



Application Note AN-PAN-1036

Determinación en línea de la alcalinidad y la dureza en el proceso y el agua de reposición para la producción de cerveza

La cerveza es una bebida muy popular que ha conseguido entrar en los hábitos de consumo de millones de personas, a pesar de sus humildes comienzos como técnica de purificación del agua en tiempos premodernos. La elaboración de la cerveza requiere grandes cantidades de agua con una calidad que debe ajustarse a estrictos parámetros de alcalinidad, dureza y pH para garantizar la

uniformidad del sabor y el aspecto de cada lote. La alcalinidad es aportada por los carbonatos e hidróxidos del agua, que elevan y amortiguan el pH. La dureza, equilibrada en gran medida por la alcalinidad, proviene de los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), presentes principalmente como hidrogenocarbonatos.

Dependiendo de los rangos de concentración, el 2035

Process Analyzer o el 2060 Process Analyzer de Metrohm Process Analytics son ideales para el análisis totalmente automático de estos importantes parámetros de calidad en el agua de proceso y de reposición, así como parámetros adicionales como el

pH o la conductividad. Los analizadores pueden indicar al sistema de control de distribución (DCS) de la cervecería que corrija la química del agua, asegurando una calidad constante del producto.

INTRODUCTION

La cerveza es una bebida alcohólica consumida en la mayoría de los países del mundo, elaborada a partir de granos malteados fermentados, con un amplio rango de graduación alcohólica de 0 a 12%. Sus orígenes no están claros, pero se ha relacionado con civilizaciones antiguas, con recetas inscritas hace miles de años en tablas de piedra. Antes de que se aplicaran las prácticas higiénicas actuales, las bebidas alcohólicas se desarrollaron como una técnica de purificación del agua, ya que era probable que beber agua de fuentes naturales enfermara debido a la contaminación y las enfermedades.

El proceso de elaboración de la cerveza es intensivo y se puede categorizar en los siguientes pasos: malteado, molienda/molienda, maceración, filtración (separación y enjuague de los granos de la porción líquida conocida como «mosto»), hervido del mosto,

fermentación, acondicionamiento, filtración , y finalmente llenando botellas o barriles. Cada paso debe ser debidamente controlado en el proceso para garantizar la uniformidad del producto final, lo cual es importante para facilitar la lealtad a la marca. La elaboración de cerveza genera una enorme huella hídrica, que requiere hasta 300 L de agua para crear 1 L de cerveza, aunque entre el 94 y el 98 % de esa agua se designa para fines agrícolas incluso antes de que comience el proceso de elaboración. Cada vez más cervecerías están tomando medidas para volverse más sostenibles con respecto al uso del agua, lo que significa optimización de procesos y prácticas más eficientes. Con este fin, se deben determinar los parámetros clave de calidad del agua utilizada en la elaboración de cerveza, como la alcalinidad, la dureza y el valor de pH.

The Brewing Process

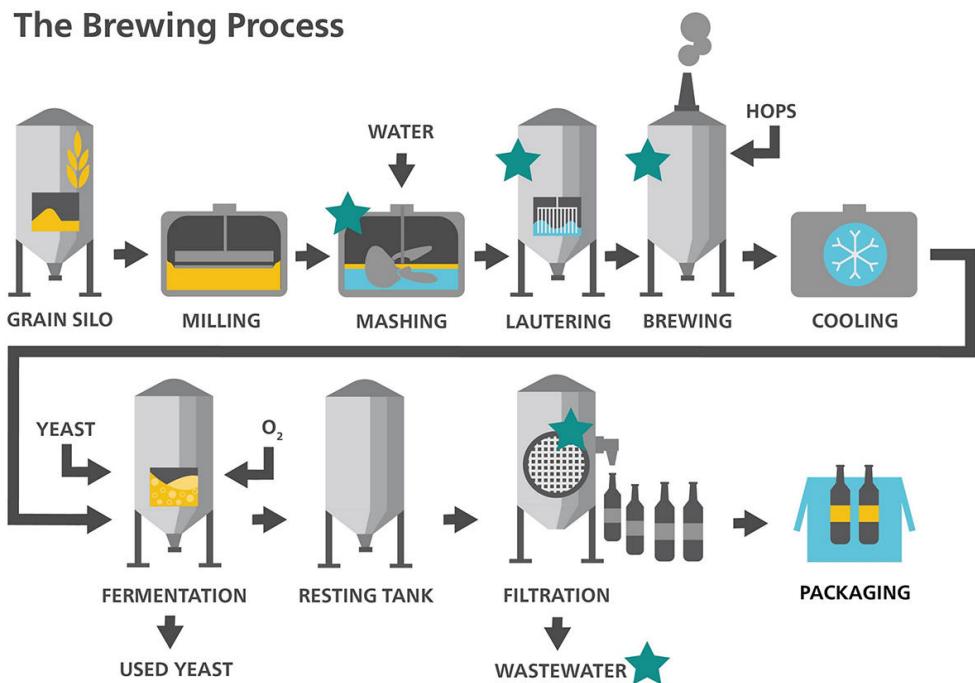


Figure 1. Monitoreo en línea de la dureza durante el proceso de elaboración de la cerveza (indicado por estrellas verdes).

INTRODUCTION

La alcalinidad en el agua se debe a la presencia de compuestos como carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos que elevan el pH del agua y la protegen contra cambios adicionales de pH. Los componentes de la dureza del agua suelen ser iones de calcio y

magnesio (Ca^{2+} y Mg^{2+}). Están presentes principalmente como hidrogenocarbonatos y sulfatos o, en casos raros, como cloruros. La dureza se equilibra en gran medida con la alcalinidad.

La temperatura y la composición del agua utilizada en el **fases iniciales** del proceso de elaboración de la cerveza es especialmente importante para la extracción óptima de los almidones de los granos molidos. Los cambios de temperatura durante la maceración pueden afectar negativamente la fermentabilidad de los azúcares debido al estrecho rango de temperatura de trabajo (55–72 °C) para los procesos de conversión enzimática del almidón. El pH del agua no sólo es importante para la maceración, sino también en la **proceso de filtración**, donde se necesita un poco de agua de reposición para rociar (enjuagar el azúcar de los granos gastados). Si el pH del puré o del agua de rociado supera los 5,7, la cerveza resultante tendrá una sensación astringente en la boca debido a la extracción excesiva de taninos de las cáscaras del grano. Después del lavado viene el proceso de ebullición en el que se anaden lúpulos al mosto (el líquido azucarado precursor de la cerveza) y, de nuevo, si el pH está por encima de 5,7, se pueden introducir taninos en exceso. Las Pale Ale están especialmente influenciadas por cualquier cambio de pH. Las pale ales no contienen maltas tostadas que naturalmente acidifican el puré, por lo que el proceso debe monitorearse más de cerca para determinar el pH, la dureza y la alcalinidad adecuados.

Para extraer los compuestos adecuados, mantener el pH dentro de las especificaciones y preparar los mismos sabores en múltiples lotes, tanto la alcalinidad como la dureza del proceso y el agua de reposición deben controlarse y mantenerse en los niveles adecuados. Los analizadores de procesos Metrohm Process Analytics 2060 y 2035 (**Figuras 2 y 3**) son ideales para la ejecución totalmente automática de estos importantes análisis, así como parámetros adicionales como el pH o la conductividad. El analizador de procesos puede enviar una alarma al sistema de control de la planta si los niveles de alcalinidad o dureza no son óptimos, indicando al control de distribución que corrija la química del agua, asegurando una calidad constante del producto.



Figure 2. Analizador de procesos 2060.

APPLICATION

Estos son métodos volumétricos para el análisis en línea de la alcalinidad y la dureza en el agua de proceso y de reposición para cervecerías.

La alcalinidad se determina en una titulación ácido/base con ácido clorhídrico (HCl) y una solución estándar utilizando un electrodo de vidrio de pH combinado. Los resultados se calculan en función del primer punto de inflexión. La alcalinidad se expresa en mg/L de carbonato de calcio (CaCO_3). Al medir tanto la alcalinidad libre como la total, los valores se obtienen a partir del primer y segundo punto de inflexión.

Para determinaciones de dureza, Ca^{2+} y magnesio $^{2+}$ forman complejos estables con EDTA a pH 10. En esta aplicación, Ca^{2+} y magnesio $^{2+}$ puede determinarse mediante valoración potenciométrica utilizando un electrodo selectivo de iones (Cu-ISE). Los resultados se expresan en mg/L Ca^{2+} . También están disponibles otros métodos para determinar el Mg total y $^{2+}$ dureza.

Además, los sensores de pH en línea se pueden conectar al analizador de procesos 2060 para garantizar un sistema completamente integrado, lo que lleva a un mejor control del proceso.



Figure 3. Analizador de procesos 2035.

Tabla 1. Parámetros de medición de cervecería para agua

Parámetros	Rango [mg/L]
Alcalinidad (CaCO_3)	0–110
Dureza (como Ca^{2+}) [*]	8–200

CONCLUSION

La alcalinidad, el valor de pH y la dureza juegan un papel crucial durante el proceso de elaboración de la cerveza. Los valores fuera de especificación perjudican la extracción de almidones y pueden afectar negativamente el sabor de la cerveza. Por lo tanto, se requiere una estrecha supervisión del agua de

proceso y de reposición, lo que es posible gracias a la implementación de un analizador de procesos 2060 o 2035 de Metrohm Process Analytics en la cervecería para optimizar la química del agua durante todo el día.

RELATED APPLICATION NOTES

[AN-PAN-1029: Ácido peracético \(PES\) como desinfectante para botellas PET](#)

[AN-PAN-1031: Peróxido de hidrógeno como agente desparasitante en granjas salmoneras](#)

[AN-PAN-1049: Determinación en línea de bromato y otros subproductos de desinfección en bebidas y agua embotellada con IC](#)

BENEFITS FOR TITRATION IN PROCESS

- Mejora de la calidad del producto y la eficiencia de fabricación
- Garantice el cumplimiento normativo para agua de proceso y de reposición

- Detectar alteraciones del proceso mediante análisis automatizado



CONTACT

Metrohm México
Calle. Xicoténcatl #181, Col.
Del Carmen, Alcaldía
Coyoacán.
04100. Ciudad de México
México

info@metrohm.mx

CONFIGURATION



2060 Process Analyzer

El 2060 Process Analyzer es un instrumento de análisis de química húmeda online que sirve para innumerables aplicaciones. Este instrumento de análisis de procesos ofrece un nuevo concepto de modularidad que consiste en una plataforma central, denominada "armario básico".

El armario básico consta de dos secciones. La sección superior contiene una pantalla táctil y un ordenador industrial. La sección inferior contiene la parte húmeda flexible donde se aloja el hardware para el análisis propiamente dicho. Si la capacidad básica de la parte húmeda no es suficiente para resolver un desafío analítico, entonces el armario básico puede ampliarse a hasta cuatro armarios más de parte húmeda para asegurar el espacio suficiente para resolver incluso las aplicaciones más difíciles. Los armarios adicionales pueden configurarse de tal manera que cada armario de parte húmeda puede combinarse con un armario de reactivos con detección de nivel integrada (sin contacto) para aumentar el tiempo de funcionamiento del instrumento de análisis.

El 2060 Process Analyzer ofrece diferentes técnicas de química húmeda: titulación, titulación Karl Fischer, fotometría, medida directa y métodos de adición de patrón.

Para cumplir con todos los requisitos del proyecto (o para satisfacer todas sus necesidades) se pueden proporcionar sistemas de preacondicionamiento de muestras para garantizar una solución analítica robusta. Suministramos prácticamente cualquier sistema de preacondicionamiento de muestras, como sistemas de refrigeración o calentamiento, reducción de presión y desgasificación, filtración, etc.



2035 Process Analyzer: potenciométrico

El 2035 Process Analyzer para titulación potenciométrica y medidas ion-selectivas realiza análisis con electrodos y reactivos de titulación especializados. Además, esta versión del 2035 Process Analyzer también está indicada para el análisis ion-selectivo mediante los electrodos de alto rendimiento de Metrohm. Esta precisa técnica de adición de patrón es ideal para matrices de muestra más difíciles.

La versión potenciométrica del instrumento de análisis ofrece los resultados más precisos de todas las técnicas de medida disponibles en el mercado. Con mucho más de 1000 aplicaciones ya disponibles, la titulación también es uno de los métodos de análisis más usados en casi cualquier sector para cientos de componentes que van desde el análisis ácido/base a concentraciones de metales en banos galvánicos.

La titulación es uno de los métodos químicos absolutos más usados hoy en día. La técnica es sencilla y no se necesita calibración.

Algunas opciones de titulación disponibles para esta configuración:

- Titulación potenciométrica
- Titulación colorimétrica con tecnología de fibra óptica
- Determinación de humedad basada en el método de titulación Karl Fischer