

# De lúpulos, filtros y aceites valiosos

**UNA NOTA ÚNICA** | Los aceites volátiles y las sustancias aromáticas de los conos de lúpulo son los que hacen que la cerveza tenga una nota particular y un aroma único. Por lo tanto, mantener la concentración de aceites de lúpulo en la cerveza es una tarea esencial en el proceso de elaboración. Este artículo examina la influencia de la filtración en profundidad en la concentración de aceites de lúpulo.

**EL LÚPULO**, una planta de la familia del cáñamo, es una de las sustancias básicas en la elaboración de cerveza desde hace varios siglos. Es el lúpulo lo que le da a la “rubia” no solo su sabor especial, sino también el aroma. Esto sucede gracias a una variedad de aceites volátiles y sustancias aromáticas en los conos de lúpulo, similares a los de las flores, los perfumes y las especias, que le dan un aroma agradable y “lupulado”. Actualmente no todos los ingredientes del lúpulo pueden ser analizados, y mucho menos reemplazados por aromas químicos. Aunque la proporción de estos aceites es solo del 0,5 al 3%, estos son cruciales para el aroma. En la cerveza ya terminada podemos percibir claramente una concentración de 10 ppm, que equivale al 0,001%. Ya durante la filtración

es fundamental obtener estos aromas valiosos de la mejor manera posible.

## El carácter y los aromas del lúpulo

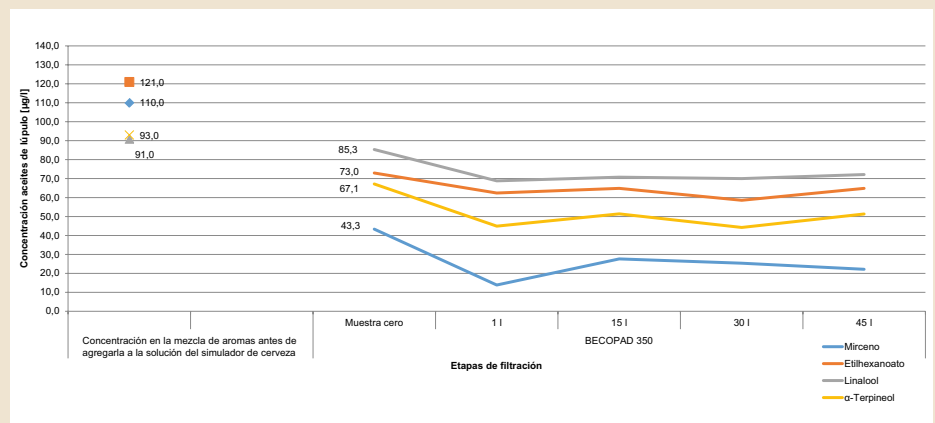
El lúpulo es una materia prima importante para los fabricantes de cerveza en términos de cantidad, variedad y zona de cultivo, que les permite influir en el carácter de una cerveza [5]. Esto está relacionado, por un lado, con el amargor de la cerveza, que se mide según las denominadas “unidades de amargor de la Convención Cervecera Europea” o a veces también según la concentración de iso-alfa-ácidos (los isómeros del principal componente de amargor del lúpulo, los alfa-ácidos). Un segundo grupo de ácidos, los beta-ácidos, son casi insolubles bajo las condiciones del proceso de elaboración. Sin embargo, sus productos de oxidación, las resinas blandas beta, son solubles y, gracias

a su leve amargor, contribuyen también al sabor amargo de una cerveza [4]. Al caracterizar los ácidos amargos, la proporción de beta-alfa-ácidos constituye un coeficiente importante para describir un lúpulo [3].

Además del amargor de la cerveza, su aroma a lúpulo posee una importancia cada vez mayor. Estas sustancias volátiles son hidrocarburos de terpeno (mono- y sesquiterpenos) o son parte de la fracción de oxígeno (alcoholes, aldehídos, ésteres, cetonas, entre otros), y, a su vez, son específicos de cada especie. Los terpenos mircenos, humuleno,  $\beta$ -cariofileno, farneseno, selenio alfa y beta y selinadieno permiten agrupar los lúpulos de la siguiente manera: Las variedades amargas y las de alto contenido en ácidos  $\alpha$  presentan más del 40% de mircenos, al igual que es típico el éster isobutirato de metilbutilo, que se sitúa entre el 1,5 y el 3,5%. El lúpulo aromático presenta el 30% o menos de mircenos, el farneseno es significativo en los lúpulos de la región de Žatec, los “posthumulenos” como los selinenos, etc. en el lúpulo Hersbrucker y sus derivados [5]. El éster antes mencionado está por debajo del 0,6%. No obstante, después del proceso habitual de elaboración, el terpeno solo se puede encontrar en cantidades extremadamente pequeñas en la cerveza terminada. De hecho, los alcoholes como el linalool, terpineol, geraniol y algunos ésteres se pueden



**Autora:** Dr. Ilona Schneider, enóloga diplomada, Team Leader Product Management Beverage Treatment and R&D, Eaton Technologies GmbH, Langenlonsheim, Alemania



**Fig. 1 Evolución de la concentración de aromas de aceite de lúpulo en la solución del modelo de simulación de cerveza**

detectar en cantidades significativas [5]. Los aromas del lúpulo se conocen como “aceites volátiles”, ya que con el tiempo tienden a desaparecer del lúpulo y de la cerveza mediante la evaporación, por un lado, y la oxidación, por el otro. Los mismos métodos que se utilizan para los alfa-ácidos evitan que esto suceda: se deben conservar en frío y sellar las bolsas lo más herméticamente posible con poco aire dentro de ellas. Incluso con el tiempo, los aromas pueden perderse dentro de la botella al reaccionar con el oxígeno residual. Por esta razón, hay que asegurarse de que durante el filtrado y el llenado se introduzca la menor cantidad posible de oxígeno en la cerveza.

### Acerca de los aromas de lúpulo individuales

El mirceno es cuantitativamente el ingrediente más importante del aceite de lúpulo y se encuentra en casi todas las variedades de lúpulo. Su concentración puede ser del 20 al 70 % del aceite total. El mirceno es altamente volátil y, por lo tanto, muy ineficaz en la cocción del mosto, ya que se evapora en pocos minutos. Debido a la alta volatilidad y también a la baja solubilidad, el mirceno está presente en cervezas de lúpulo normal dejando restos de unos pocos µg/l. Por otro lado, en cervezas de lúpulo seco, se deben medir cantidades de 20 a 200 µg/l, en función de la variedad y la cantidad de lúpulo utilizado. El umbral de sabor para el mirceno está entre 30 y 100 µg/l. La descripción del aroma es extremadamente amplia y varía desde resinosa, a pino, herbácea, verde y aromática hasta cítrica y floral [1].

El etilhexanoato se encuentra en piñas frescas cortadas y se clasifica en el grupo de los ésteres de frutas. El umbral de aroma de 1,5 µg/l es muy bajo y se describe como un aroma de fruta tropical con notas florales [2].

El linalool se considera un componente clave y una sustancia indicadora del aroma del lúpulo. El linalool influye directamente en el aroma de la cerveza. Si se supera el umbral de aroma de 8 a 80 µg/l, se asocian notas cítricas y un aroma frutal floral.

El α-terpineol por sí solo no contribuye al aroma del lúpulo de forma directa. Solo puede contribuir a la intensificación del aroma del lúpulo si se combina con otras sustancias aromáticas del lúpulo, como el beta-cariofileno o el humuleno. El aroma del α-terpineol se describe como floral y cítrico [2].

## VALORES UMBRALES DE LAS SUSTANCIAS AROMÁTICAS DEL LÚPULO SELECCIONADAS [2]

Sustancias	Valores umbrales* en µg/l	Margen de fluctuación** en µg/l
Linalool	27,1	5; 27; 80; 100
α-terpineol	1075,6	2000
Mirceno	118,8	10; 30; 125
Etilhexanoato	1,5	

\* Valores determinados en la tesis doctoral \*\* Valores de la bibliografía especializada

Tabla 1

La tabla 1 muestra los valores umbrales de las sustancias aromáticas del lúpulo seleccionadas teniendo en cuenta los resultados de [2].

### Efectos de la filtración de placa

Los aceites volátiles y las sustancias aromáticas deben conservarse de la mejor manera posible para darle a la cerveza su sabor especial. Por ello, cada etapa del proceso debe estar optimizada con el objetivo de obtener la máxima conservación del aroma. Una etapa importante del proceso es la filtración. Para determinar qué efecto tiene la filtración de placa en la concentración de aceites de lúpulo en la solución del modelo de simulación de la cerveza y en la cerveza, se han realizado investigaciones en el Instituto Cervecerero de Investigación y Enseñanza (VLB) de Berlín, Alemania.

Los experimentos se realizaron mediante un filtro de placa Beco Compact® Plate 200 (20 x 20 cm) con placas de filtración en profundidad Becopad® 350 (gráficos 1, 2 y 3) y una placa de filtración en profundidad de diatomeas (fig. 3) a una velocidad de filtración de 200 l/m<sup>2</sup>/h. El rendimiento de filtración fue de 13,6 l/m<sup>2</sup>. Las muestras de filtrado se analizaron mediante una extracción líquido-líquido (tres veces cada una) utilizando <sup>2</sup>H<sub>3</sub>-mirceno, <sup>2</sup>H<sub>5</sub>-linalool y <sup>1-13</sup>C-etilhexanoato como estándares internos. El análisis de los extractos se realizó mediante GC-MS/MS en “multiple reaction monitoring mode”.

La mezcla de aromas se compuso de la siguiente manera: de las sustancias linalool, α-terpineol, mirceno y etilhexanoato, se añadieron 100 µg/l de cada una a una solución del modelo de cerveza de simulación (95 % de agua, 5 % de etanol y tampón fosfato con un pH de 4,3) y una cerveza.

Primero se llevó a cabo el muestreo antes de la filtración, que fue designado como

muestra cero, y luego las etapas de filtración de 1 litro de filtrado, 15 litros de filtrado, 30 litros de filtrado y 45 litros de filtrado.

La figura 1 muestra que, dependiendo del aroma del lúpulo examinado, el índice de recuperación en la solución del modelo de simulación de cerveza es muy diferente. En la muestra cero, los índices se encuentran en un nivel similar en el caso del etilhexanoato (73,0 µg/l equivale a una tasa de recuperación de 60,3 %), linalool (85,3 µg/l 93,7 %) y α-terpineol (67,1 µg/l 72,2 %). El índice de recuperación del mirceno es significativamente más bajo con un 39,4 % (43,3 µg/l), lo que muy probablemente se deba a la escasa solubilidad en agua de dicha sustancia.

El análisis de las muestras de filtrado mostró una ligera reducción de los compuestos aromáticos linalool y etilhexanoato después del primer litro y una rápida estabilización de la concentración en el proceso de filtración posterior. La reducción de mirceno y α-terpineol resulta más acusada. Después de la fase de estabilización (15 l), las concentraciones medidas de los aromas del lúpulo oscilan entre 5 y 10 µg/l.

Para analizar los efectos y la interacción entre los aromas del lúpulo y los componentes de la cerveza, se llevó a cabo el mismo procedimiento experimental con cerveza enriquecida. Se añadió la misma mezcla de aroma a una cerveza y, a continuación, se filtró con placas de filtración en profundidad Becopad 350.

La figura 2 muestra las curvas de concentración de los aromas añadidos a la cerveza enriquecida. Los índices de recuperación de los aromas de lúpulo individuales son diferentes a los de la solución del modelo de simulación de cerveza. Se pudo comprobar que el mirceno ascendió al 102,5 % (99,4 µg/l) en comparación con la concentración inicial (97,0 µg/l) en la mezcla de aromas. El

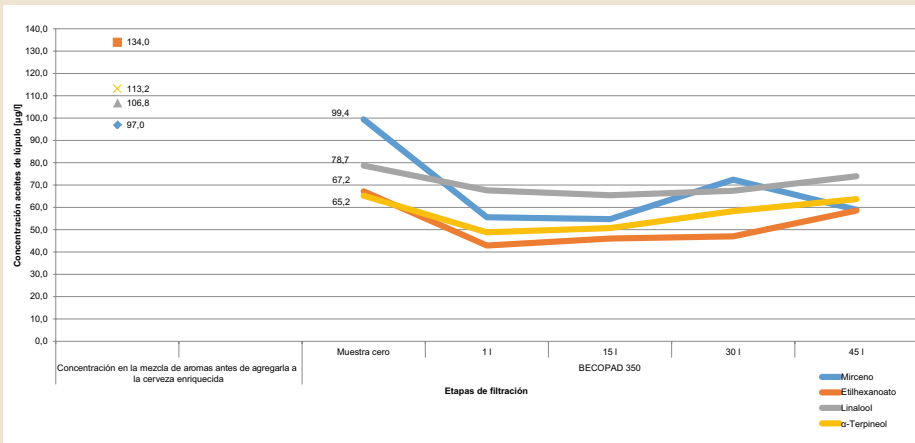


Fig. 2 Evolución de la concentración de aromas de aceite de lúpulo en cerveza enriquecida

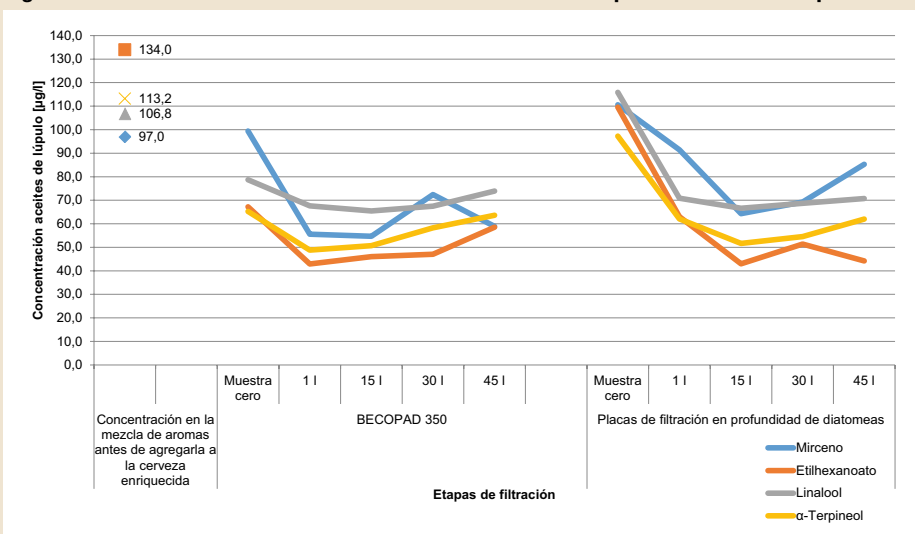


Fig. 3 Evolución de la concentración de aromas de aceite de lúpulo en cerveza enriquecida



Placas de filtración en profundidad Becopad en la práctica  
Fotos ©Eaton

índice de recuperación del etilhexanoato fue del 50,1 % (67,2 µg/l), 73,7 % (78,7 µg/l) de linalool y 57,6 % (65,2 µg/l) de α-terpineol.

La imagen de la evolución de la concentración durante el proceso de filtración se muestra uniforme. Después de la muestra de filtrado de 1 litro, la concentración de las sustancias aromáticas etilhexanoato, lina-

lcool y α-terpineol se estabiliza y vuelve a aumentar ligeramente. El proceso de concentración del mirceno se caracteriza por una disminución significativa que va de 99,4 µg/l a 54,7 µg/l y que se estabiliza en el proceso de la filtración posterior.

La figura 3 muestra la comparación directa entre el filtrado con una placa de filtra-

ción en profundidad Becopad y una placa de filtración en profundidad de diatomeas convencional. Aunque se añadió la misma concentración de mezcla de sabor a la cerveza, las concentraciones de partida, las muestras cero y, por consiguiente, las velocidades de recuperación son diferentes.

La filtración con placa de filtración en profundidad de diatomea registró una caída de 43,0 µg/l a pesar de una mayor concentración inicial de la sustancia aromática etilhexanoato de 109,6 µg/l en la muestra de filtrado de 15 litros. Esta disminución también se detectó en el linalool (en cuyo caso fue de 115,9 µg/l a 66,6 µg/l) y en el α-terpineol (en cuyo caso fue de 97,2 µg/l a 51,6 µg/l). La excepción fue el mirceno, que presentó una disminución de 110,6 µg/l a 64,3 µg/l.

Los resultados de la prueba muestran que la concentración de los aceites de lúpulo se reduce ligeramente mediante la filtración con placas de filtración en profundidad BECOPAD 350 después del primer litro. Esta reducción se debe a la capacidad de adsorción de la placa de filtración en profundidad. Dado que esta placa de filtración en profundidad se compone exclusivamente de celulosa de alta pureza y tiene un efecto adsorbente débil, la saturación de adsorción y, por lo tanto, la fase de estabilización comienzan muy rápido y ya no se retienen otros aromas valiosos, como el aroma más significativo del linalool.

La placa de filtración de diatomeas reduce la concentración de los aceites de lúpulo en mayor medida, mucho más allá de la muestra de filtrado de 1 litro hasta 15 litros de filtrado. Estos resultados se pueden atribuir a la mayor capacidad de adsorción de los constituyentes minerales que se encuentran las placas de filtración. Debido a la mayor capacidad de adsorción, la fase de estabilización comienza mucho más tarde, después de que se den pérdidas mayores de aroma.

Sobre la base de los resultados de la prueba, también se puede apreciar que las pérdidas están principalmente influidas por las propiedades moleculares (tamaño molecular, polaridad). Dado que el mirceno es un hidrocarburo puro, una posible explicación es el carácter hidrofóbico. En el caso del éster que contiene oxígeno (etilhexanoato) y los alcoholes terpénicos (linalool, α-terpineol), las diferencias en los valores absolutos no son significativas. La medida en que la adición de la mezcla de aromas produce, en parte, reacciones con los componentes de la cerveza (y

posiblemente también marcas analíticas) no ha sido objeto de esta investigación.

### ■ Conclusión

“Los aromas del lúpulo le dan el sabor a la cerveza”. Esta podría ser la frase después de lo anteriormente expuesto. El hecho es que los valiosos aceites del lúpulo dan a la cerveza su aroma y amargor típicos y que, por lo tanto, deberían estar presentes después del proceso de filtración y en la concentración más alta posible. Las placas de filtración en profundidad Becopad, por ejemplo, permiten que esto suceda, ya que se caracterizan por una capacidad de adsorción significativamente menor, por lo que adsorben solo una baja concentración de las sustancias aromáticas al principio del proceso de filtración y permiten una filtración estable en poco tiempo. Esto no solo mantiene la alta

concentración de aromas, sino que también reduce el riesgo de que durante una fase de adsorción muy larga algún valor se reduzca tanto que quede por debajo del valor umbral del aroma. Si esto sucede, se pierde el aroma de la cerveza. Esto se debe a que, como se ha mencionado anteriormente, los aromas no se pueden reemplazar por medios químicos y no pueden agregarse de manera artificial. Por lo tanto, lo esencial es contar con una placa de filtración que conserve de forma óptima la concentración de aceites de lúpulo en la cerveza. ■

### ■ Bibliografía:

1. Barth: “Humulus lupulus und andere bittere Wahrheiten“, URL: [http://www.barthhaasgroup.com/johbarth/images/pdfs/2012\\_06\\_myrcen.pdf](http://www.barthhaasgroup.com/johbarth/images/pdfs/2012_06_myrcen.pdf).
2. Hanke, S.: “Untersuchungen zum Ein-

fluss der Hopfungstechnologie auf die Geschmacksstabilität und Harmonie untergäriger Biere“, Universidad Técnica de Múnich, cátedra de tecnología de cervecería y de bebidas, 2009.

3. Mitter W.; Kaltner D.; Steiner S. H., Lambertsen T.: “Influence of different boiling systems on the development of bitter and aroma substances”, BRAUWELT International 2007/III, pp. 148-152.
4. Mitter W.; Cocuzza S.: “Dry Hopping – A study of various parameters”, BBII 4/2013, pp. 70-74.
5. Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe und Außenstelle Tettngang: “Hopfen 2015“, Bayrisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, 2015, pp. 23-26.