

Los tanques cilindro-cónicos y el tiempo de guarda de la cerveza

F. X. Castañé
S.A. DAMM

1. Introducción

La guarda se refiere al proceso de maduración del aroma y gusto de la cerveza. Se entiende por ello las transformaciones que ocurren entre el final de la fermentación y la ulterior filtración de la cerveza previamente a su envasado.

Al final de la fermentación, se encuentran presentes en la cerveza muchos aromas y gustos no deseados de cerveza verde o joven. La guarda reduce los niveles de estos productos hasta conseguir un producto "maduro".

El acabado, por otra parte, se refiere a la producción de un líquido claro y brillante después de la guarda y que debe permanecer en este estado durante toda su vida hasta que llegue al consumidor final.

Los principales procesos que se realizan en esta etapa pueden realizarse de diferentes maneras, pero son independientes y puede considerarse como una operación unitaria.

2. Maduración o guarda

2.1. Antecedentes históricos

Históricamente la guarda [4 y 6] era necesaria debido a la ausencia de refrigeración industrial, la necesidad de eliminar la levadura y la necesidad de controlar el nivel de CO₂ en la cerveza. Como consecuencia de ello las cer-

vezas *lager* se producían durante el invierno y se almacenaban en bodegas heladas durante largos periodos de tiempo. Cortar el hielo durante el invierno para así poder almacenar cerveza durante el verano era una práctica habitual antes de la llegada de la refrigeración industrial.

La fermentación principal se realizaba a temperaturas iguales o inferiores a los 10 °C. La cerveza resultante, conteniendo todavía un 1% de extracto fermentable, se transfería a una bodega de almacenamiento fría junto con cierta cantidad de levadura en suspensión. Esta levadura se encargaba de eliminar cualquier posible incremento de oxígeno como consecuencia de los trasiegos y por ello eliminaba posibles problemas potenciales de sabores oxidados. La fermentación secundaria del extracto fermentable que quedaba se iba haciendo más y más lenta a medida que la temperatura de la cerveza iba disminuyendo con el paso de los días. Dado que el CO₂ es más soluble en frío, con ello se conseguían elevados niveles de carbonatación, fácilmente y a gusto del cervecero. El tiempo total de guarda llegaba hasta 50-70 días a 0 °C.

Esta larga guarda fría permitía la decantación de la levadura remanente, así como del material formador de turbio. Esta, además se traducía en una mejora del flavor durante la guarda. La selección de una cepa de levadura con una características de floculación adecuadas era uno de los parámetros fundamentales para poder realizar una guar-

El término maduración o guarda proviene del alemán "lagern" que significa almacenar, envejecer, reposar.

El uso de esta palabra en cervecería es sinónimo de envejecimiento y almacenamiento y de otras palabras que son consecuencia de la palabra guarda tales como maduración, acondicionamiento y fermentación secundaria. El término cerveza lager proviene de los tiempos en que la guarda se hacía sin existir todavía la refrigeración industrial.

En nuestros días, la guarda fría o maduración consiste en el almacenamiento de la cerveza para con ello conseguir una maduración del "flavor" (conjunto del aroma y sabor).

da prolongada. Con una cepa pulverulenta se producía un trasiego desde fermentación a guarda de demasiadas células de levadura, con lo que la fermentación secundaria se producía demasiado rápidamente y la levadura no se decantaba suficientemente al final de la fermentación. Con una cepa muy floculenta, por el contrario, se pasaba muy poca levadura de fermentación a guarda y por consiguiente la fermentación secundaria no se llegaba a completar a menos que la levadura se redispersase en el medio de nuevo de algún modo.

Una de las prácticas para ello consistía en el proceso llamado de Kraüsening consistente en añadir al inicio de la fermentación secundaria, y con una parte de extracto fermentable por fer-

mentar, entre un 5 y un 20% de un mosto en la fase más activa de la fermentación principal [4 y 13]. Con ello la fermentación seguía como en el proceso original pero de una forma mucho más rápida. Dicha fermentación se podía controlar por medio de la cantidad de extracto fermentable en el momento del trasiego y la cantidad de mosto fermentando activamente que se añadía. Con ella además al escoger una cepa de levadura más o menos floculenta no era tan crítico puesto que dicha fermentación secundaria era mucho más vigorosa.

El enfriamiento se podía hacer de una manera gradual o rápidamente al final para así favorecer la decantación de la levadura. Tenía el inconveniente de que al añadirse más extracto fermentable con el mosto fermentando

activamente se producían una cantidad mayor de compuestos del flavor; y asimismo ciertos sabores no deseados, tales como diacetilo y SH_2 , por lo que se hacía necesaria una guarda de larga duración para conseguir una reducción efectiva de dichos compuestos hasta niveles aceptables.

2.2. La guarda en la actualidad

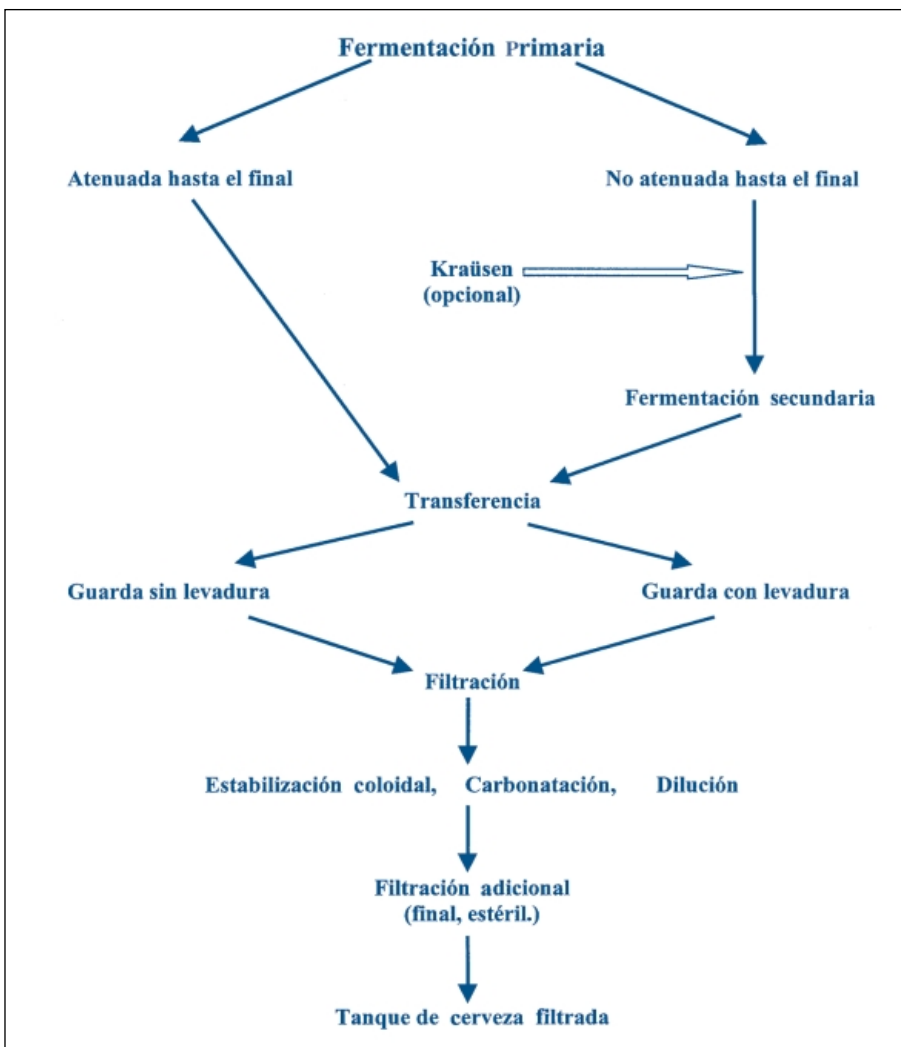
La maduración del *flavor* es considerado generalmente como la consecuencia más importante de la guarda y acabado de una cerveza. Dicha etapa cada vez se ha vuelto más importante a medida que se ha ido incrementando la tendencia a producir cerveza más ligeras. Esto es así dado que los umbrales de detección de estos compuestos no deseados son menores en cervezas ligeras. Sin embargo, en cervezas más fuertes la presencia de concentraciones elevadas de otros compuestos del *flavor* logra enmascarar algunos aromas y sabores no deseables.

Puesto que la mayoría de los compuestos que intervienen en la maduración del aroma y gusto de la cerveza son el resultado del metabolismo de la levadura, con ello se entiende el papel principal que desempeña ésta en todo el proceso.

La figura 1 nos muestra un esquema general de las diferentes posibilidades que existen para llevar a cabo el proceso de guarda.

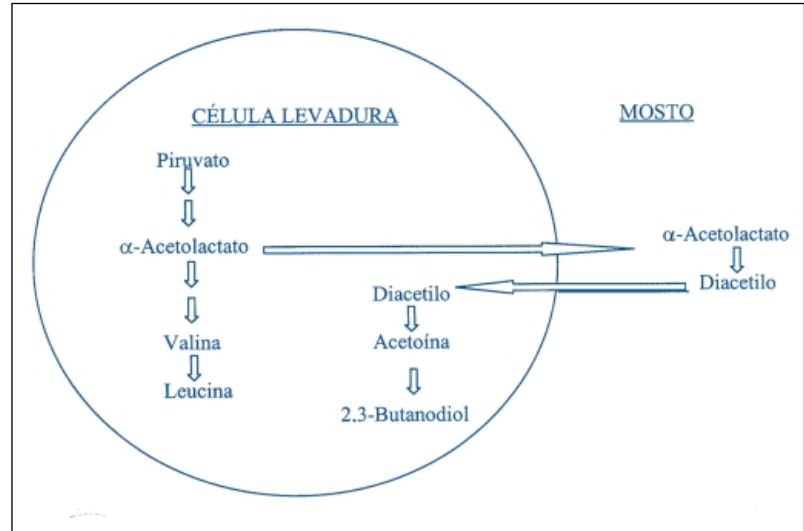
La industria cervecera de nuestros días ha dedicado grandes esfuerzos en investigar la maduración del *flavor* de la cerveza durante la guarda. En algunos casos, se pueden describir en términos de compuestos individuales. Los químicos han desarrollado técnicas para analizar la mayoría de los compuestos importantes en el *flavor*. Estas técnicas nos han permitido confiar en los resultados del laboratorio antes que en las pruebas de degustación para así poder seguir la evolución de una guarda.

Figura 1. Diagrama de flujo de la maduración/acabado



Por todo ello se comprende que es de suma importancia conocer las reacciones químicas y bioquímicas que ocurren en la cerveza para elevarla desde un estadio de cerveza joven recién fermentada hasta el *flavor* completamente madurado de una cerveza acabada. Se han llegado a identificar cientos de compuestos químicos en la cerveza. Algunos de ellos aumentan durante la guarda, otros disminuyen y otros permanecen inalterados. Estas reacciones dependen de la temperatura y muchas de ellas incluso necesitan de la presencia de la levadura como catalizador.

Figura 2.
Diacetilo
y la célula
de levadura



Veamos a continuación las reacciones de seis tipos de compuestos diferentes y que tienen la mayor influencia en la maduración del *flavor*.

2.2.1. DIACETILO Y 2,3- PENTANODIONA

En conjunto el diacetilo y la pentanodiona se conocen como las dicetonas vecinas y son de una gran importancia para el cervecero. Tienen un *flavor* a mantequilla que se considera indeseable en cervezas ligeras de cuerpo pero que a veces es deseable en cervezas del tipo "ale". El diacetilo tiene un umbral de detección mucho menor que la pentanodiona, pero éste depende del resto de sabores presentes en la cerveza. Veamos a continuación un resumen de las principales reacciones químicas y caminos bioquímicos del diacetilo que se han descubierto gracias a diversos trabajos de investigación [11, 14, 15 y 7].

A medida que la célula de levadura prosigue en su trabajo de obtención de los aminoácidos valina y leucina necesarios para la posterior síntesis de proteínas se produce asimismo un precursor del diacetilo, el α -acetolactato. (Fig. 2). El α -acetolactato se lleva al exterior de la célula donde es convertido no enzimáticamente en diacetilo. Esta etapa, puramente química, es la más lenta o limitante de la velocidad y es acelerada por temperaturas más ele-

vadas o un menor pH. El diacetilo así formado es asimilado de nuevo por la levadura y reducido enzimáticamente a Butanodiol a través del producto intermedio Acetoina [5, 8, 7 y 29]. Para el caso de la 2,3- pentanodiona existen una serie de reacciones similares, a partir del precursor α -acetohidroxitbutirato.

Parece claro que el cervecero debe preocuparse claramente de la presencia de precursores, o de si hay o no levadura presente para poder reducir el diacetilo formado. El concepto importante es que:

- Los precursores se forman como consecuencia del crecimiento celular de la levadura relativo a las concentraciones en el mosto de la valina y otros aminoácidos.
- Que los precursores son potencialmente formadores de dicetonas vecinas.
- La conversión del precursor en diacetilo es una reacción extracelular que depende de la temperatura, pH, etc.
- Que estas reacciones tienen una velocidad limitada para la conversión de precursores y eliminación de las dicetonas vecinas de la cerveza.
- La levadura elimina las dicetonas vecinas y que por tanto

necesita encontrarse presente para poder reducir las a medida que se van formando.

La producción de precursores continúa durante todo el tiempo en que hay fermentación de hidratos de carbono (Fig. 3). En realidad, la curva señalada como diacetilo en la gráfica incluye al diacetilo y a su precursor; por ello, la gráfica muestra el potencial de diacetilo total en el producto final. Puesto que la conversión del precursor en diacetilo es la etapa limitante de la velocidad, con la levadura presente en el mosto, la concentración de diacetilo es pequeña comparada con la del precursor. Existe un considerable potencial de formación de diacetilo después de la fermentación principal debido a la gran concentración de precursores. El proceso de maduración tendrá los dos objetivos siguientes: la conversión espontánea del precursor en dicetonas vecinas y su eliminación por la levadura. Por consiguiente, para acelerar la conversión de los precursores, la temperatura en el fermentador puede mantenerse más alta (alrededor de 15 °C) durante un período de tiempo determinado tras haberse completado la fermentación de los hidratos de carbono. Una vez que los potenciales precursores y las dicetonas vecinas formadas han bajado por debajo de un determinado nivel, la temperatura se puede bajar para así ayudar a la sedimentación de la levadura.

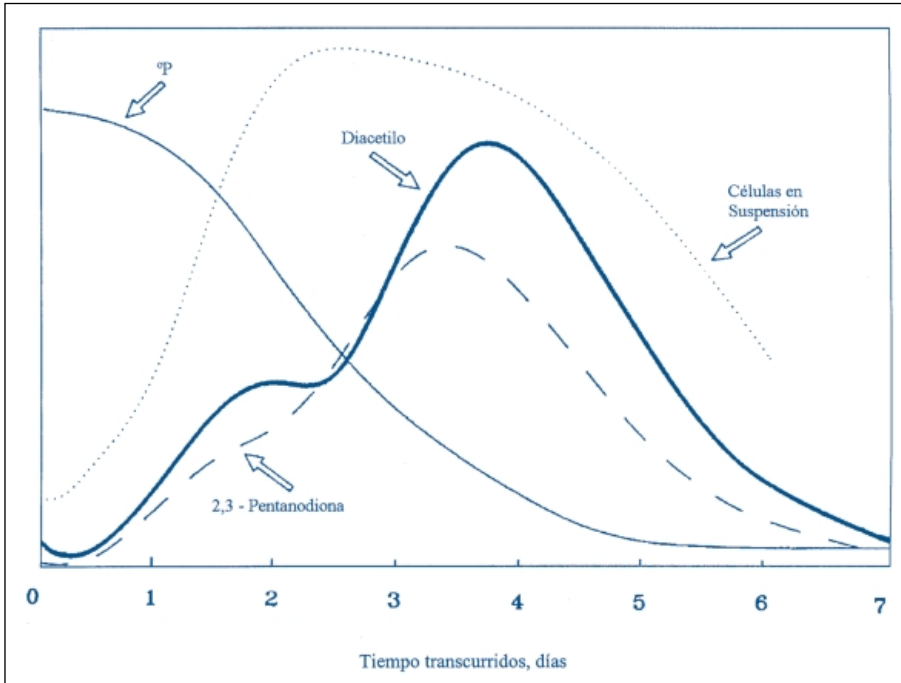
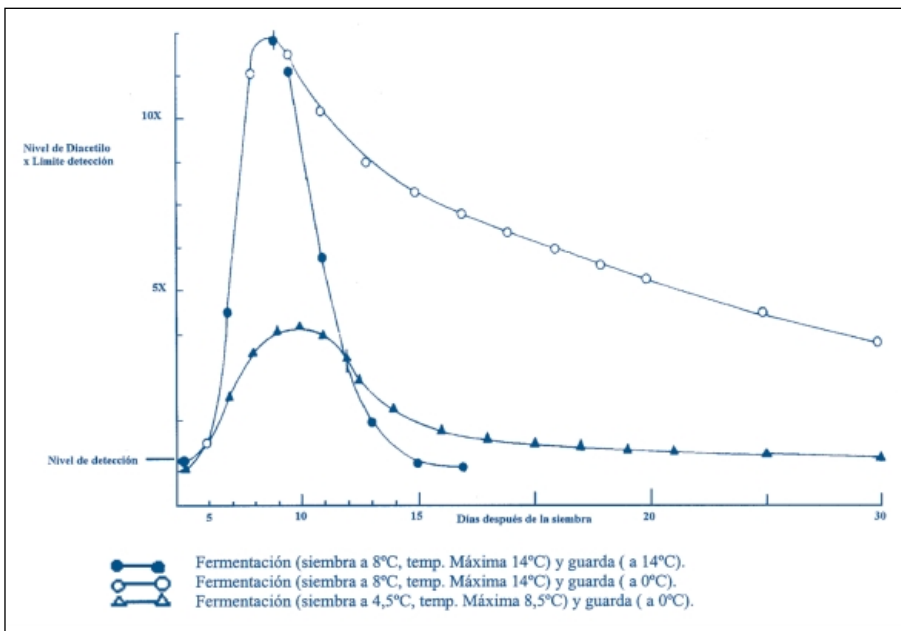


Figura 3. Perfil del diacetilo

La figura 4 muestra la formación y disminución del diacetilo bajo tres condiciones diferentes de temperatura para la fermentación y la guarda. Si se produce una gran cantidad de Diacetilo en fermentación, se hace necesario mantener la temperatura de la cerveza caliente hasta que se consigue la reducción del Diacetilo o se necesitará un tiempo excesivo de guarda hasta que el Diacetilo es reducido por debajo de los umbrales de percepción.

Figura 4. Evolución del diacetilo



Sin embargo, las temperaturas más altas pueden producir otros sabores indeseables a partir de los productos no volátiles de la levadura o por autólisis de la misma.

2.2.2. COMPUESTOS DE AZUFRE

La levadura necesita compuestos de azufre para poder sintetizar proteínas. Las fuentes de azufre en el mosto son el ion sulfato y el aminoácido metionina [13]. Los compuestos de azufre más

importantes presentes en la cerveza provienen del mosto y del metabolismo de la levadura. El sulfuro de hidrógeno (SH_2), el sulfuroso (SO_2) y el sulfuro de dimetilo (DMS) son el resultado del metabolismo de la levadura, aunque la mayoría del DMS proviene de un precursor existente en la malta [27]. El SH_2 es un subproducto del transporte de iones sulfuro durante el metabolismo del sulfato [13]. Se elimina fundamentalmente por el efecto lavador del CO_2 al desprenderse. El SO_2 también se encuentra presente en la cerveza, pero a concentraciones muy por debajo de los 10 ppm a cuyo nivel no tiene una influencia en el *flavor* de la mayoría de las cervezas. Por su parte el DMS en pequeñas concentraciones se considera que tiene una contribución positiva al *flavor* de la cerveza (Anderson y col., 1975). Pero a concentraciones más elevadas puede proporcionar un *flavor* no deseado de maíz cocido.

2.2.3. ACETALDEHIDO

Se forma durante la fermentación principal y es una encrucijada en el camino metabólico que conduce desde los hidratos de carbono al etanol. El que se forme puede o bien ser reducido a etanol u oxidado a ácido acético y en la etapa final de la fermentación secundaria alcohólica es reducido a etanol por reacción enzimática. El nivel varía durante la fermentación secundaria y la guarda posterior, alcanzando un máximo durante la fermentación principal luego disminuye. Es el responsable junto con otros compuestos carbonílicos de los sabores típicos a "hierba", "aspero", "a sidra" y "a Jerez" de las cervezas verdes antes de su maduración/guarda.

En la figura 5 se muestra la evolución de estos compuestos con el tiempo en una guarda clásica con levadura en suspensión en la cerveza. Se puede reducir la concentración de todos estos compuestos reduciendo la temperatura de fermentación, selección de la cepa de levadura y

elección de la composición del mosto a fermentar. Su velocidad de eliminación depende de la temperatura y de la concentración de la levadura presente.

La curva de formación y eliminación de este compuesto es muy similar a la de las dicetonas vecinas (Fig. 6).

El Acetaldehído se forma en mayor cantidad en fermentaciones calientes (por encima de 8 °C), con niveles altos de sulfito, con agitación en la fermentación, con fermentación secundaria bajo presión, con condiciones reductoras del medio, con inóculos elevados o bien con aireaciones excesivas en los trasiegos a guarda. Para lograr una producción lo más baja posible se debe recurrir a cepas de levadura adecuadas.

2.2.4. COMPUESTOS VOLATILES

Los alcoholes superiores se forman durante la fermentación principal y no cambian significativamente durante la guarda. Sólo el alcohol amílico puede sufrir un incremento durante la guarda muy prolongada. Los ácidos grasos al formarse simultáneamente con los alcoholes tampoco pueden cambiar durante la guarda.

Los ésteres se forman conjuntamente con los alcoholes superiores, y su producción es estimulada por el metabolismo de la levadura activa causado por niveles altos de nitrógeno o por las temperaturas de fermentación elevadas. La aireación después del inicio de la fase anaeróbica de la fermentación se traduce en una disminución del nivel de ésteres. Durante la guarda su concentración aumenta paralelamente a la obtención de mayor cantidad de etanol.

2.2.5. MADURACION DE LOS COMPUESTOS NO VOLATILES

La cerveza envasada contiene aminoácidos, nucleótidos, ácidos

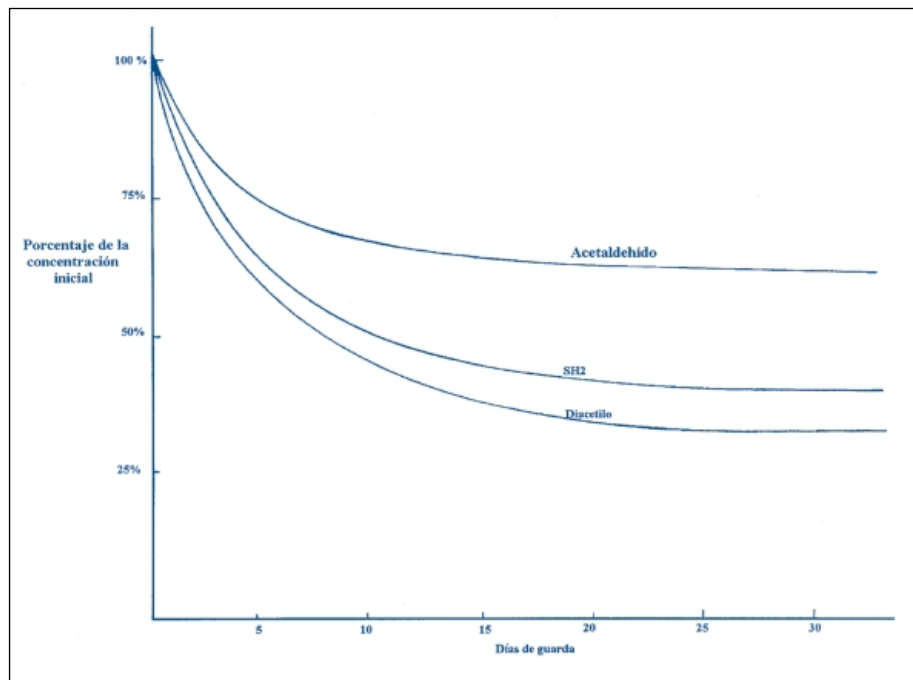


Figura 5. Evolución de compuestos en guarda clásica

orgánicos, fosfatos inorgánicos y otros iones que contribuyen al flavor completo de la cerveza. Algunos de estos compuestos no volátiles son productos de la fermentación normal. Otros son componentes internos de las células de levadura que son liberados como consecuencia de un cambio en la permeabilidad de la membrana celular después de la fermentación. En un estudio realizado por el Profesor Maschelein en 1986, para investigar este fenómeno descubrió que el α -amino nitrógeno, pH, fosfatos, color y actividad invertásica aumentaban durante la guarda (Fig. 6). Por eso parece lógico asumir que estos cambios dependen de la temperatura, tiempo, cepa de levadura, estado fisiológico de la levadura, geometría del tanque, etc. Hay que hacer notar aquí que algunos de estos cambios no son necesariamente indeseables. Estos compuestos no volátiles pueden contribuir al gusto de una cerveza.

2.2.6. AUTOLISIS DE LA LEVADURA

Por autólisis de la levadura generalmente se entiende la disolución de las células moribundas o muertas por sus propios sistemas enzimáticos. Estos produc-

tos de la autólisis excretados en el medio se traducen en un gusto amargo y desafinado así como en un aroma a levadura. La autólisis se produce cuando existen temperaturas elevadas o cuando hay ausencia de alimentos (hambre). Estas son típicamente las condiciones existentes al final de los procesos acelerados de fermentación. Mantener unos tanques de fermentación a temperaturas elevadas (por encima de los 15 °C) para lograr una conversión total de los precursores de las dicetonas vecinas es una situación que puede llevar a una autólisis. Es por tanto muy importante no mantener la levadura en contacto con la cerveza mucho tiempo a temperaturas elevadas.

2.3. Sistemas de guarda

Como ya hemos visto anteriormente la fabricación de la cerveza *lager* históricamente se hacía usando fermentadores abiertos para la fermentación principal pero depósitos cerrados para la fermentación secundaria para así maximizar la carbonatación. Los modernos equipos existentes para la refrigeración, carbonatación, y filtración, hacen innecesaria una fermenta-



Foto 1

ción secundaria y un período largo de guarda fría. Asimismo, las presiones económicas han obligado a los cerveceros a reducir los tiempos de fermentación y de guarda [9]. Así, si el mosto está completamente atenuado al final de la fermentación, no hay necesidad de una fermentación secundaria y el proceso de guarda tiene como único objetivo la maduración del *flavor* de la cerveza.

Las fermentaciones aceleradas y las prácticas de guarda reducida en la actualidad se han convertido en operaciones únicas. Entre los métodos para lograr una fermentación acelerada se encuentran los siguientes: uso de temperaturas elevadas (y a veces presión), agitación, fermentaciones principales más largas, uso de preparados enzimáticos con α -acetolactato descarboxilasa. Estas técnicas aceleran el uso de los hidratos de carbono, pero aunque los hidratos de carbono se hayan consumido completamente durante la fermentación principal, la cerveza producida todavía posee un *flavor* joven o no maduro, por lo que todavía se hace necesaria una maduración adecuada.

Así, para lograr una conversión acelerada de los precursores de las dicetonas vecinas, reacción que depende fundamentalmente de la temperatura, se puede conseguir por medio de elevar la temperatura de la guarda. Una guarda corta y a temperatura alta se muestra muy efectiva para ello, sin que por otra parte produzca efectos negativos en la calidad de la cerveza final [22 y

13]. Esta guarda se puede realizar en presencia de levadura por medio de alargar el tiempo de estancia en el tanque de fermentación la temperatura límite superior después de haberse atenuado completamente el mosto. Si hay escasez de levadura, se puede ayudar a la reducción por medio de una recirculación o por inyección de CO_2 .

Existen variaciones en las fermentaciones aceleradas; por ejemplo, en lugar de un enfriamiento rápido después de la fermentación principal, la temperatura se puede reducir de una manera lenta hasta los 0°C durante un período de 6 días. Otro sistema consiste en dejar subir la temperatura de fermentación desde la temperatura de siembra hasta unos $16\text{-}18^\circ\text{C}$ [4] y luego enfriar rápidamente. La levadura se elimina por centrifugación y la cerveza se almacena a 0°C durante pocos días. Este último proceso requiere que los niveles de precursores de dicetonas vecinas sea lo suficientemente bajo antes de enfriar para que luego durante las etapas posteriores no se produzca un incremento en los niveles de Diacetilo que superen los umbrales de detección. Con estas nuevas técnicas el uso de tanques separados se hace innecesaria al poderse realizar las operaciones en un solo tanque si uno lo desea.

Otro sistema patentado por Carlsberg consiste en el uso del enzima α -acetolactato descarboxilasa aislado de *Enterobacter aerogenes*, cepa 1033 para eliminar el α -aceto lactato y α -acetohidroxitobutirato de la cerveza recién fermentada en 24 horas a 10°C para de este modo conseguir niveles de Diacetilo y 2,3-Pentanodiona por debajo de los umbrales de detección. Se consiguen con ello grandes ahorros.

Por ejemplo el coste de construir una cervecería de 2.000.000 Hl se podría reducir en unos 6.000.000 dólares al usar este enzima y con ello reducir el tiempo de guarda de 16 a 10 días. Asimismo hay una reducción

en los costos de operación de 500.000 dólares [2].

La bodega de guarda representa entre un 25 y un 40% del coste total de la construcción una cervecería. Esto equivaldría a un costo de entre 10 y 20 dólares por barril americano de capacidad anual producida. Para una cervecería capaz de obtener un beneficio de 2 dólares por barril, los costes anteriores representan que se necesitarían entre 5 y 10 años para pagar únicamente el coste de la bodega. Por este motivo se comprende que la reducción del tiempo de guarda y por consiguiente del número de tanques necesarios para ella sea uno de los objetivos de los cerveceros de la actualidad.

2.4. Tanques usados para la fermentación y la guarda

Puesto que como decíamos al principio de los cinco procesos que se realizan en una guarda: la carbonatación, la estabilización, la clarificación y la homogeneización son fases que en la actualidad se pueden realizar de diferentes maneras y en procesos independientes entre sí, se comprende que se haya producido un cambio muy importante en los tipos de tanques usados para realizar la guarda con respecto a los usados tradicionalmente, así como en la forma de alcanzar estos cinco objetivos ya mencionados y al mismo tiempo reducir el tiempo de guarda.

Desde la Interbrau del año 1977 ha habido una gran actividad en este campo de la fermentación y de la guarda, incluyendo dos Symposiums organizados por la EBC (1978 y 1983). El tanque cilindro-cónico es en la actualidad la elección de la mayoría de los cerveceros y lo que parecía muy prometedor al principio como era la fermentación en continuo para lograr una reducción del tiempo de fermentación-guarda ha acabado siendo un fracaso. Cabe aquí recoger las palabras del Dr. Portno en el congreso de

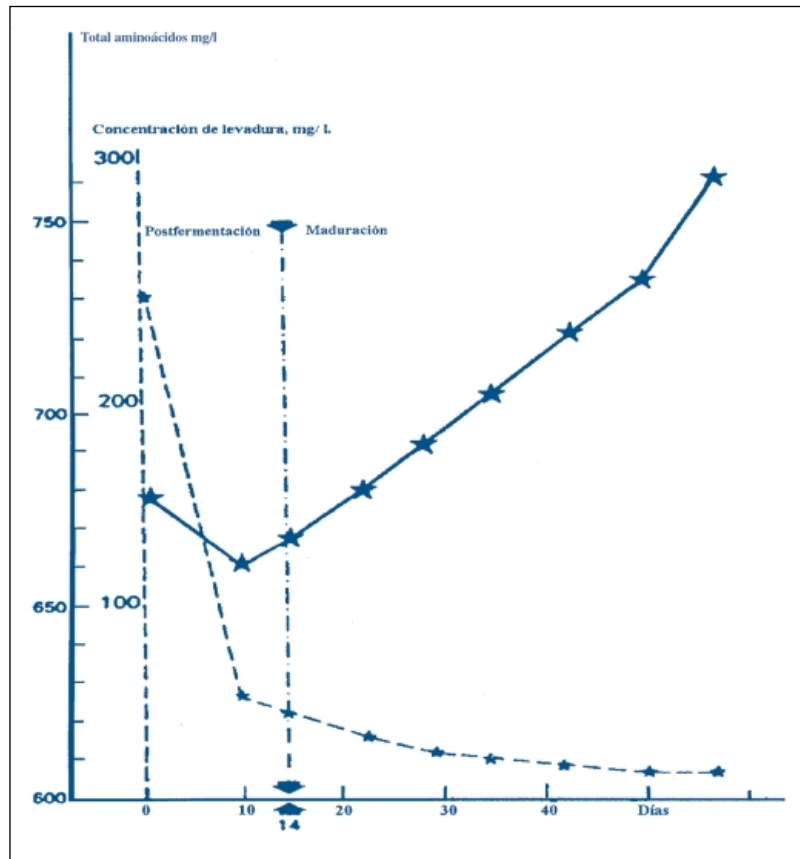
la EBC de 1978, “la operación fue un éxito, pero el paciente falleció”. Con ello se quería indicar que aunque era científicamente y técnicamente posible, dada su dificultad para aceptar rápidos cambios en la demanda acabó siendo un proceso abandonado. Por consiguiente, la fermentación en lotes discontinuos y en tanques cilindro-cónicos parece que durará durante bastante tiempo.

Durante todos estos años el número de trabajos científicos aparecidos acerca de: los métodos de trabajo con este tipo de tanques, las características constructivas, los resultados obtenibles, los aspectos económicos de su uso, etc., son numerosísimos. [26, 12, 28, 10, 16, 25, 20, 3, 20 y 23] (Lindsay y col., 1975; Maule, 1976 y 1977 y Unterstein, 1992).

Las patentes de Nathan para un recipiente cerrado para fermentación se remontan a los años 1908 y 1927. Tras ofrecer una serie de conferencias acerca de su invento y patente, con vistas a mejorar la fermentación y guarda de la cerveza, popularizó su uso y posteriormente dio lugar al nombre del más común de los tanques cilindro-cónicos [21]. El sistema, que en un principio estaba diseñado para usarse en países de clima tropical para de este modo reducir las infecciones, implicaba el uso de un tanque cilindro-cónico e inyección de la levadura por el fondo del mismo. Después de la fermentación la levadura se sedimentaba al fondo con lo que se podía proceder a la maduración de la cerveza en el mismo tanque.

Como continuación de las investigaciones llevadas a cabo con los tanques cilindro-cónicos a mediados de los años 60 aparecieron otros tipos de tanques cilindricos: el tanque Asahi que se diferenciaba por tener un fondo plano aunque con una ligera pendiente lateral para permitir recolectar la levadura. Este tanque se diseñó para ser usado en fermentación y guarda aunque al final de la fermentación se

Figura 6.
Curva de
formación de
acetaldehído



hacía necesario el trasiego a un tanque diferente. Posteriormente, en el año 1968 la compañía Rainier desarrolló el Uni-tanque que se caracterizaba por tener un suelo con una ligera pendiente en el centro y que no precisaba de un trasiego de la cerveza entre el final de la fermentación y el inicio de la guarda, aunque poseía unas características de enfriamiento muy lentas.

Con todo ello empezaron los estudios para ver cual era el diseño óptimo de un tanque, así como del proceso de fermentación-guarda. Entre las ventajas que presenta un tanque cilindro-cónico se pueden mencionar las siguientes:

- Pros:

1. Reducción en el tiempo de proceso de una cerveza *lager* a causa del incremento de las corrientes de convección dentro del tanque.
2. Poderse realizar la fermenta-

ción y la guarda en el mismo tanque, dado que la recolección de la levadura se podía hacer fácilmente y eficazmente.

3. Permiten la recolección del CO₂ generado en la fermentación .
4. Facilidad de limpieza de los mismos a pesar de la atmósfera de CO₂.
5. Posibilidad de usar sistemas CIP de limpieza, con el consiguiente incremento en su utilización y por tanto reducción en los costos de mano de obra.
6. Reducción de las mermas en esta etapa del proceso.
7. Ocupar poca área superficial en caso de ampliaciones en fabricas sin disponibilidad de terreno libre.
8. Posibilidad de aplicación de presión en caso de necesidad.
9. Capacidad de enfriamiento mucho más rápida y eficiente.

10. Posibilidad de realizar propagaciones en ellos.
11. Una utilización del lúpulo mejorada al existir menos pérdidas y por tanto mejores rendimientos.
12. Inversiones menores para una misma capacidad total, frente a los tanques convencionales.
13. Menores riesgos de infecciones.
14. Facilidad para someterse a programas de automatización.

En cambio los inconvenientes que se han citado para este tipo de tanques son:

- Contras:

1. Necesidad de centrifugar la cerveza con el peligro descrito de formación de geles de β -glucanos que nos pueden dar problemas en las etapas posteriores.
2. Necesidad de encontrar procesos específicos para la inoculación de la levadura.
3. Necesidad de adecuar los diagramas de temperatura y de siembra de la levadura para conseguir relaciones de alcoholes superiores/ésteres adecuadas.
4. En caso de quererse llevar a

cabo un proceso de fermentación secundaria mayor dificultad de alcanzar las concentraciones de levadura requeridas dada la gran decantación existente al final de la fermentación principal.

5. Precio mas elevado de construcción que para otros tipos de tanques cilíndricos.

En vista de que los “pros” son mayores que los “contras” se comprende que este tipo de tanques cilindro-cónicos hayan sido la elección de la mayoría de las cervecerías modernas. Sin embargo, a la hora de diseñar un tanque cilindro-cónico se presenta el problema de escoger la mejor relación altura diámetro o lo que es lo mismo el área superficial del tanque y el volumen contenido en el mismo con vistas a obtener los mejores costos de construcción.

En la Tabla I se muestran las conclusiones a que llegaba el Profesor Wackerbauer en el año 1974 al comparar las ventajas y desventajas de cada uno de estos tipos de tanques:

Si puntuamos con la siguiente escala:

- 0: Desfavorable.
- 1: Satisfactorio.
- 2: Bueno.
- 3: Muy bueno.

Tenemos la Tabla I como cuadro de puntuaciones:

Se ve claramente que los tanques cilindro-cónicos son los que consiguen una mejor puntuación, cosa que a su vez se ve reflejada en el mercado cuando repasamos la literatura cervecera en que se citan los trabajos llevados a cabo por diversas cervecerías para la instalación de tanques cilindro-cónicos.

Sin que sea una lista exhaustiva ni mucho menos cabe citar las siguientes:

Rheinfelden (Suiza); Schlederer Brewery (Alemania); National Brewery (Israel); Henninger Brau (Alemania); Rignes Brewing (Noruega); Royal Brewery (Gran Bretaña); Reinier Brewing (E.U.A.); Polar (Venezuela); Whitbread (Gran Bretaña); Bass Charrington's (Gran Bretaña); Bavaria y St.Pauli (Alemania); Aldersbach (Alemania); Hamar (Dinamarca); Stag Brewing (Gran Bretaña); Artois (Bélgica); Harp Park Royal (Gran Bretaña); Borsod Brewery (Hungría); Haacht Brewery (Holanda); Sternquell Brewery (Alemania); ZVU Brewery (Rep. Checa); Binding Brewery (Alemania); Damm, San Miguel, Mahou, Aguila (España); etc.

Veamos a continuación las tendencias actuales respecto a la sustitución o modificación del resto de procesos para así alcanzar los objetivos finales de la misma.

3. Clarificación

En los procesos clásicos la obtención de una cerveza brillante se lograba mediante un proceso de sedimentación por gravedad que se efectuaba durante la guarda prolongada y a temperaturas muy frías. Para lograr un mejor resultado en este proceso de sedimentación se utilizaban algunos productos “acabadores” (*finings*). Entre los más usados se encuentran las bentonitas, el yeso hectorita, el ácido tánico, unas escamas de ciertos peces

Tabla I. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de tanques

	Horizontal	Vertical	Cilindrocónico	Asahi	Unitanque
Precio construcción	3	2	0	2	2
Ratio volumen/área superf.	1	2	1	3	3
Ratio volumen/altura	1	2	3	2	2
Aptitud al exceso presión	3	3	3	0	0
Fermentación principal	2	2	3	2	2
Guarda	3	2	3	1	1
Saturación CO ₂	2	2	3	1	1
Proceso unitanque	0	1	3	0	1
Limpieza mecánica	1	3	3	2	2
Posibilidad de control	1	0	0	0	0
Total puntos con precio	17	19	22	13	14
Total puntos sin precio	14	17	22	11	12

(*isinglass*), unas algas marinas (*seaweed*), el "*Irish moss*", los silicatos y el gel de sílice.

En la actualidad y con vistas a los procesos de guarda mucho más cortos se recurre fundamentalmente al uso de centrifugas girando a velocidades entre 4.000 y 8.000 veces la aceleración de la gravedad. Con ello se consigue una rápida separación de la levadura y de los sólidos en suspensión de la cerveza ya fermentada. Se reducen con ello las mermas, los costes son menores al no necesitarse tanques para conseguir la misma clarificación por gravedad. La cerveza se puede clarificar a un nivel constante y además se puede eliminar la levadura de los tanques de guarda fría.

Finalmente, con vistas a obtener las cervezas brillantes que el mercado quiere, se recurre a la filtración de la cerveza de guarda. Entre los sistemas de filtración modernos citaremos de pasada los más habituales y que son: filtración con tierra de diatomeas; filtración con placas de celulosa, tierra de diatomeas o de otros materiales; filtración con pulpa de algodón o celulosa; y como último señalar la filtración con cartuchos de diversos materiales.

En este punto cabe también señalar los estudios que se están llevando a cabo en diversos institutos para aplicar nuevas tecnologías en la filtración con vistas a lograr una eliminación de las tierras de diatomeas por los problemas ecológicos que presentan. Entre los más o menos en fase final de aplicación señalaremos: la filtración tangencial con membranas de diferentes materiales, la filtración con arenas de diferentes tamaños, etc.

4. Estabilización coloidal

En la cerveza se encuentran presentes varios tipos de taninos y proteínas de alto peso molecular que tienden a combinarse lenta-

mente y formar un turbio coloidal insoluble.

Proteína + Tanino <====>
(Soluble)

<====> Complejo Proteína-Tanino
(Turbio coloidal insoluble)

Estos complejos se forman fundamentalmente durante la guarda fría y se eliminan en la filtración de la cerveza. Sin embargo si quedan suficientes cantidades de proteínas y taninos después de la filtración pueden continuar produciéndose en la cerveza filtrada.

El turbio coloidal es más o menos soluble a temperatura ambiente pero se vuelve insoluble a las temperaturas frías a las que se sirve la cerveza. Desde la introducción de la filtración y el márketing de que una cerveza debe ser brillante, los cerveceros han adoptado una serie de técnicas para prevenir o reducir la formación de estos turbios en el envase. Estas técnicas son las denominadas de estabilización coloidal. Unas atacan y reducen la fracción de proteínas, otras la fracción de taninos y otras consisten en que no se puedan formar los complejos insolubles.

Entre ellas cabe destacar:

a) Enzimas: El uso de enzimas proteolíticas en la guarda (la papaína es la principal) modifica a las moléculas de proteína para que de este modo eviten su reacción con los taninos.

b) Acido tánico: Favorece que se lleve a término la reacción entre proteínas y los taninos, formándose un precipitado que se decanta al fondo del tanque de guarda, con lo que posteriormente no quedan componentes para precipitar dentro de la cerveza ya envasada. Tiene el inconveniente de unas mermas muy grandes y el coste de trabajar con dicho precipitado.

c) Absorbentes: El Nylon 66 y la polivinilpirrolidona (PVPP) son capaces de eliminar por absorción a los taninos. La bentonita y el silicagel activado en sus

diferentes formas son absorbentes de la fracción proteica.

5. Carbonatación

En el proceso clásico ésta se conseguía por medio de cerrar y someter a una contrapresión adecuada el tanque de guarda en el que todavía se llevaba a cabo la fermentación secundaria, con lo que el CO₂ generado se disolvía en el propio líquido y con ello se llegaba a una saturación del mismo.

En la actualidad sino hacemos una fermentación secundaria no hay posibilidad de carbonatar, por lo que la tendencia es a recolectar el CO₂ generado durante la fermentación principal y después de un proceso de secado, purificación con carbón activo y licuefacción el CO₂ se inyecta de nuevo a la cerveza en el momento que el cervecero desee por medio de diferentes técnicas: Carbonatación en línea: ya sea en el trasiego de un tanque a otro o bien lo más habitual después de su filtración y previamente a su envasado; Carbonatación en el tanque: por medio de inyectar CO₂ en la base del mismo con un difusor hasta que se consigue una sobrepresión en el mismo.

6. Homogeneización

En esta fase se ajustan los parámetros de la cerveza deseada por medio de mezclar los mostos fermentados a gravedad alta (elevado °plato de los mostos de partida, normalmente > 15°) con agua que debe tener unas características determinadas en cuanto a nivel de desaireación, carbonatación y de la mejor calidad posible.

7. Conclusiones

A la vista de todo lo expuesto anteriormente parece claro que el proceso clásico de guarda en tanques horizontales y por tiempo prolongado (Fig. 7), ha sido

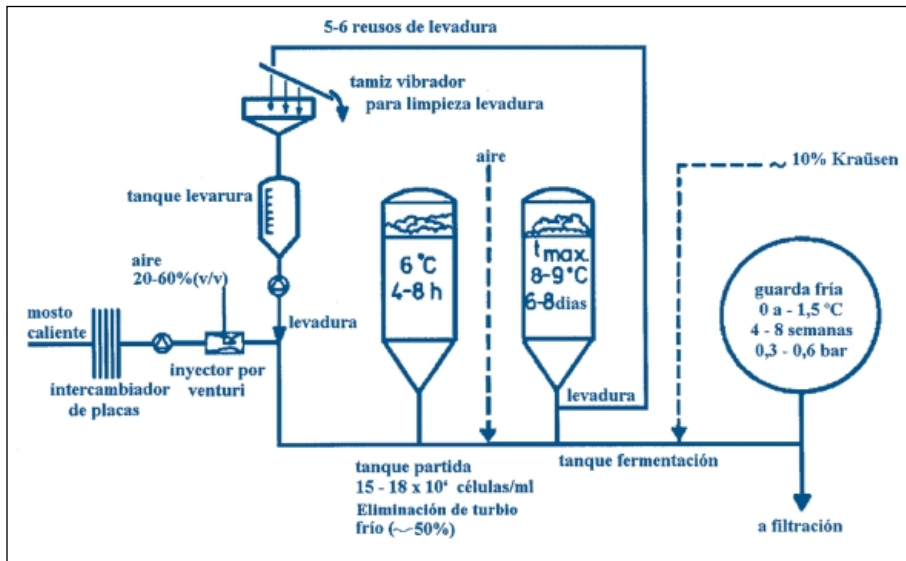


Figura 7.
Proceso clásico en tanques horizontales

sustituido en la mayor parte de las cervecerías del mundo por una fermentación principal hasta el límite, seguida de un corto período a temperatura alta para reducción del diacetilo, enfriamiento posterior y eliminación de la levadura por centrifugación previamente a una filtración de la cerveza junto con un tratamiento estabilizador coloidal de la misma.

8. Bibliografía

[1] B. Dest. Int., 22 abril (1978).
[2] Brew. Guardian, 122 (9), 55.

[3] Bellmer, H.G. y Knoepfel, H. Brauwelt, 120(29), 1069 (1980).
[4] Coors, J.H. "The Practical Brewer, Master Brewers Association of America, Madison WI., (1977).
[5] Dellweg, H. Monat. für Brauwissenschaft; 38(6); 262-266 (1985).
[6] Drost, B.W. EBC Proceedings Congress Amsterdam, Elsevier, London; Pag. 519-532 (1977).
[7] Geiger, E.; Brauwelt; 46; 1680-1692 (1980).
[8] Godtfrendsen, S.E. y Ottesen, M. Carlsberg Res. Comm.; 47; 93-102 (1982).
[9] Haag, O.G. "Proceedings 13th" Conv. Inst. of Brew. (Austral. & N.Zeel. Section), 81-86 (1974)
[10] Harris, J.O. y Irvine, J. Techn. Quart. MBAA, 15,30 (1978).
[11] Haukeli, A.D. y Lie, S., J.Inst. Brew.; 84(2); 85-89 (1978).
[12] Hoggan, J. EBC Monograph V, Fermenta-

tion and Storage Symposium, Elsevier, New York, 194 (1978).
[13] Hough et al., "Malting and Brewing Science", 2nd. Ed., Chapman & Hall, New York (1982).
[14] Inoue, T.; Rep. Res. Lab. Kirin Brew.; 16; 11-18 (1973).
[15] Inoue, T.; Hakkō to Taisha; 36; 49-59 (1973).
[16] Kieninger, H. "Brauwelt", 119(50), 1821 (1979).
[17] Maschelein, C. J.Inst.Brew., 92(3), 213-219 (1986).
[18] Maschelein, C., B. Dest. Int., 37, mayo (1981).
[19] Narziss, L. Brauwelt, 33, 1165 (1976).
[20] Narziss, L. y Kieninger, H., Brauwelt, 116(38), 1203 (1976).
[21] Natham, L., J. Inst. Brew., 36, 538 (1930).
[22] Pajunen, E. y Enari, T.M., EBC Monograph Y, Fermentation and Storage Symposium, Elsevier, New York, 181-191 (1978).
[23] Platikanow, J. y col.; Brauindustrie; 1054 (1991).
[24] Portno, J., EBC Monograph V, Fermentation and Storage Symp., Elsevier, New York, 145 (1978).
[25] Shardlow, P.J. Techn. Quart. MBAA, 9,1 (1972).
[26] Shuttlewood, J.R., B. Dest. Int., 22 agosto (1984).
[27] Szlavko, C.M. y Anderson, R.; J. Am. Soc. Brew. Chem.; 37(1); 20-25 (1979).
[28] Vrieling, A.M. EBC Monograph Y, Fermentation and Storage Symposium, Elsevier, New York, 135 (1978).
[29] van den Berg, R.; EBC Proc. Congress Londres; Elsevier; New York; 497-504 (1983).
[30] Wackerbauer, K.; Tag. für Brauerei; 71, 321 (1974).



Puede suscribirse a

ALIMENTACION
equipos
y tecnología

Por: Teléfono: 914 40 29 23 Fax: 914 40 29 31 Internet: www.alcion.es

Correo: Editorial Alción, S.A. - Edif. ECU - Medea, 4 - 28037 Madrid