidrio transparente. Así, se puede observar directamente el volumen de espuma generado y el colapso de la misma. Sensores infrarrojos miden el volumen de líquido generado en la base del cilindro, donde también hay un sensor de

* NOTA EDITOR: En el momento de publicación de este artículo, si existe un método recomendado por la EBC usando el NIBEM.

temperatura que realiza la compensación automática. El valor empleado en este caso es el de vida media, que es el tiempo requerido para que la mitad del volumen del líquido inicialmente convertido en espuma se reconvierta a líquido nuevamente, luego que se ha descartado el primer cuarto de volumen.

Procedimiento operativo

Previamente al análisis se acondicionó a la totalidad de las muestras a ser analizadas cada día (30 unidades por cada tipo de cerveza) en un baño de agua sin circulación a la temperatura de $20 \pm 0.5^\circ \text{C}$ por un mínimo de 30 minutos. El laboratorio contaba con un sistema de aire acondicionado con la temperatura seleccionada a $21 \pm 1^\circ \text{C}$ y humedad ambiente de $40 \pm 10\%$. Los instrumentos fueron ubicados en un área relativamente confinada para minimizar los posibles efectos adversos de los movimientos de aire.

Se analizaron diez muestras por cada método, cada día, durante cinco días consecutivos. Los análisis fueron realizados simultáneamente mediante los tres métodos en las muestras de cada lote. Los instrumentos eran usados y estaban bajo operación rutinaria, sin ninguna modificación ni tratamiento especial.

Dos analistas realizaron los ensayos durante cinco días consecutivos, uno de ellos operando el equipo Lg exclusivamente, mientras que el segundo realizó los ensayos de NIBEM y el método del embudo.

Se empleó un único juego de material de vidrio para cada ensayo, durante toda la duración de las pruebas. Este material de vidrio fue lavado cada día al final de los ensayos y se lo dejaba secar al ambiente. No se emplearon limpiadores especiales o detergentes de ningún tipo.

Registro y procesamiento de datos

Los datos fueron ingresados manualmente en una planilla de cálculo Excel™. Las ecuaciones para determinación de valor medio, desviación estándar, coeficiente de variación, incertidumbre de medición, repetibilidad y reproducibilidad fueron también ingresadas manualmente cuando no estaban disponibles como una función integrada en Excel™.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Información obtenida por cada método

El resultado del método ASBC Beer – 22 A (7) es el Valor Sigma, un parámetro expresado en unidades de tiempo, que se obtiene a partir de la medición de cerveza drenada en el embudo a ciertos tiempos específicos. No se puede obtener ninguna otra información por este método.

El método NIBEM reporta el tiempo empleado por la espuma de la muestra en colapsar 30 mm. lineales verticales, luego del colapso inicial de 10 mm. Este método también puede medir el tiempo para el colapso de 10 o 20 mm. de espuma, en lugar de los 30 mm. predeterminados.

El equipo Lg Automatic Foam Tester permite obtener tres valores: el tiempo del primer drenaje, que es el tiempo empleado por el primer cuarto del volumen de cerveza inyectado en reconvertirse en líquido; la vida media, que es el tiempo empleado por la siguiente mitad del volumen de cerveza en convertirse en líquido y también el volumen total de espuma generado por el volumen de cerveza muestreado.

Por ello, la comparación de las metodologías tendrá en cuenta el Valor Sigma determinado por el método ASBC, el tiempo para el colapso de 30 mm. de espuma reportado por NIBEM, y el valor de vida media determinado por el equipo Lg Automatic Foam Tester.

Análisis exploratorio de datos

Los datos se verificaron inicialmente para determinar su consistencia. No se encontraron anomalías.

A continuación se verificó cada serie de mediciones para la presencia de valores aberrantes de acuerdo a la metodología propuesta por el test de Grubb (15). De estos valores, tres mediciones individuales, todas realizadas por el método del Valor Sigma, fueron identificados como posibles aberrantes con una confiabilidad del 95 %. Sin embargo, no se identificó ningún resultado como aberrante con una confiabilidad del 99 %, por lo que no se eliminó ningún valor del conjunto de datos obtenidos originalmente.

Parámetros estadísticos básicos

Dado que las metodologías evaluadas estaban basadas en la medición de diferentes propiedades, sus resultados no pueden ser comparados directamente. En cambio, el coeficiente de variación de cada método puede ser un parámetro válido para la comparación.

Metodología	Muestra	Resultados	Día				
			1	2	3	4	5
Lg Foam Tester	A	Media diaria	114.3	111.1	113.2	111.3	115.6
		Desv Est diario	2.54	1.37	1.87	2.83	2.01
		CV diario, %	2.22	1.23	1.66	2.36	1.74
	B	Media diaria	97.7	97.0	97.3	98.5	101.3
		Desv Est diario	2.00	0.94	1.42	1.43	1.42
		CV diario, %	2.06	0.97	1.46	1.46	1.40
	C	Media diaria	107.8	104.8	100.1	100.7	105.8
		Desv Est diario	1.75	1.23	0.74	1.34	1.48
		CV diario, %	1.62	1.17	0.68	1.23	1.39
ASBC Panel (Sigma Value)	A	Media diaria	125.0	124.7	124.7	123.9	123.9
		Desv Est diario	2.02	1.45	1.29	2.12	2.52
		CV diario, %	1.61	1.16	1.04	1.71	2.03
	B	Media diaria	119.7	111.3	111.2	119.7	111.3
		Desv Est diario	2.24	1.96	2.42	1.32	2.89
		CV diario, %	2.02	1.76	2.18	1.19	2.60
	C	Media diaria	121.8	122.0	121.8	121.4	122.1
		Desv Est diario	1.89	3.19	1.69	1.21	2.12
		CV diario, %	1.55	2.62	1.31	0.99	1.74
NIBEM	A	Media diaria	217.7	216.7	211.8	211.4	219.1
		Desv Est diario	4.70	5.80	5.14	6.82	5.69
		CV diario, %	2.20	2.72	2.43	3.23	2.60
	B	Media diaria	207.8	208.3	207.8	205.8	213.4
		Desv Est diario	3.55	3.80	4.34	4.25	3.72
		CV diario, %	1.71	1.83	2.09	2.07	1.74
	C	Media diaria	211.6	207.7	205.8	205.7	213.8
		Desv Est diario	5.21	5.25	6.61	5.98	5.81
		CV diario, %	2.46	2.53	3.21	2.97	2.72

Tabla 1. Parámetros estadísticos básicos.

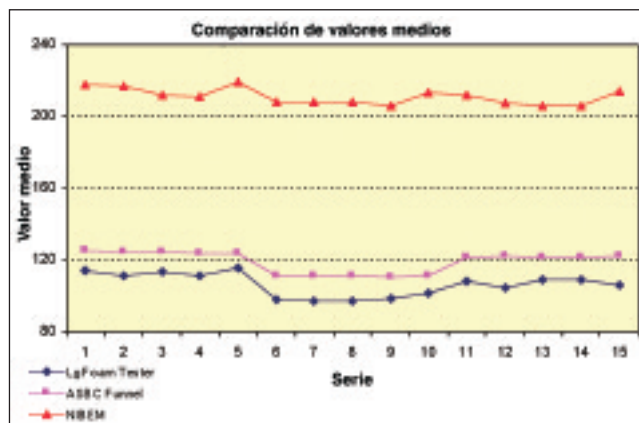


Figura 1. Comparación de valores medios.

En forma general, todas las metodologías se desempeñaron muy bien, con un coeficiente de variación (CV) máximo de 3.23 (NIBEM) y mínimo de 0.68 % (Lg Automatic Foam Tester).

De las 45 series de análisis efectuados, esto es 3 muestras distintas, 3 métodos en 5 días consecutivos, solo 2 reportaron CV mayores de 3.00 % (ambos obtenidos por el método NIBEM), 18 estuvieron en el rango 2.00 – 3.00 %, 22 en el rango 1.00 – 2.00 % y 3 (2 Lg Automatic y 1 ASBC) por debajo de 1.00 %.

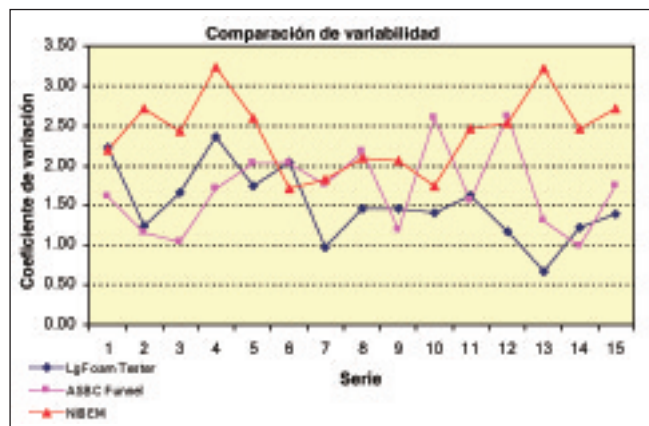


Figura 2. Comparación de variabilidad.

Incertidumbre de medición

La incertidumbre de medición fue determinada solamente como una función de los valores obtenidos, ya que no existe un patrón o material de referencia estándar contra el cual comparar los resultados de los métodos de determinación de espuma.

Para el cálculo de la incertidumbre de medición se empleó el modelo estándar, tal como es descrito por Dieck (17), con un nivel de confianza del 95 %.

El valor máximo relativo de incertidumbre de medición calculado fue del 2.31 para el método NIBEM, 1.87 % para el Valor Sigma de ASBC y 1.47 % para el equipo Lg Automatic Foam Tester.

Repetibilidad y Reproducibilidad

Dado que las pruebas fueron realizadas por solo un laboratorio, no es posible obtener una verdadera medida de la reproducibilidad, sino que se obtuvo un valor de reproducibilidad intermedia según la denominación de la norma ISO 5725-2 (2).

Los valores fueron calculados según los procedimientos de la norma ISO 5725-2 (2), con un nivel de confianza del 95 %. Los resultados están indicados en la tabla 2.

Se observa que los valores de repetibilidad son relativamente bajos, con un máximo de 2.69 % para el método NIBEM, 2.01 % para el método del embudo de ASBC y 1.89 % para el Foam Tester de Lg Automatic.

Los valores de reproducibilidad son algo mayores, también relativamente bajos, aun cuando los valores reportados no son estrictamente los reales, ya que se tomaron los datos de solo un laboratorio, realizando los ensayos durante cinco días consecutivos, en lugar de los múltiples laboratorios requeridos en una determinación formal del valor de reproducibilidad. Por esta razón, dado que solo varió el tiempo (días de los ensayos), pero no los analistas ni los reactivos,

Metodología	Valor	Muestra		
		A	B	C
Lg Foam Tester	Medio general	113.1	96.4	127.2
	Varianza de repetibilidad (95 %)	4.96	2.20	1.92
	Coefficiente de repetibilidad, r_{95}	1.89	1.81	1.39
	Coefficiente de reproducibilidad, R_{95}	2.68	2.37	2.11
ASBC Funnel (Sigma Value)	Medio general	124.4	111.0	121.8
	Varianza de repetibilidad (95 %)	3.73	4.97	4.45
	Coefficiente de repetibilidad, r_{95}	1.55	2.01	1.73
	Coefficiente de reproducibilidad, R_{95}	2.73	4.07	4.45
NIBEM	Medio general	216.3	206.6	206.8
	Varianza de repetibilidad (95 %)	32.95	15.95	31.63
	Coefficiente de repetibilidad, r_{95}	3.68	1.89	3.68
	Coefficiente de reproducibilidad, R_{95}	41.70	22.35	41.58

Tabla 2. Valores de repetibilidad y reproducibilidad.

como es requerido en una determinación formal, los coeficientes de reproducibilidad obtenidos deben ser considerados una aproximación al verdadero valor, el cual ciertamente debería ser mayor que la estimación.

Considerando estas precauciones, el mayor coeficiente de reproducibilidad fue obtenido por el método NIBEM, 3.01 %, luego siguió Lg Automatic con 2.48 % y finalmente ASBC con 2.01 %. De los valores reportados en la Tabla 2 se observa que las condiciones de reproducibilidad no han ejercido influencia sobre el método ASBC, lo cual, de hecho, no es realista.

Sensibilidad de los métodos

Dado que el concepto de límite de detección no puede ser aplicado en este ensayo por no existir materiales de referencia disponibles para la estabilidad de espuma, no es posible definir la sensibilidad de un método o instrumento.

Por lo tanto, se debe emplear un factor de respuesta en su lugar. Este es definido aquí como el cambio en la respuesta (lectura, resultado) de un instrumento o método resultante de un cambio en la muestra, referido a aquella muestra que presenta el valor máximo.

De la tabla 3 se desprende que el método mas sensitivo es el Foam Tester de Lg Automatic, el cual muestra un 13 % de cambio en su respuesta cuando la muestra cambia de A a B, mientras que el método de embudo cambia un 11 % y el equipo NIBEM solo un 3 %.

Sin embargo, se debe remarcar que estos factores de respuesta son validos para los tipos de cerveza empleados en estas pruebas y por lo tanto no se pueden extrapolar estos resultados para obtener una inferencia general del desempeño de los métodos en otras circunstancias.

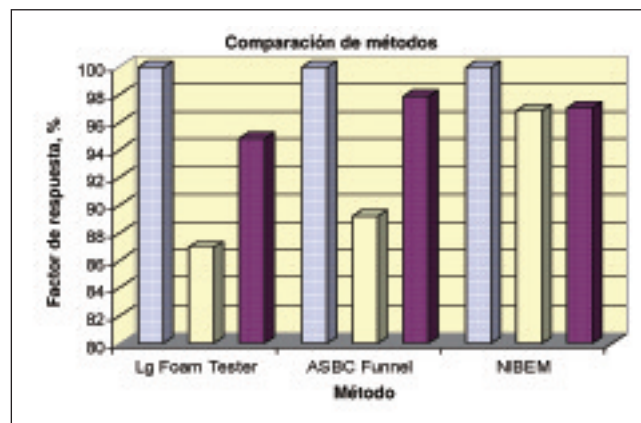


Figura 3. Factores de respuesta.

Metodología	Resultado	Muestra		
		A	B	C
Lg Foam Tester	Medida global	153.1	86.4	157.2
	Factor de respuesta, %	108	87	98
ASBC Foamst (Sigma Value)	Medida global	124.4	111.0	121.8
	Factor de respuesta, %	108	88	98
NIBEM	Medida global	215.3	286.6	258.8
	Factor de respuesta, %	108	97	97

Tabla 3. Factores de respuesta.

Correlación de los métodos

A los fines de determinar si es posible establecer alguna relación válida entre los resultados de los diferentes métodos se realizó un test de correlación de acuerdo a los procedimientos de Pearson (18).

Considerando las series diarias, los coeficientes de correlación fueron en general bajos, con un máximo de 0.733, el cual es considerado estadísticamente significativo, para los ensayos NIBEM – ASBC.

Sin embargo, como se observa en la Tabla 4, ese valor ocurrió en el día 3, pero al día siguiente el coeficiente de correlación para el mismo par de resultados fue de -0.597, lo cual demuestra que no existe una relación definida.

El mismo patrón de comportamiento se detectó en los coeficientes de correlación para los métodos NIBEM – Lg Automatic y Lg Automatic – ASBC.

Por otro lado, analizando todos los valores obtenidos en un único conjunto de datos, se presenta la presunción que existiría una relación estadísticamente significativa, pero esta no se mantiene con las tres muestras A, B y C, sino que cambia de signo de una muestra a otra, como se ve en el caso ASBC – Lg Automatic.

Sin embargo, una relación con signo constante si ocurre para todos los valores de las muestras con las metodologías Lg Automatic – NIBEM, aunque la intensidad de tal correlación no es constante, como se desprende de la variación de sus coeficientes.

	Metodología	Lg Foam Tester			Metodología / Muestra			NIBEM Foam Tester		
		A	B	C	A	B	C	A	B	C
Día 1	Lg	-	-	-	-0.181	0.210	-0.300	0.811	0.119	-0.508
	ASBC	-0.181	0.243	-0.330	-	-	-	-0.126	0.388	0.527
	NIBEM	0.511	-0.119	-0.509	-0.126	-0.388	0.527	-	-	-
Día 2	Lg	-	-	-	0.098	-0.212	-0.380	-0.878	0.831	-0.303
	ASBC	0.040	-0.212	-0.380	-	-	-	-0.878	0.864	0.387
	NIBEM	-0.078	0.091	-0.300	-0.815	0.904	0.307	-	-	-
Día 3	Lg	-	-	-	-0.150	-0.278	0.431	0.882	-0.021	-0.337
	ASBC	-0.183	-0.274	0.431	-	-	-	0.354	0.773	0.210
	NIBEM	0.962	-0.007	-0.357	0.254	0.773	0.210	-	-	-
Día 4	Lg	-	-	-	-0.190	-0.172	-0.279	0.878	0.247	0.026
	ASBC	-0.186	-0.172	-0.279	-	-	-	-0.281	-0.587	0.387
	NIBEM	0.570	0.347	0.523	-0.094	-0.587	0.387	-	-	-
Día 5	Lg	-	-	-	-0.715	0.388	-0.089	0.108	-0.131	-0.343
	ASBC	-0.715	0.388	-0.089	-	-	-	0.313	0.086	-0.118
	NIBEM	0.180	-0.131	-0.342	-0.313	-0.086	-0.118	-	-	-
Global	Lg	-	-	-	-0.289	0.221	-0.014	0.708	0.484	0.030
	ASBC	-0.288	0.221	-0.014	-	-	-	-0.217	0.130	0.144
	NIBEM	0.709	0.484	0.030	-0.217	0.130	0.144	-	-	-

Valor crítico coeficiente de Pearson (P=1%), 95 % CI: 0.802
 Valor crítico coeficiente de Pearson (P=5%), 95 % CI: 0.278

Tabla 4. Coeficientes de correlación para series diarias y totales.

CONCLUSIONES

Se analizaron tres metodologías que están disponibles comercialmente para medición de estabilidad de espuma, bajo condiciones rigurosas y objetivas, a los fines de evaluar el tipo y la calidad de información provista por ellas.

Los principales parámetros estadísticos, que fueron calculados siguiendo normas aceptadas internacionalmente, mostraron que aun cuando todas las metodologías tienen un desempeño aceptable, el equipo Lg Automatic Foam Tester fue el que ofreció el mejor desempeño global, dado que los valores de coeficiente de variación, incertidumbre de medición, repetibilidad y sensibilidad estuvieron entre los mejores de los tres métodos.

Adicionalmente, el equipo Lg Automatic Foam Tester ofrece la ventaja de permitir la medición del volumen de espuma generado por un volumen constante de cerveza, lo cual provee otra información.

Por otro lado, en cuanto al requerimiento de labor para la realización de los análisis, el método ASBC requiere efectuar todas las operaciones en forma manual, mientras que el NIBEM ejecuta la medición automáticamente pero la toma de muestra es manual y el Lg Automatic toma la muestra y efectúa la medición en forma automática.

Se ha demostrado también que no existe una correlación lineal válida entre los distintos métodos, y por lo tanto no se puede establecer una equivalencia directa entre los resultados de las diferentes metodologías. Sin embargo, se debe recalcar que estas conclusiones son solo válidas dentro del alcance limitado de estos ensayos y por lo tanto se debe evitar extenderlas a otras condiciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Cervecería Cuauhtemoc Moctezuma (México) por su autorización para la realización de las pruebas en su laboratorio y a Profamo Inc. por proveer el equipo Lg Automatic para su evaluación.



CURRÍCULUM VITAE

MAXIMILIANO HERNÁN LIBEDINSKY

Max Libedinsky nació en Argentina en 1962. Es Licenciado en Ciencias Físicas (Argentina) y Master en Gestión y Tecnología Ambiental (Inglaterra). Esta vinculado a la industria cervecera desde 1990 y ha ocupado diversas posiciones dentro del área de Calidad en Cervecería Quilmes.

Participó en numerosos congresos de la especialidad y publicó diversos artículos del tema. Actualmente es Gerente Regional para Latino América de Profamo Inc. (USA)

BIBLIOGRAFÍA

Evans, D. Evan and Sheehan, M. C. Don't Be Fobbed Off: The substance of Beer Foam – A Review. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **60(2):** 47-57, 2002.

Hough et al. *Malting and Brewing Science* (2nd Edition), Vol. 2, Chapman & Hall, 1982.

Maeda, K. et al., Foam Stability and Physicochemical Properties of Beer, *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **49(1):** 14-18, 1991.

Bamforth, C. W. Bringing matters to a head: The status of research on beer foam. *Monogr. Eur. Brew. Conv.* **27:10-23**, 1999.

Durian, D. J. and Weitz, D. A. Foams. Kirk – Othmer *Encyclopedia of Chemical Technology* (4th Edition), **Vol. 11:783-805**, 1994.

Anger, H. M. et al. A new process for foam stability measurement, *Brauwelt International*, **2002/III: 146-150**, 2002.

American Society of Brewing Chemists. Methods of Analysis, 8th Edition. Beer-22, Foam Collapse Rate, Parts A and B. The Society, St. Paul, MN, 1992.

Manual de operación del equipo NIBEM (Haffmans, Venlo, Holanda).

Hallgren, L. et al. Experiences with a new Foam Stability Analyzer, System Carlsberg. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **49(2)**:78-86, 1991.

Klopper, W. J. Foam Stability and Foam Cling. Proceedings EBC Congress 1973.

Rudin, A. D. Measurement of the Foam Stability of Beers. *J. Inst. Brew.* **63**:506-509, 1957.

Blom, J. and Prip, P. Woch. *Brau.* **53**:11, 1936.

Ross, S. and Clark, G. L. On the Measurement of Foam Stability with special reference to Beer. *Wallerstein Lab. Commun.* **6**:46-54, 1939.

ISO. International Standard ISO 5725-1: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 1: General principles and definitions. ISO, 1994.

ISO. International Standard ISO 5725-2: Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results. Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method. ISO, 1994.

Klopper, W. J. Measurement of foam stability. *Brew. Dig.* **52(1)**:51-52, 1977.

Dieck, R. H. Measurement Uncertainty (2nd Edition). Instrument Society of America, 1997.

Triola, M. F. Elementary Statistics (7th Edition). Addison Wesley Longman, 1997.

Van Akkeren and Ansens, *Monografía EBC 1999*, **27**:48-59.

*El dinero no da la felicidad,
pero procura una sensación
tan parecida, que necesita
un especialista muy
avanzado para verificar
la diferencia.*

Woody Allen



Soluciones de Software para el Sector Industrial

- ✦ Mantenimiento Preventivo y Correctivo.
- ✦ Control de Almacenes e Inventario.
- ✦ Compras.
- ✦ Gestión Documental de Calidad y Seguridad.
- ✦ Gestión de Producción.
- ✦ Gestión de Proyectos.
- ✦ ERP: Gestión Integral de Empresas.
- ✦ Integración con otros Sistemas.

aeromarine ✦

División de Software
Tel: 91 345 68 28
comercialsoft@aeromarine.es
www.aeromarine.es