



La filtración de mosto en cervecerías con cuba filtro, filtro prensa y sistema continuo de filtración

1st Agosto 2024

Contents

| | |
|--|----|
| Introducción | XX |
| Conceptos básicos de el proceso de filtración de mosto | XX |
| La cuba filtro | XX |
| El filtro prensa | XX |
| Los filtros prensa de membrana..... | XX |
| El sistema de filtración continuo del macerado..... | XX |
| Comparación tecnológica del sistema de filtración..... | XX |
| Referencias | XX |
| Literature | XX |
| Autor: Tobias Becher | XX |
| Acerca de Ziemann Holvrieka..... | XX |

Introducción

El proceso de filtración comprende la separación sólido - líquido del mosto y del afrecho como también la determinación del rendimiento del extracto. Actualmente, se encuentran disponibles para la industria cervecera internacional diferentes tipos de sistemas de filtración: cuba filtro, filtro prensa y un sistema de separación continua.

En términos de tecnología de proceso, la cuba filtro y el filtro prensa se caracterizan por poseer filtración estática, es decir, una combinación entre filtración de torta y filtración de lecho profundo seguida por una extracción. En la cuba filtro, por su parte, predomina el uso de la filtración de lecho profundo. El sistema continuo utiliza una filtración dinámica para la separación entre la fase sólida y la fase líquida y permite una subsecuente extracción. Los sistemas de separación están avanzados técnicamente y desarrollados especialmente para la elaboración de cerveza.

El siguiente informe técnico proporciona una descripción general del „status quo“ de la tecnología de filtración de mosto en términos de diseño y rendimiento, así como su influencia en la producción de cerveza.

Las preguntas principales en términos de selección y uso de los tres procedimientos de filtración se responden de manera integral y, sobre todo, de manera práctica.



Conceptos básicos del proceso de filtración de mosto

En la sala de cocción de una cervecía, las enzimas de la malta transforman el almidón en azúcar fermentable. Esto da como resultado una suspensión de líquidos que contienen azúcar y sólidos no disueltos. Los sólidos, llamados afrecho o bagazo, se separan del mosto para continuar el proceso de producción de cerveza. El mosto clarificado se mezcla luego con lúpulo y se cocina. El tecnólogo cervecero o maestro cervecero denomina a esta separación sólido / líquido entre el mosto y el afrecho, filtración de mosto. Esto se lleva a cabo en dos fases: la primera fase es la sustracción del mosto en un proceso de filtración. A esto le sigue el lavado con agua caliente de los azúcares del mosto reminiscentes en el afrecho.

El objetivo de la filtración es lograr con la menor cantidad de agua de riego el mayor y más rápido rendimiento posible de la materia prima. Aunado a esto, en los últimos años, el parámetro "turbidez del mosto" se ha vuelto cada vez más importante en la evaluación de la calidad de la filtración y como requerimiento el mosto obtenido debía ser claro. Sin embargo, Philipp Hei (1812-1860) escribió hace más de 150 años en su libro de texto [1]:

"La filtración del mosto debe suceder lo más rápido posible. Por lo tanto, es una visión muy errónea, si se cree que todo el cocimiento debe ser claro." Numerosos trabajos científicos recientes confirman este conocimiento empírico de elaboración de cerveza de hace muchas generaciones: se observa una mejora en el estado de la levadura y una aceleración de la fermentación con mostos turbios en comparación con mostos claros [2, 3, 4].

El aumento de la turbidez en el mosto se asocia con el aumento del contenido de ácidos grasos de cadena larga. Además de los lípidos, el zinc también es un factor importante en la mejora de la fermentación [4]. En un futuro, puede ser que también sea más importante que el mosto sea nutritivo para la levadura, y no sólo claro.

La cuba filtro

En una cuba filtro se tiene un falso fondo perforado encima del fondo real del recipiente (Fig. 1). En este llamado falso fondo, se asientan los componentes sólidos y no disueltos del macerado. La torta de afrecho resultante sirve como capa filtrante para la clarificación del mosto. Por esta razón, se utilizan los molinos de rodillos cuando se trabaja con cuba filtro, ya que éstos permiten mantener en gran medida las cáscaras del grano necesarias para la formación de la capa filtrante natural durante la filtración.

La eficiencia de la filtración con la cuba filtro ha aumentado enormemente en las últimas décadas. Esto se demuestra tanto en la calidad del mosto como en los rendimientos y los tiempos de ocupación. Las cubas filtro modernas alcanzan valores máximos de tiempo de ocupación por debajo de 102 min (Fig. 2). En general, la carga de malta específica sobre el falso fondo es determinante para su diseño y operación. Por ello, el área del filtro se calcula en relación con la cantidad de la carga de malta. Dependiendo del tipo de molienda y el acondicionamiento previo de los granos por infusión, se obtienen diferentes velocidades de filtración para la misma carga específica del falso fondo. Esto define la eficiencia de una cuba filtro.

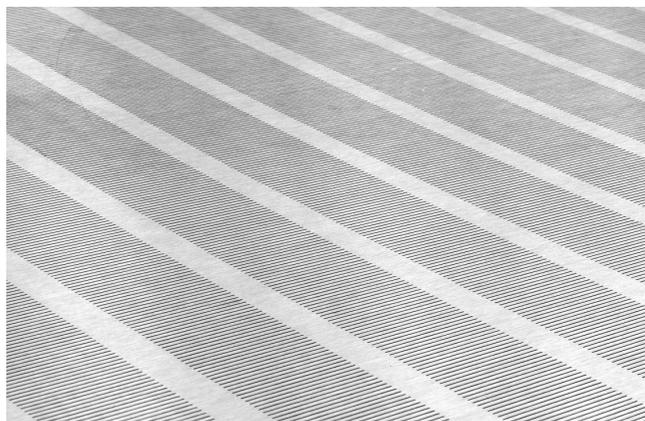


Fig. 1: Este segundo falso fondo perforado se encuentra sobre el fondo real de la cuba filtro.

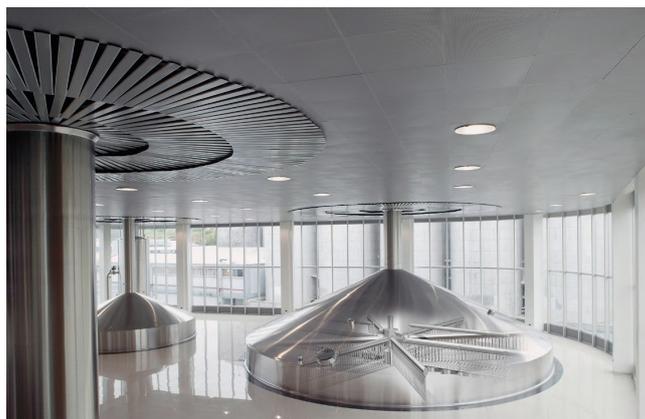


Fig. 2: Las cubas filtro pueden hoy en día alcanzar valores máximos de hasta 14 cocimientos por día.

La tecnología moderna de control en conjunto con la optimización de la máquina de rastrillo son algunas de las mejoras en las cubas filtro modernas. Gran parte del avance se atribuye al diseño óptimo en términos de mecánica de fluidos de la tubería de recolección de mosto en forma de tulipanes, al aumento de la distancia a 25 mm entre el fondo de la cuba y fondo falso como también al aumento en el número específico de puntos de recolección (1.0 hasta 1.4 puntos/m²). Sin embargo, estas mejoras en el diseño aumentan a su vez los costes de material, fabricación y limpieza. Además, el volumen del sello de agua que se tiene antes de que el macerado entre a la cuba filtro, en particular del sistema de tuberías, aumenta. Esta cantidad de agua ya no está disponible como agua de riego dados los bajos valores actuales de evaporación del mosto en ebullición. Por consiguiente, el resultado es un rendimiento más bajo, especialmente para mostos con un alto contenido de extracto que se pueden encontrar en "cerveza de alta gravedad" o en cervezas especiales fuertes.

Con la configuración óptima de los "tulipanes" y la distancia actual entre el lecho filtrante y el fondo de la cuba (Fig. 3), los análisis dinámicos de fluido computacional modernos (CFD, por sus siglas en inglés), el trabajo científico y las observaciones empíricas demuestran claramente que el afrecho se encuentra desacoplado y libre de una presión de succión. En consecuencia, se necesitan menos puntos de recolección ya que éstos están organizados para prevenir un lecho filtrante demasiado denso el cual se forma por el efecto de succión [5].

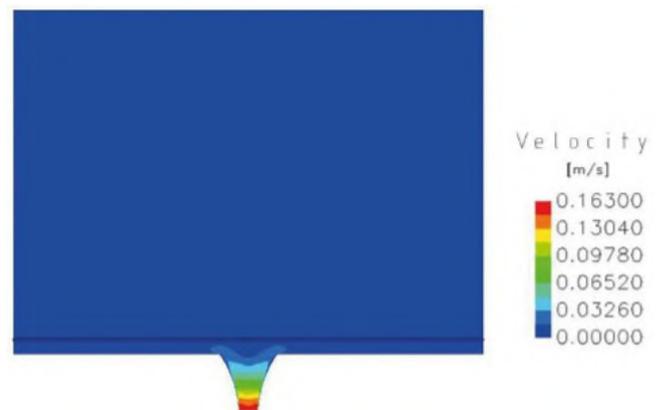


Fig. 3: El diseño óptimo de los tulipanes y una distancia óptima del falso fondo, el lecho filtrante está desacoplado del efecto parcial de succión.

Específicamente, se puede aumentar el área de recolección a 2,5 m² debido a la optimización de los puntos de recolección y del diseño de los tulipanes, sin tener que comprometer la velocidad de filtración, el rendimiento o la calidad del mosto (Fig. 4).



Fig. 4: Debido al desacoplamiento, el área de recolección se aumenta hasta 2,5 m² con la actual distancia del falso fondo y el diseño optimizado del tulipán de recolección, sin tener que comprometer la velocidad de filtración, el rendimiento o la calidad del mosto.

El filtro prensa

Con el filtro prensa, todo el afrecho está distribuido en varias tortas verticales con un espesor de capa de 3 a 5 cm y distribuido respectivamente en superficies correspondientes al área del marco del filtro (Fig. 5). El principio de filtración es, por lo tanto, fundamentalmente diferente al de la cuba filtro, en el que todo el afrecho se forma en un único lecho filtrante horizontal con un espesor de 20 a 60 cm. En su diseño, los filtros prensa actuales se diferencian en dos tipos: filtro prensa de membrana y filtro prensa de cámara.



Fig. 5: En el filtro prensa, el afrecho total se divide en muchas tortas perpendiculares.

El filtro prensa de cámara

Los marcos de los filtros de cámara de capa delgada (inglés „Thin-layer Chamber Mash Filter“) están delimitados en ambos lados por telas de filtro, a través de las cuales el mosto puede fluir mientras el afrecho permanece en el marco (Figura 6). En la actualidad, se utilizan por lo general telas de filtro hechas de un tejido de polipropileno (PP). Debido al tejido fino de las telas del filtro, se puede utilizar una molienda fina para el macerado y, por otro lado, la formación de la capa de filtro se puede reducir extremadamente, ya que las partículas más grandes se retienen de manera confiable. Esto da como resultado, en particular, un rendimiento muy alto, una alta velocidad de filtración y un buen efecto de clarificación.

Los filtros de cámara delgada se suministran a mediana o a gran escala de 3 a 24 toneladas de carga de malta equivalente. La carga de malta equivalente representa una referencia para el diseño de la carga del filtro en forma de un volumen específico de afrecho. Los formatos de placa suelen estar entre 1.500 mm x 2.000 mm hasta 2.400 mm x 2.400 mm (Fig. 7). Este último tiene una carga de 169 kg de malta equivalente por cámara.

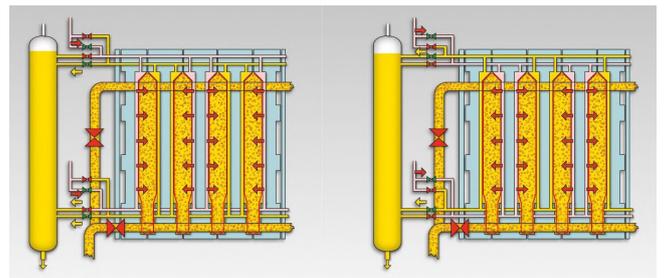


Fig. 6: En un filtro de cámara de capa delgada, las cámaras están delimitadas por placas rígidas.

Las características de los filtros de cámara son, según su construcción y funcionamiento, más simples en comparación con los filtros prensa de membrana.

Son ventajosos de usar en la práctica si se puede usar un agua de riego específica de más de 3,2 l / kg [6].

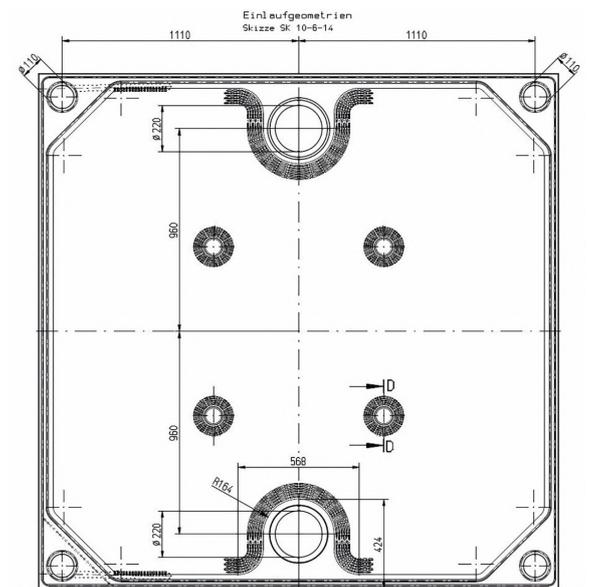


Fig. 7: Los formatos de placa suelen ser de entre 1.500 mm x 2.000 mm hasta 2.400 mm x 2.400 mm.

Los filtros prensa de membrana

Los filtros prensa de membrana, por ejemplo, funcionan con el llamado “paquete mixto” de placas. En esta construcción, la placa de membrana y la placa de cámara se alternan entre sí (Fig. 8). Los formatos de las placas rectangulares o cuadradas son comparables a los del filtro de cámara.

Las membranas presurizan el afrecho con un medio presurizado y el mosto puede salir de la torta de afrecho en ambas direcciones (Fig. 9). Durante el riego se puede presurizar la torta varias veces. El prensado final deshumidifica luego la torta de afrecho hasta un porcentaje humedad de < 70%. Esto asegura una descarga segura y rápida de la torta en el proceso final de descarga del afrecho. Como medio de presión se utiliza agua, debido a las condiciones de seguridad operativa y de la placa, lo que también permite una distribución uniforme hidrostática de la masa durante el llenado de las cámaras.

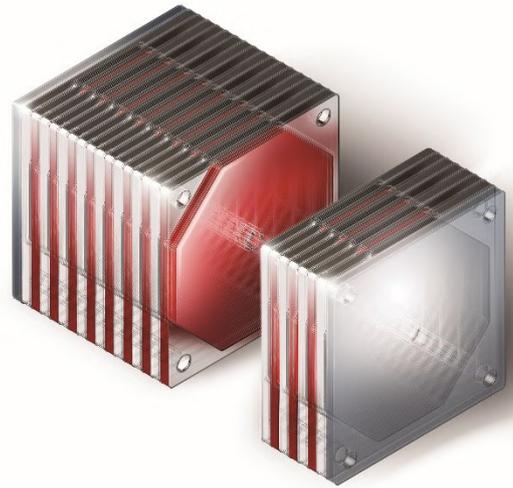


Fig. 8: Las membranas del filtro prensa funcionan con un paquete de placas denominado “paquete mixto”, en donde la placa de membrana y la placa de cámara se alternan entre sí.

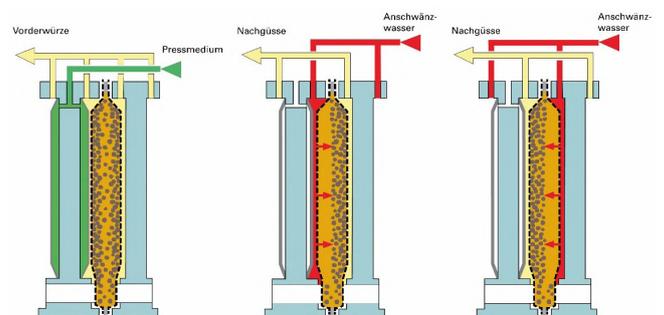


Fig. 9: Las membranas se mueven con un medio de presión, y el mosto se lava en dirección opuesta a la torta de afrecho y se presiona.

La construcción de las placas y el procedimiento asociado en el filtro prensa de membrana son más complejos en comparación con el filtro prensa de cámara. Sin embargo, debido al proceso de prensado activo, los filtros de membrana pueden utilizar cantidades muy pequeñas de agua de riego, lo que significa que aún cuando se usa una cantidad significativamente menor de agua de lavado, se obtienen altos rendimientos de extracto. Al utilizar filtros de membrana es importante que el material de la membrana resista una alta tensión mecánica. En la práctica se ha demostrado la eficacia del elastómero termoplástico (TPE) a base de polipropileno (Fig. 10). La vida útil de estas membranas es mucho mayor que en soluciones anteriores [7].

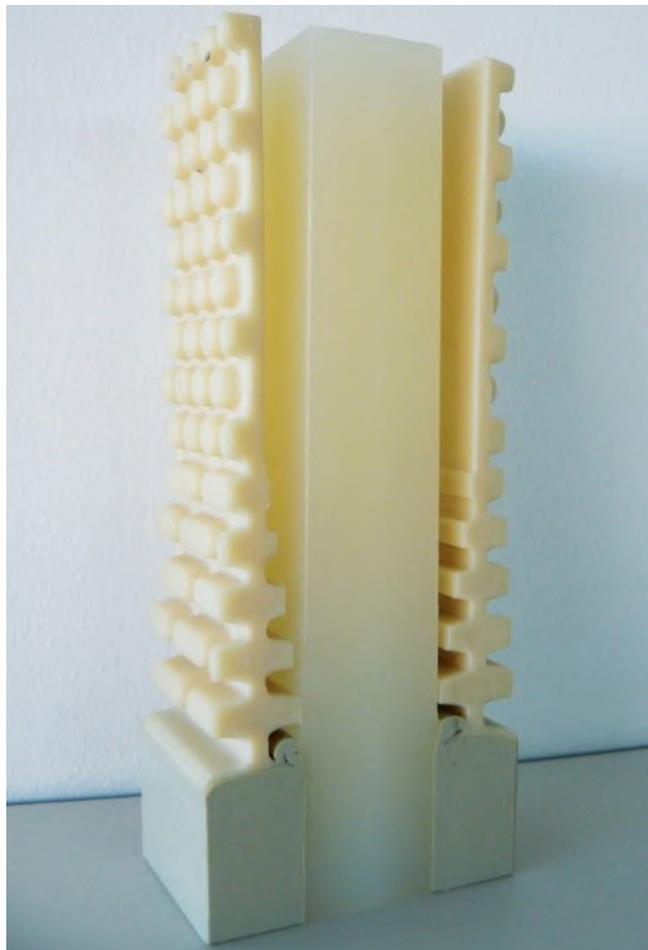


Fig. 10: En el caso del filtro de membrana, un elastómero termoplástico (TPE) a base de polipropileno se ha demostrado seguro en la práctica.

| Parámetro | Filtro de cámara | Filtro de membrana |
|---------------------------|------------------|--|
| Cantidad de agua de riego | >3,2 l/kg | <2,8 l/kg |
| Diseño | simple | diferentes tipos de placas y prensas de membrana |
| Calidad de la molienda | muy fina | Extremadamente fina |
| Humedad del Afrecho | < 76 % | < 70 % |
| Paquete de placas | placas de cámara | Placas de cámara y de membranas |

Tabla 1: Filtros de cámara y membrana: los hechos más importantes y los valores de referencia [7, 6]

En cuanto a la variabilidad de la carga, en comparación con la cuba filtro o el sistema continuo, el filtro prensa tiene un punto débil, la carga sólo se puede variar dentro de un rango muy estrecho de aproximadamente + 4 % a - 4 %, ya que todas las cámaras del filtro deben llenarse de la manera más homogénea posible. Sin embargo, con un set de separación (Fig. 11) se puede aumentar la flexibilidad, ya que éste se puede ubicar libremente a lo largo del filtro dependiendo de la carga de malta equivalente. El set de separación ahorra también el uso de personal porque no es necesario instalar o retirar manualmente ningún elemento de filtro.

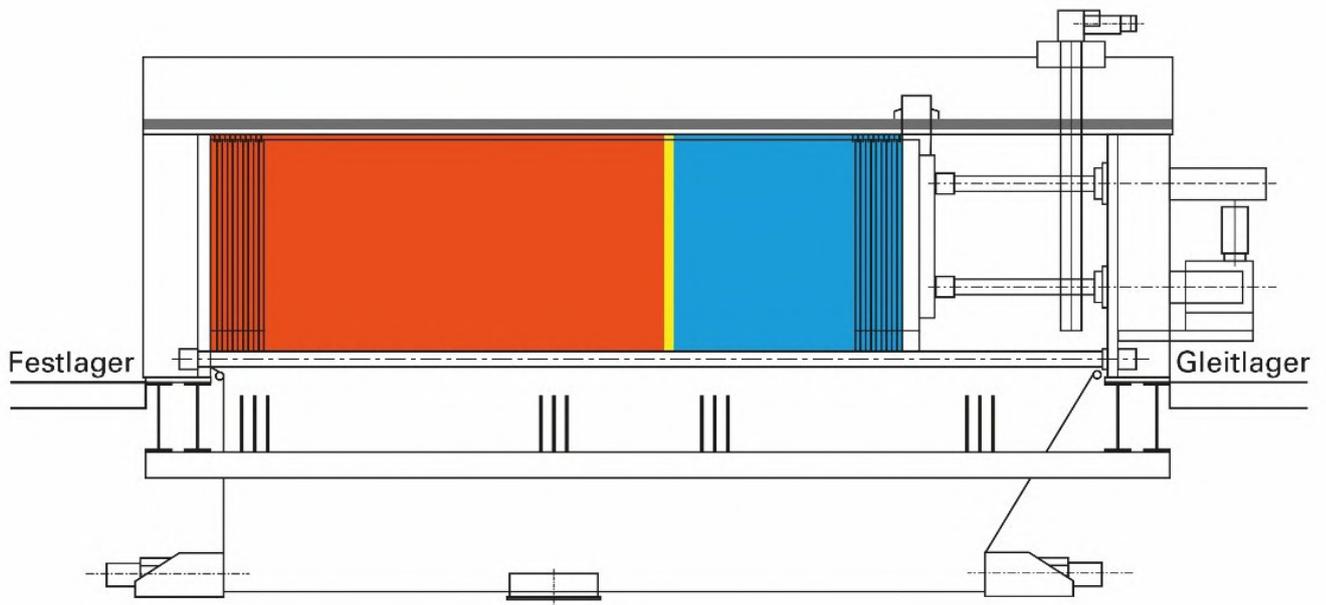


Fig. 11: Con un set de separación, el filtro prensa puede procesar diferentes cargas sin tener que instalar o retirar o eliminar manualmente elementos en el filtro.

El sistema de filtración continuo del macerado

En el sistema de filtración continuo del macerado, éste se alimenta continuamente pasando a través de un total de cuatro etapas de separación y tres etapas de extracción. Por lo tanto, el tiempo real de filtración corresponde al tiempo de bombeo del macerado. El sistema consta de cuatro módulos en cascada conectados por transiciones (Figura 12).

The membranes are moved with a pressing medium and the wort is pressed out of the spent grains cake from both sides (figure 9). A multiple, repeated and intermediate pressing is possible during sparging. The final pressing dehumidifies the spent grains cake to a water content of less than 70 %. This provides a complete and easy discharge of the spent grains during the spent grains' removal. For operational and plant-safety reasons, water is used as pressing medium. In addition, water allows a hydrostatic uniform distribution of the mash during the filling of the chambers.



Fig. 12: El sistema consta de cuatro módulos en cascada conectados entre sí por transiciones.

Cada módulo contiene dos filtros de tamiz o cedazo que giran en la dirección del flujo para asegurar la separación entre el líquido (mosto) y los sólidos (afrecho) (Fig. 12 y Fig. 13a). Las superficies del filtro, con un diámetro de un metro, están hechas de acero inoxidable sintetizado y tienen un tamaño de poro de 70 μm (Fig. 14) [8].



Fig. 13a: Sección a través de un módulo con dos filtros de tamiz giratorios, para la separación entre el líquido (mosto) y los sólidos (afrecho).



Fig. 13b: Un vertedero incorporado también crea turbulencia, lo que resulta en una mejora la mezcla del afrecho y por lo tanto resulta en una extracción efectiva del extracto

En las transiciones se produce el riego, el cual, acorde a cada receta, se realiza con agua cervecera o con mosto débil, y puede realizarse por ejemplo en el Modulo 3. En las transiciones, los vertederos construidos generan turbulencia, lo que produce una mejor mezcla del afrecho y, por lo tanto, a una extracción efectiva de éste (Fig. 13b). El afrecho se descarga continuamente después del cuarto módulo. La humedad residual es $< 78 \%$ y se encuentra entre los valores del filtro prensa ($< 76 \%$) y cuba filtro (80 – 82 %).

Por primera vez, un sistema de filtración produce simultáneamente cuatro flujos de mosto continuo con diferentes propiedades, por ejemplo: pH y mosto original. Dependiendo del programa de maceración, cantidad y concentración del medio de riego, disminuirá la cantidad de extracto original de la maceración inicial ($> 30^\circ\text{P}$ es posible) a un nivel debajo de 2°P en el mosto que sale del último módulo. A medida que la concentración disminuye, el pH aumenta según la calidad del agua. Los mostos producidos por este sistema son turbios (aproximadamente 8 g/l de materia seca en el mosto frío), lo que genera un efecto positivo en la vitalidad de la levadura durante la fermentación, debido al aumento del contenido de zinc y ácidos grasos.

El tiempo total de la sala de cocimiento se verá reducido en un 30 % debido al proceso continuo de filtración, en comparación con la cuba filtro. Esto da como resultado una menor carga térmica y tiempos de contacto cortos del afrecho con el ambiente atmosférico y con el medio de riego. La lixiviación de sustancias no nobles; como los taninos, del afrecho, se evita. Se pueden procesar sin problema diferentes materias primas, así como diferentes grados de la molienda. Debido a la filtración continua, los tamaños de los lotes pueden variar en gran cantidad, así como en diferente contenido del mosto original el cual se puede ajustar fácilmente.

Además de un área de base rectangular pequeña, se ahorra carga en el diseño de la estructura, ya que sólo una parte del macerado se encuentra simultáneamente en la unidad de filtración. Esto da lugar a un diseño particularmente compacto.

El sistema se puede utilizar tanto en un concepto de sala de cocción continua como en un proceso por lotes.



Fig. 14: Las superficies del filtro, con un diámetro de un metro, están hechas de acero inoxidable sintetizado y tienen un tamaño de poro de $70 \mu\text{m}$.

Comparación tecnológica del sistema de filtración

La Tabla 2 muestra la comparación directa de los sistemas de filtración de mosto e ilustra las ventajas y desventajas de cada sistema. Se puede apreciar, por ejemplo, la mayor flexibilidad en cuanto al uso de adjuntos (arroz, maíz) cuando se utiliza el filtro continuo o el filtro prensa. Estos adjuntos se pueden por ejemplo procesar de manera confiable en la cuba filtro, pero solo hasta un cierto porcentaje, ya que de lo contrario faltan las cáscaras necesarias para la filtración. Los filtros prensa, con su fina capa en cada plato, y el sistema continuo, con la filtración dinámica, son muy estables con mostos altamente viscosos. Estos mostos se originan cuando se procesan cereales como el centeno, el cual tiene un alto contenido de gomas.

Por otro lado, la adaptabilidad de la cuba filtro y el sistema continuo es mejor cuando se tienen diferentes cargas. Otras ventajas de la cuba filtro son su gran robustez y, especialmente en salas de cocimiento < 300 hl, la inversión y los costos operativos, son significativamente más bajos. Sin embargo, el filtro prensa y el sistema continuo son mucho más compactos que la cuba filtro.

| Parámetros | Filtro Prensa | Cuba Filtro | Sistema de filtración de mosto continuo |
|--|--|---|---|
| Tiempo total de ocupación del sistema de filtración | ≥ 90 min | > 102 min | < 45 min |
| Requerimiento de espacio (con igual cantidad de volumen de mosto caliente) | bajo, debido al área rectangular | alto, debido al área circular | muy bajo, debido al área rectangular y la operación continua |
| Flexibilidad, en cuanto a diferencias en las cargas | baja: ± 10%, se puede aumentar con set de separación | alta: +15% / -50% | Muy alta: teóricamente sin límites, pero en la práctica: ±50% |
| Proporción de Adjuntos | ≤ 100%, por ejemplo arroz | ≤ 40% | ≤100% por ejemplo maiz |
| Posible variabilidad del proceso de filtración. | muy poca | se puede variar el flujo de mosto filtrado, y la altura y velocidad de la máquina de corte. | se puede variar el flujo de mosto y la cantidad y tipo de medio de riego (agua o mosto débil) |
| Rendimiento - depende del sistema de molienda | muy alto | alto | independiente del sistema de molienda |
| Máxima concentración del primer mosto | ~ 25 °P | ~ 21 °P | ~ 32 °P |
| Gastos de personal y mantenimiento | altos: muchas partes móviles | bajos | bajos |
| Demanda de agentes de limpieza | elevada, el filtro se debe llenar completamente | baja | baja |
| Piezas de desgaste | telas de filtros, membranas de presión | ninguna | sellos del rotor |

Tabla 2: Filtro prensa, cuba filtro y sistema de filtración continuo: los datos y valores de referencia más importantes.

Cuando se consideran los tiempos de proceso para cada cocimiento, la que marca el paso es la cuba filtro con un tiempo de filtración > 102 min. Tiempos aún más cortos se tienen con el filtro prensa, donde el tiempo se reduce significativamente a ≥ 90 min y el sistema continuo con < 45 min. Con el sistema continuo se superan las especializaciones logradas con la cuba filtro y del filtro prensa en cuanto a filtración de mosto. Los requisitos definidos para materia prima y las exigencias de la molienda se vuelven menos relevantes para la eficiencia en el sistema continuo.

En la selección de un sistema de filtración, es importante la comprobación y la evaluación de los parámetros específicos del proceso cervecero. Sólo así se puede seleccionar un sistema de filtración adecuado el cual tenga un rendimiento óptimo.

Será interesante ver cómo los tres sistemas de filtración; filtro prensa, cuba filtro y el sistema continuo, se sitúan en el mercado uno al lado del otro.

Literature

- 1 P. Heiss, Die Bierbrauerei mit besonderer Berücksichtigung der Dickmaisbrouerei, Augsburg: Verlag von Lampart & Comp., 1875.
- 2 J. Ahvenainen, V. Mäkinen und H. Vehviläinen, „Einfluss der Trubentfernung auf die Gärung und Bierqualität“, Monatschrift Brauwissenschaft, Nr. 32(6), S. 141-144, 1979.
- 3 L. Narziß, Abriss der Bierbrauerei, Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag, 1986, S. 158.
- 4 F. Kühbeck, Analytische Erfassung sowie technologische und technische Beeinflussung der Läutertrübung und des Heißtrubgehalts der Würze und deren Auswirkung auf Gärung und Bierqualität, Freising, Weihenstephan: Dissertation, TU München, 2007, S. 68-70.
- 5 T. Becher, C. Biechl und K. Wasmuht, „Wissenschaftliche Optimierung des Läuterbottichdesigns“, Brauwelt, Nr. 44, S. 1315-1318, 2014.
- 6 W. Karstens, „TCM Mash Filter: Quo vadis, Teil 1 und 2“, Brauwelt International, Nr. 3/15 und 4/15, S. 154-158 und 217-221, 2015.
- 7 W. Karstens, „Aktuelle Entwicklung auf dem Gebiet der Maischefilter-technologien“, Brauwelt, Nr. 23/15, S. 652-655, 2015.
- 8 T. Becher, K. Ziller und K. Wasmuht, „Neues Verfahren der Maischefiltration (Teil 1)“, Brauwelt, Nr. 6, S. 139-142, 2017.

Author

Tobias Becher

Dipl.-Ing. Tobias Becher

En el 2001, Tobias Becher se graduó en ciencia cervecera y tecnología de bebidas de la Universidad Técnica de Munich en Freising-Weihenstephan. Anterior a esto, se formó como cervecero y maltero y, después de graduarse, trabajó como ingeniero de procesos para sistemas de filtración de cerveza. Más tarde, trabajó como consultor técnico, especialmente para asuntos ambientales en la industria cervecera alemana. Tobias Becher trabaja en ZIEMANN HOLVRIEKA desde 2005 como experto en ingeniería de procesos y tecnología de elaboración de cerveza, y hoy gestiona la investigación y el desarrollo en ingeniería de procesos.

Acerca de Ziemann Holvrieka

Ziemann Holvrieka GmbH en Ludwigsburg / Alemania fue fundada hace más de 160 años y es uno de los principales fabricantes mundiales de fábricas de cerveza. Las cervezas más famosas del mundo se elaboran en plantas que han sido fabricadas en Ludwigsburg. Entre los clientes, se incluyen cervecerías de todos los tamaños, desde la cervecería artesanal hasta corporaciones internacionales. Además, Ziemann Holvrieka ofrece una amplia selección de tanques y tecnología de proceso para la industria de bebidas y alimentos, así como para aplicaciones químicas. No solo por sus muchos años de experiencia, sus referencias globales y sus soluciones innovadoras, Ziemann Holvrieka es el socio confiable en lo que respecta a la modernización, la expansión de capacidad o la nueva construcción llave en mano.

Ziemann Holvrieka suministra soluciones personalizadas para plantas cerveceras llave en mano completas, o componentes individuales para todo el proceso de elaboración. La gama de productos en el área de elaboración de mosto abarca desde la molienda, las cubas de maceración, la cuba filtro, los filtros prensa, sistemas continuos y el Whirlpool hasta el enfriamiento del mosto. También está completamente cubierto el bloque frío con tanques de fermentación y almacenamiento, tanques de presión, tanques de levadura y todos los tanques CIP necesarios. Ziemann Holvrieka también diseña, implementa y automatiza el proceso y la tecnología de limpieza en ambas áreas de producción, lleva a cabo la tubería del proceso e integra las utilidades necesarias.

Gracias por el tiempo dedicado.

Para cualquier consulta, póngase en contacto con nuestro equipo de ventas en la oficina de Ziemann Holvrieka más cercana.

Escanee el código QR o visite www.ziemann-holvrieka.com

