

# Oxígeno del aire y calidad de la cerveza

Por J. A. Weigand

*(Traducción de un artículo publicado en la revista "Enzinger", núm. 2, de abril de 1964, y del número 1 de la misma revista correspondiente a enero de 1964.)*

La calidad de las cervezas fabricadas en Alemania ha mejorado notablemente durante los últimos quince años. Ha subido el nivel medio de calidad y puede afirmarse que la mayoría de las fábricas de cerveza han alcanzado las condiciones necesarias para eliminar grandes fluctuaciones de la calidad.

El papel más importante lo proporcionó la adopción de las siguientes medidas:

La instalación de suficientes secaderos de cebada.

El daño que sufría el germen antiguamente, a veces inevitable, debido al almacenamiento de cebadas cosechadas húmedas, con una humedad hasta el 18 ó 20 por 100, se ha podido eliminar casi por completo durante los últimos diez o doce años.

Mientras el malta de granos con el germen muerto, ya sea por viejos o por falta de oxígeno, puede considerarse como fruto crudo, puede otro malta que contenga del 4 al 5 por 100 de gérmenes grisáceos o negros muertos por exceso de humedad prestar a la cerveza un desagradable sabor áspero.

La adopción del método de separación del turbio frío por filtración del mosto frío o sedimentación del mismo, cuando menos durante doce a veinticuatro horas, en las tinas de siembra. (Debido a la caída del pH en la fermentación se favorece enormemente la precipitación del turbio frío.)

La prevención de las infecciones (sarcina y levaduras salvajes) debido al mejoramiento de los métodos de desinfección y por el esforzado empleo de levaduras de cultivo puro.

La baja de las temperaturas en la bodega de guarda por el empleo cada vez más extendido de enfriamiento por aire recirculado.

Con esta elevación de la calidad no han de darse todavía por satisfechos los cerveceros. La lucha de la competencia hará necesario también buscar las posibilidades para mejorar la calidad.

Aquí se nos ofrece como la resolución de más éxito la eliminación del contenido de oxígeno en la cerveza terminada.

Mientras que en el mosto la aireación en frío puede incluso ser insuficiente para obtener una fermentación buena, es, por el contrario, la eliminación del contacto con el aire de la cerveza terminada en su recorrido del tanque de guarda hasta la botella de una importancia cuya medida solamente se reconoce cuando uno se ocupa intensamente con este problema. Los conocimientos sobre la correlación en

este problema, así como las especificaciones analíticas han sido redondeadas en los últimos años, de forma que los laboratorios de la Enzinger-Union-Werke, que se ocupa de este problema desde 1950, hace poco tiempo que en un artículo publicado en el "Brauwelt" dio a conocer una visión general sobre las posibilidades para mantener alejado el contacto del aire con la cerveza. Debido a la importancia de este tema, hemos creído oportuno publicar los resultados de este trabajo en la revista para nuestra clientela.

El oxígeno del aire puede influir con una rapidez diferente en la cerveza. Si está disuelto en la cerveza, procedente, por ejemplo, de la filtración o del tanque de embotellado, y existen además en la cerveza catalizadores que favorecen la oxidación, como, por ejemplo, el metal pesado cobre, y además se aceleran las reacciones químicas de la oxidación al final del llenado por medio de la pasteurización, tendremos el más bello ejemplo de la más rápida influencia perniciosa del oxígeno sobre la cerveza. La bebida se ve afectada inmediatamente después de la pasteurización en el color y en el sabor. Dejando aparte este ejemplo de la pasteurización, puede observarse asimismo que con un contenido alto de oxígeno a los ocho días se nota ya un efecto de la oxidación, y si el contenido es bajo, a las dos semanas.

Si la cerveza contenía ya poco oxígeno en la bodega de guarda, pero se hizo un llenado con gran cantidad de aire en el cuello de la botella, necesita este oxígeno más tiempo para llegar a difundirse completamente en la cerveza (según Paukner, unas tres semanas, estando la cerveza en estante), y entonces el perjuicio se podrá comprobar más tarde.

Este proceso es más rápido si la cerveza se somete a movimientos bruscos durante el transporte.

Las consecuencias ya conocidas de la oxidación de la cerveza son:

Aumento del enturbiamiento por el frío.

Enturbiamiento permanente.

Aumento de color (oscurecimiento-enrojecimiento).

Sabor de oxidación ("sabor a pan") y aspereza (o aspereza solamente).

Descomposición de los componentes aromáticos (especialmente del aroma del lúpulo).

Esta última realidad ha permanecido bastante inadvertida. Hay cervezas que debido a su fino aroma de lúpulo han conseguido un renombre especial, pero dos o tres semanas después de su embotellado, a consecuencia de la oxidación de las sustancias aromáticas, obtienen unos componentes de sabor absolutamente negativos. Por otra parte, hay cervezas nacionales y extranjeras que a través de un intenso control del oxígeno consiguen que permanezca com-

pletamente inalterable, inclusive el aroma de lúpulo, después de seis meses y más.

Desde la parte biológica existen además otras consecuencias promovidas por un contenido alto de oxígeno, a saber: el favorecimiento de las infecciones por levaduras. Así, por ejemplo, ocurre a menudo el caso que cerveza de un mismo tanque, con igual número de células de levadura de cultivo o salvajes, llenadas en dos diferentes máquinas, una llenadora en la que la cerveza no produce espuma, se reproducen las levaduras, dando ocasión a reclamaciones, en tanto que la cerveza de la otra máquina que se ha llenado dejando espumar permanece completamente brillante.

En lo concerniente al llamado enturbiamiento de proteína de la cerveza, era ya conocida como difícil la aclaración de las relaciones químicas de su aparición. Hoy sabemos lo más importante:

La causa principal del temido enturbiamiento la tienen determinados productos intermedios en la formación de los taninos (principalmente leucoantocianinas), que bajo la influencia del  $O_2$  disuelto en la cerveza, condensan en moléculas mayores (taninos) y reaccionan después con sustancias proteicas de alto peso molecular (desde 12.000 hasta 40.000). Estas reacciones tánico-proteicas son inicialmente solubles y precipitan únicamente con el frío (turbio de frío). Por efectos de una oxidación continuada se vuelven insolubles (turbio permanente).

Los laboratorios cerveceros deben ocuparse en el futuro de las leucoantocianinas (sustancias flavonoides vegetales), a las que pertenecen la mayoría de las sustancias colorantes de las flores y frutos, ya que el descubrimiento de estos decisivos causantes del enturbiamiento de proteína ha conducido al hallazgo de sustancias de adsorción insolubles en cerveza (sustancias sintéticas de composición análoga a la proteína), con los que por primera vez pudieron separarse aquellas sustancias aisladamente de la cerveza.

Una cerveza suficientemente pobre en oxígeno se puede estabilizar con seguridad contra el turbio de proteína, sin eliminar valiosos componentes de albúmina, bouquet, espuma y amargor, como ocurría hasta ahora.

Se viene utilizando en el extranjero desde hace tres o cuatro años polvo de nylon, y también el PVP. (polivinilpirolidona), como el más puro medio de adsorción en la cerveza, insoluble en ella y de acción más efectiva y selectiva.

La Enzinger-Union-Werke (una casa alemana) ha fabricado con perlón alemán, mejor y más efectivo que el nylon, placas filtrantes de alta efectividad (placas estabilizadoras) para facilitar el trabajo de la estabilización de la cerveza, con los que se obtienen excelentes resultados de estabilización de la proteína. La estabilización de las cervezas de exportación se ha simplificado enormemente en relación con los incómodos y costosos procedimientos utilizados hasta ahora. La condición indispensable para un éxito completo es, sin embargo, también en este caso, que se trate de una cerveza con poco oxígeno.

Del aumento de color y enrojecimiento de la cerveza son igualmente responsables las leucoantocianinas, que se colorean en rojo debido a la oxidación. Es curioso que las

mismas sustancias, incluso en el mosto de uva blanco, vinos blancos y mostos dulces, producen por medio de la influencia del oxígeno este temido "enrojecimiento", e incluso si existe suficiente cantidad de proteína pueden llegar a producir este tipo de enturbiamiento.

Si se quiere evitar una aireación perjudicial de la cerveza, deben conocerse primeramente los límites perjudiciales e inocuos de las cantidades de aire. Según nuestras comprobaciones, que concuerdan con otros resultados, comienza ya el efecto perjudicial en cervezas claras embotelladas con un contenido de 1,0 mg.  $O_2$ /l., y toma caracteres serios con 1,5 mg.  $O_2$ /l. Con 3-4 mg.  $O_2$ /l., los cuales son fáciles de tener si no se toman medidas especiales, son inevitables los efectos sobre la cerveza embotellada, aunque el consumo sea relativamente rápido.

Son, pues, cantidades extraordinariamente pequeñas de oxígeno las que pueden dañar seriamente la calidad de una cerveza.

Como nosotros tenemos que ver en la cerveza embotellada tanto con el oxígeno disuelto en la cerveza como con el oxígeno contenido en el cuello de la botella, el cual influye mayormente al cabo de unas semanas, es importante saber a cuántos ml. de aire total a 20° C. corresponden aproximadamente las cantidades de oxígeno indicadas más arriba:

$$1,00 \text{ ml. } O_2 \text{ pesa a } 0^\circ \text{ C./760 mm. Hg.} = 1,429 \text{ mg.}$$

a la temperatura normal de laboratorio, es decir, 20° centígrados/760 mm. Hg.

$$1,00 \text{ ml. de } O_2 \text{ pesa } 1,332 \text{ mg.}$$

Por tanto,

$$1,00 \text{ mg. } O_2/l = 0,751 \text{ ml. } O_2/l. (20^\circ \text{ C./760 mm. Hg.)} = \\ = 3,6 \text{ ml. de aire total/l. de cerveza.}$$

En una botella de 1/2 litro es, pues, el límite perjudicial un contenido de 0,5 mg. de oxígeno, es decir, 0,375 ml.  $O_2$ .

Como el aire contiene 20,9 vol. por 100 de  $O_2$ , equivalen los 0,375 ml. de  $O_2$  a 1,8 ml. de aire en total.

"El límite perjudicial para una botella de 1/2 litro es, por tanto, de 1,8 ml. de contenido total de aire." (La literatura americana, por ejemplo, Ruff Becker, "Bottling and Canning of Beer", señala como máximo tolerable para 0,35 l. de cerveza = 1 ml. de aire. El equivalente para una botella de medio litro es de 1,43 ml. de aire, es decir, las magnitudes son aproximadamente las mismas.) Una cantidad 1,5 veces mayor, esto es, 2,7 ml. de contenido total de aire en una botella de 1/2 litro produce ya severos daños con un almacenamiento prolongado, mientras que en cantidades mayores de 5,0 ml. se producen graves variaciones si la cerveza no se consume pronto.

En comparación con los datos anteriores exponemos a continuación valores que se pueden alcanzar en la práctica con un buen control:

$$\text{a) En cerveza por bot. de } 0,5 \text{ l.} = 0,15\text{-}0,20 \text{ mg. } O_2 \\ = 0,11\text{-}0,15 \text{ ml. } O_2 \\ = 0,55\text{-}0,75 \text{ ml. de aire.}$$

$$\text{b) En el cuello de la botella (bot. de } 0,5 \text{ l.)} = 0,7\text{-}0,8.$$

Resumiendo, se admite como máximo 1,55 ml. aire/botella de 0,5 l., los cuales no se sobrepasan si se respetan las siguientes recomendaciones. Como se ve, no puede hacerse demasiado de ningún modo, ya que siempre queda casi suficiente cantidad perjudicial de oxígeno cerca del límite antes indicado. Para mantener estos límites de contenido de aire, es decir, oxígeno, es absolutamente necesario un control adicional: el control de contenido de aire o de oxígeno. Sin embargo, debe hacerse de antemano una distinción entre:

- a) La cantidad de aire que tiene ya la cerveza en la bodega de filtro.
- b) La cantidad de aire que toma la cerveza, es decir, la botella en la llenadora.

Trabajando irreflexivamente en bodega, puede llegar a tener la cerveza ya antes del llenado tal cantidad de aire, que hace inútil todo el cuidado que se ponga después en llenadora.

Durante muchos años se buscaba la causa de la absorción de oxígeno solamente en las máquinas llenadoras, por ejemplo, en el depósito de la llenadora. En realidad se dan hoy todavía muchos casos de cervezas con cantidades de oxígeno a la entrada de la llenadora, que de antemano impiden completamente tener una óptima estabilidad de la calidad de la cerveza. Hemos analizado cervezas que a la entrada a la llenadora contenían el oxígeno equivalente de 14 ml. de aire, esto es, 7 ml. de aire/botella de 0,5 l. Por este motivo no es correcto, al efectuar el control del oxígeno, determinar el aire total de la botella llena, como ocurre en parte con el aparato de Paukner. No se puede saber entonces la cantidad de aire que contenía ya la cerveza en la bodega.

Si se quiere alcanzar un claro éxito en la lucha contra la oxidación de la cerveza, deben efectuarse de continuo sobre todo dos controles diferentes. De una parte, la deter-

minación del contenido de aire o de oxígeno a la entrada de la cerveza a la llenadora, y de otra, la determinación de aire en el cuello de la botella para comprobación del resultado obtenido del espumeo de las botellas en la llenadora.

Si limitándose a estas dos determinaciones no se puede conseguir el contenido de aire en la llenadora y el del aire en el llenado, no tiene importancia si se trabaja con llenadoras de tubo largo, ya que la absorción de aire en este caso es de 0,1 mg.  $O_2$ /l. como máximo, y esta cantidad es bastante constante tratándose de la misma llenadora. Para poder conseguirlo sería necesario una tercera determinación: la del contenido de oxígeno en la cerveza de la botella.

Si no se quiere medir directamente en la entrada a la llenadora el oxígeno, sino el aire, lo que relativamente es sencillo y suficiente para la práctica, es necesario disponer del aparato para determinación de aire de Zahm con la botella de pruebas metálicas.

La botella se contrapresiona con  $CO_2$  puro para evitar el contacto de la cerveza con aire durante la toma de la muestra. El aire se separa de la cerveza por agitación y calentamiento de la botella y es conducido a una bureta que contiene una solución de NaOH, donde puede recogerse muy cerca del 100 por 100. Una descripción de este método se encuentra, entre otros, en el libro de Ruff-Becker y en su traducción de Stadler-Zeller. Los que posean un aparato de Paukner para determinación de gas, de la Wissenschaftliche Station de Munich, pueden usarlo conjuntamente en la botella de Zahm, la cual se puede adquirir también allí.

Para determinaciones científicas exactas de pequeñas cantidades de oxígeno es recomendable el método colorimétrico de Rotshild y Stone con disulfonato de índigo (De Clerck, "Cour de Brasserie", 1963, segunda edición, volumen II, página 743 a 746).

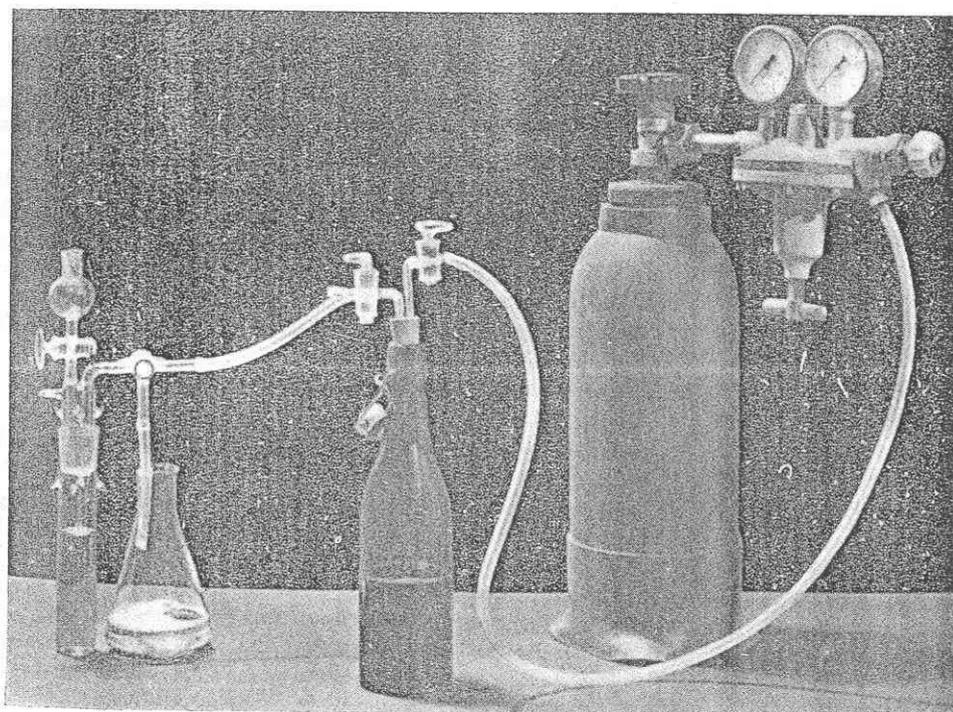


Fig. 1.—Determinación de oxígeno en cerveza por el método Rotshild, Stone y De Clerck, con el aparato modificado por el laboratorio de Enzinger. Traspaso por presión de la cerveza a analizar desde la botella a la cubeta de presión en ausencia de aire

Hemos empleado también el método del índigo en una forma simplificada, la cual da buenos resultados en manos de analistas cuidadosos, para la determinación rápida del oxígeno. Por este método de la jeringa, se toma una jeringa de empleo en Medicina de 10 ml., de la que se elimina el aire mediante un prellenado con agua, y que está provista de una aguja de 4 cm., y se llena con una pequeña cantidad del indicador (disulfonato índigo) debidamente reducido y que se tiene protegido del aire mediante ácido ascórbico, y se llena cada una de estas jeringas en el lugar de toma de la muestra con la cerveza a analizar. Para ello se conecta al grifo tomamuestras un trozo corto de tubo de plástico transparente, y con la ayuda de una pinza de muelle se elimina el aire haciéndola avanzar a lo largo del tubo de plástico, y se une directamente el tubo de plástico al grifo una vez abierto éste. Al llenarse la jeringa, se mezcla la cerveza con el indicador. Las jeringas se van colocando en una caja preparada para este menester. Después de un corto tiempo está ya la coloración tan avanzada, que se distinguen los puntos de mayor cantidad de aire.

Es necesario mencionar que en este eficaz método cuantitativo del índigo hay que restarle siempre un valor en blanco. Hemos podido comprobar que en cervezas maduras del tanque de guarda se encontraron por el método del índigo de 0,10 a 0,35 mg.  $O_2/l.$ , mientras que por el método volumétrico no se encontró oxígeno alguno. Parece tratarse de oxígeno en estado lábil, el cual no puede llegar a la levadura, y que sin embargo se detecta por el método colorimétrico.

Esta cantidad debe restarse siempre en el análisis de admisión de oxígeno por este método. Si el análisis de la cerveza en la entrada a la llenadora revela unos valores elevados de contenido de oxígeno, es indispensable buscar los puntos responsables de este incremento mediante un control de toma de oxígeno en las tuberías, entre el tanque de guarda y la llenadora. Para ello se toman muestras en todos los puntos convenientes. Los métodos para determinación son los mismos que se han descrito anteriormente.

A continuación informamos sobre interesantes comprobaciones que hemos hecho en estos controles de oxígeno; se comienza ya con la manguera que se acopla al tanque. Como ya es sabido, ésta ha de llenarse de agua antes de comenzar a pasar la cerveza, dejando el record algo flojo al principio para apretarlo en cuanto sale el agua que llega de la linterna mezcladora. Pero esto se olvida a menudo; si no se controla lo suficiente, y solamente con una bolsa de aire, a veces de varios metros de longitud, que tiende a ir hacia arriba, mientras las cervezas corren hacia delante, se disuelven durante horas considerables cantidades de oxígeno.

Esta succión de aire ocurre más a menudo de lo que se piensa, y la cantidad de aire que entra en el sistema de tuberías de esta manera puede producir peligrosas bolsas de aire incluso en el filtro si la succión no se incrementa paulatinamente.

La linterna mezcladora de Enzinger con cierre automático del aire puede proporcionar muy buenos servicios.

Pero la linterna mezcladora debe tener un número suficiente de linternas para poder conectar varios tanques a la vez, y antes del vaciado de un tanque dejar correr el siguiente, abriéndolo muy despacio.

Si en este sitio no se trabaja cuidadosamente, puede subir el contenido de la cerveza al acoplar cada tanque de 0,5 a 1,0 mg.  $O_2/l.$

Purgas de aire distribuidas en diferentes partes de la tubería, sobre todo antes de filtrar, son muy importantes, pero faltan a menudo. Enzinger construye un aparato muy útil para este menester, incluso para altos rendimientos. Las centrifugas no producen contacto del aire con la cerveza si la cerveza entrante llega a la máquina con suficiente presión.

Toda clase de filtraciones requieren sumo cuidado en lo que al contacto con el aire se refiere.

En un filtro de masa largo puede quedar una gran bolsa de aire si no se hace un prellenado correcto con agua. En otro caso es la admisión de aire de la cerveza grande, sobre todo al comienzo de la filtración. Varias fábricas de cerveza, movidas por nuestras indicaciones, han tomado medidas de seguridad, ya sea llenando el filtro con las placas sin apretar completamente, para que el agua que sale arrastre las bolsas de aire que eventualmente pudiera haber y sean arrastradas a su vez por el agua al subir, o bien una vez lleno de agua el filtro lo vacían y contrapresionan con  $CO_2$  antes de dejar entrar la cerveza. De este modo se eliminan también las mermas del comienzo de la filtración. Cuando el efecto de estas medidas no se estropea de nuevo con aire que se introduzca al cambio de un tanque a otro, entonces debe colocarse una purga de aire antes del filtro, como ya se dijo.

Como ejemplo, diremos que un filtro de masa de 80 placas, que no fue preparado en las debidas condiciones, puede ceder a la cerveza en los primeros diez minutos de filtrado 1,5 mg. de  $O_2/l.$

Al comienzo de la filtración puede ser el contenido de aire en la cerveza especialmente alto en cualquier sistema de filtración. Por ello es también aconsejable en circunstancias, en el llenado de cervezas de exportación, utilizar los primeros Hl. para otro destino, o bien lavarlos con  $CO_2$  para eliminar el aire (ver más adelante).

En la filtración con kieselgur se debe prestar sobre todo atención a los filtros con depósito. Los filtros de kieselgur de placas están construidos normalmente de tal forma que no son de temer las peligrosas bolsas de aire. La admisión de oxígeno durante la filtración se reduce al relativamente bajo contenido de aire del kieselgur y a aquel que pueda dosificarse eventualmente con el agua añadida, que a menudo contiene ya en la tubería ocho miligramos de  $O_2/litro.$

El contenido de oxígeno en las cervezas filtradas con filtro de kieselgur a placas apenas si sobrepasan los 0,1-0,15 mg. de  $O_2$  por litro.

En los filtros de kieselgur de depósito se puede llegar, según la forma de trabajo, a grandes admisiones de oxígeno. Por ejemplo, pudieron encontrarse en un filtro de este tipo absorciones de oxígeno superiores a los 2 mg./litro. Ello se debía a que en la cúpula del depósito tenía como almohadilla contra los cambios de presión una cámara de aire, de la que la cerveza que salía de los elementos filtrantes verticales arrastraba continuamente aire en la superficie. Como remedio eficaz se sustituyó el aire por  $CO_2.$

Es necesario tener también en cuenta en los filtros de depósito el que el aire que eventualmente pudiera entrar en la tubería en los cambios de tanques no se reúna en la cú-

pula del depósito y pueda pasar de allí a la cerveza. Es, por tanto, también necesario colocar purgas de aire antes de estos filtros, o dotar al depósito en la parte alta de una purga de aire automática.

Y pasemos ahora a aquella parte del embotellado en la que la mayor parte de las fábricas "pecan" todavía con el oxígeno del aire: el tanque de embotellado. Existen en parte todavía algunas creencias anticuadas, que se deben dejar ya a un lado para siempre en interés de la calidad.

Citaremos primeramente la opinión de que se puede evitar la formación de un surtidor de cerveza en el tanque mientras se llena la primera quinta parte de la cerveza, teniendo la suficiente contrapresión. La formación del surtidor depende únicamente de la velocidad de entrada, que a su vez está condicionada al flujo y al diámetro de la entrada.

Aparte de ello, también juega un papel la dirección del tubo de entrada interior, ya sea vertical o en ángulo muy

creencia de la formación de una capa de  $\text{CO}_2$ , que protege la superficie de la cerveza contra la aireación. Una capa de espuma protege naturalmente a la cerveza del contacto con el aire, pero ésta desaparece poco después de su formación.

La capa de  $\text{CO}_2$  encima de la cerveza se mezcla poco a poco con el aire de encima debido a la inevitable difusión de los gases, como nos lo han demostrado los análisis hechos en los tanques, de tal forma que durante la noche y menos durante el fin de semana existe una protección contra el oxígeno. Esto lo atestigua la absorción de aire de la cerveza en el tanque de embotellado, fácilmente comprobable.

Hemos medido aumentos de 0,2-0,5 mg. de  $\text{O}_2$ /litro durante la noche —según la presión—, y en los fines de semana y bajo presiones normales hasta 0,8 mg., y con elevadas presiones de aire, por ejemplo, 2,7 kilos/centímetro cuadrado, hasta 2 mg. de  $\text{O}_2$ /litro. Ello conduce, como se puede deducir de lo expuesto anteriormente, a una enorme pérdida en la calidad de la cerveza.

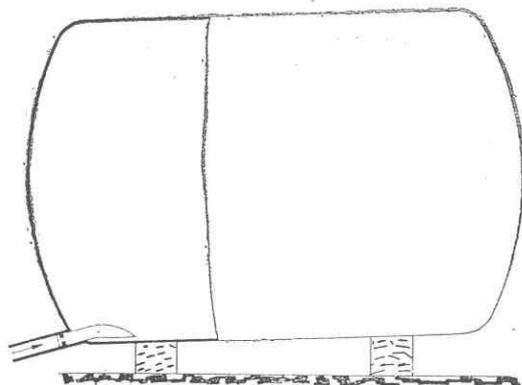


Fig. 2.—Codo de entrada con sujeción de bayoneta en un tanque horizontal de aluminio. (Realización Heraeus-Hanau.)

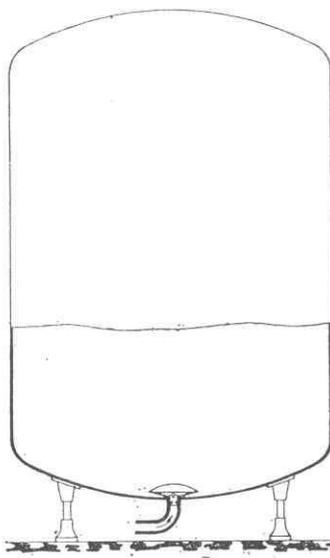


Fig. 3.—Ejemplo de una seta de entrada

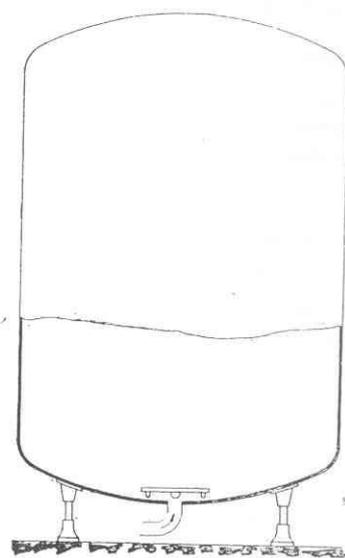


Fig. 4.—Chapas antisurtidor según Mühlbauer, Bayreuth

cerrado con respecto al fondo del tanque en los horizontales. En todos los casos en que los tanques de embotellado no se contrapresionan con  $\text{CO}_2$ , debe evitarse la formación de este surtidor de cerveza. Esto es relativamente sencillo de conseguir colocando tubos acodados, hongos o un dispositivo de choque.

Los croquis de las figs. 2, 3 y 4 aclaran el principio.

En los tanques con codos de entrada o en los tanques con tubos acodados ligeramente roscados es muy fácil la colocación de grandes campanas. En la entrada de los tanques verticales no ha tenido éxito, ya que éstas estando sumergidas no son lo suficientemente pesadas y se salen fácilmente de su sitio.

Al comprar nuevos tanques debían exigir las cervecerías el suministro de tales dispositivos. En los tanques de guarda no es necesario, sin embargo, evitar la formación del surtidor, ya que la levadura necesita el oxígeno y lo asimila totalmente.

Otra opinión acerca de los tanques de embotellado es la

Aisladamente, se encuentra también la creencia de que una pérdida de  $\text{CO}_2$  de una cerveza que permanece largo tiempo en el tanque de embotellado puede evitarse con una contrapresión elevada. Los gases se comprimen proporcionalmente a su presión. La concentración de oxígeno en la cámara de aire en un tanque a un kilo-centímetro cuadrado es el doble que sin presión, cuádruple a dos kilos-centímetro cuadrado y seis veces mayor a tres kilos-centímetro cuadrado. Proporcionalmente, aumenta, por tanto, la absorción de oxígeno. La presión de aire de los tanques de embotellado no debe ser alta, sino mantenerse lo más baja posible. Lo ideal sería, naturalmente, contrapresionar los tanques con  $\text{CO}_2$  puro para conservar la calidad de la cerveza.

Otra fuente de toma de oxígeno es la inyección de estabilizadores, como, por ejemplo, Bentonita o Stabifix, desde un recipiente a presión con aire. El peligro de que el operario de servicio no esté al debido tiempo en el sitio es demasiado grande y puede entrar una corriente de aire y burbujear en la cerveza tratada.

Previendo todas las faltas en la preparación de la cerveza para que el llenado pueda alcanzar el contenido de oxígeno de aquélla en la entrada a la llenadora, como hemos dicho, a no más de 0,3 hasta un máximo de 0,4 mg./l. Esto equivale al oxígeno de 1-1,5 ml. de aire en un litro de cerveza.

#### Lavado de CO<sub>2</sub>.

Queremos mencionar aquí el método usado en el extranjero desde hace mucho tiempo del lavado de la cerveza con CO<sub>2</sub>. Dejando pasar durante tiempo suficiente una corriente de CO<sub>2</sub> de burbujas finas mediante bujías de porcelana porosa se consigue, junto al mejoramiento del sabor, un arrastre del oxígeno disuelto. Se coloca para ello en los tanques de lavado de 1-2 bujías por cada 100 Hl. Para la eliminación del oxígeno disuelto se necesita —según la intensidad de la corriente de CO<sub>2</sub>— de siete a trece horas. Este método, naturalmente, es solamente rentable con recuperación propia de CO<sub>2</sub>.

#### Aumento del contenido de aire de la cerveza en el llenado.

Vamos a ocuparnos a continuación de la segunda parte, la aireación de la cerveza en el llenado. La cantidad de aire absorbido durante el llenado de la botella puede determinarse tomando como base la cantidad de aire y oxígeno que contiene la cerveza a la entrada a la llenadora, y después determinar los mismos en la botella una vez llena y, además, el contenido de aire en el cuello de la botella.

Existen tres posibilidades ya conocidas que pueden ocasionar un aumento del aire de la cerveza en el llenado:

1. En la cúpula de la llenadora (donde exista ésta).
2. Durante el llenado, es decir, mientras entra la cerveza en la botella.
3. Por el aire que permanece en el espacio vacío del cuello de la botella después del taponado.

##### 1. En la cúpula de la llenadora:

Al aumento del contenido de aire en la cúpula se le concedió ya hace tiempo una importancia relativamente grande, cuando aún se desconocía la magnitud de las posibilidades del aumento de contenido de aire entre el tanque de guarda y la botella. En esta situación surgió la llenadora de canal anular. En ella fluye la cerveza a través de un tubo de forma anular a los órganos de llenado, de manera que no existe ningún contacto con el aire.

En las llenadoras de cúpula, en las que el aire de contrapresión se encuentra encima de la cerveza, existía la desventaja en las de construcción antigua que la cerveza de retorno de los órganos de llenado, esto es, cerveza hecha espuma por agitación con el aire y vuelta a licuarse de nuevo, aflúa continuamente a la cúpula y aumentaba así notablemente el contenido de oxígeno. Este caso ya no se da en las llenadoras Enzinger. La cerveza de retorno se recoge en un depósito aparte.

Nuestras mediciones en diferentes llenadoras de canal anular han dado como resultado que durante el llenado sin interrupción a 1 Kg./cm.<sup>2</sup> de contrapresión, el aumento es de 0,05 mg. O<sub>2</sub>/l., es decir, casi nada.

Durante una pausa de treinta y cinco minutos pudieron apreciarse los siguientes aumentos:

En la capa superior de la cerveza (un centímetro de profundidad) = 0,55 mg. O<sub>2</sub> l.

En la capa inferior de la cerveza (cinco centímetros de profundidad) = 0,07 mg. O<sub>2</sub>/l.

Estos valores demuestran que —en general— a la cerveza del canal anular, incluso en llenado de contrapresión con aire, no le amenaza ningún peligro.

#### 2. Durante el llenado de la botella:

##### a) Organos llenadores de tubo largo:

Aquí juega naturalmente un importante papel la longitud del tubo, es decir, la altura de caída de la cerveza. En iguales condiciones y a 2 atmósferas de contrapresión, se encontraron los resultados que exponemos en la siguiente tabla:

TABLA I

Ejemplo del aumento de la absorción de oxígeno con la altura de caída de cerveza con tubo acortado (contrapresión, 2 Kg./cm.<sup>2</sup>):

Altitud de caída en mm.	Aumento de O <sub>2</sub> en mg./l.
55	0,25
80	0,35
105	0,42

Con tubo de llenado largo y una caída de tan sólo 10-20 milímetros, con un chorro tranquilo y compacto (como en la llenadora "Rex"), encontramos menos de 0,1 mg. O<sub>2</sub>/l. de aumento.

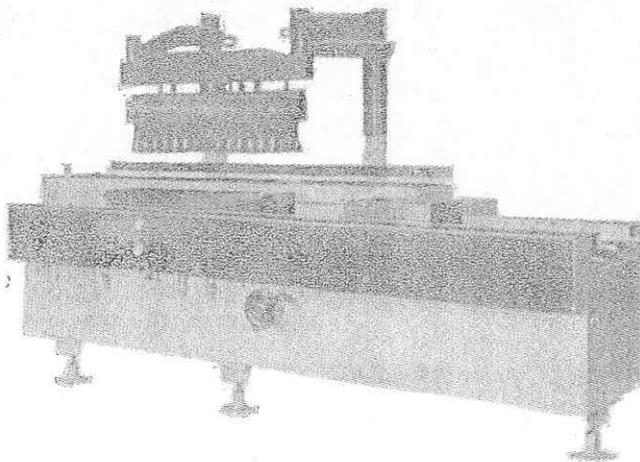
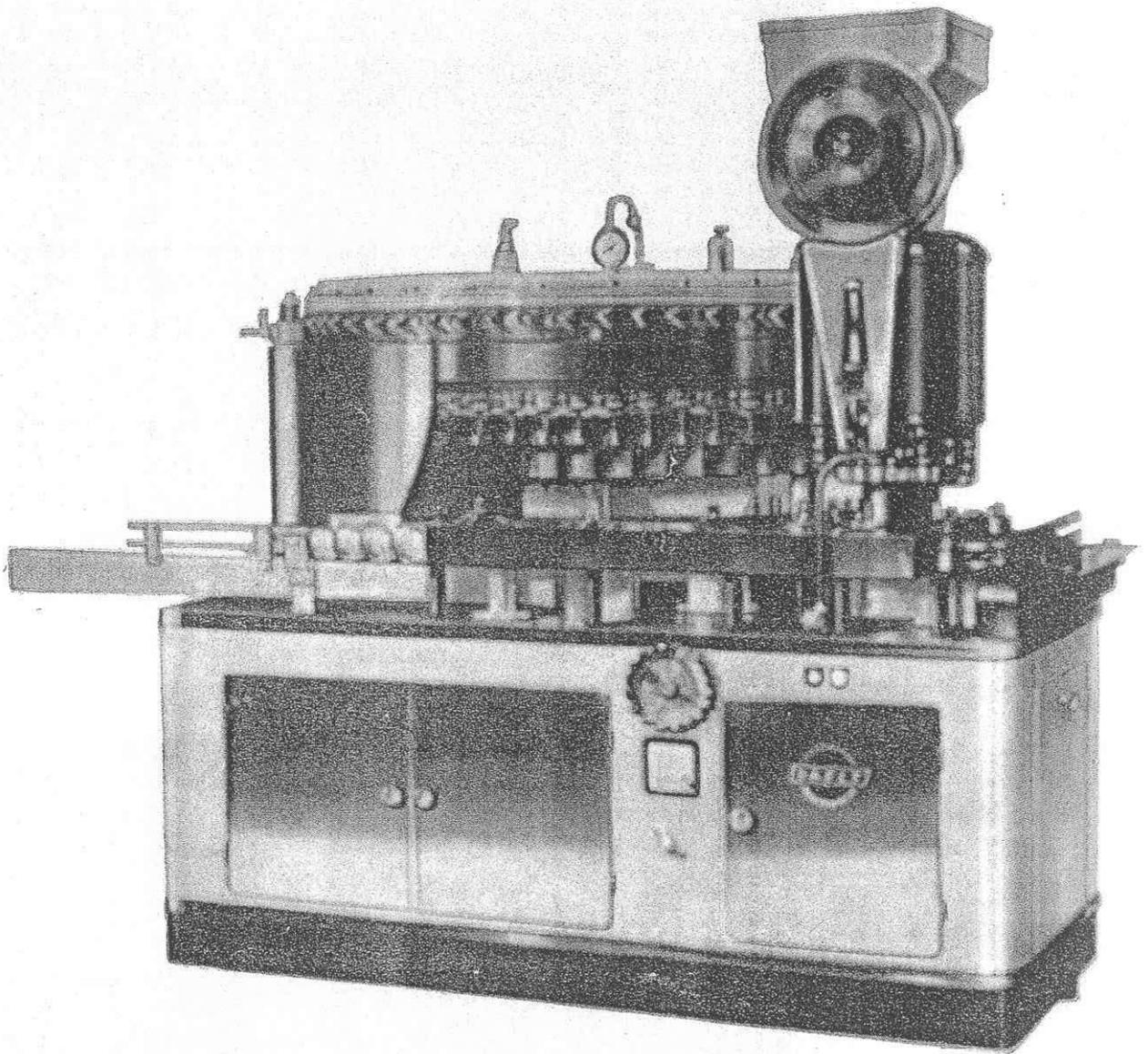
Con tubo de igual longitud, pero con caída turbulenta, lo que puede reconcerse por el ir y venir de burbujas de aire durante el llenado, pueden subir estos valores —a pesar del tubo largo— hasta 0,4-0,5 mg./l.

##### b) Organos llenadores de tubo corto:

Imitando al órgano de llenado de la casa americana Meyer Dumore, se construyeron también por numerosas fábricas de maquinaria llenadoras de tubo corto. En este sistema de llenado el líquido cae a lo largo de la pared interior de la botella en forma de una fina película y forma de esta manera una superficie mucho mayor frente al gas de contrapresión que se encuentra en la botella. (Ver "Enzinger Nachrichten" núm. 3/1960, "La influencia de diferentes métodos de llenado en la absorción de gas por la botella").

Si se trata de aire está claro que el aumento de oxígeno de la bebida, que depende de la magnitud de la superficie de contacto, será asimismo mucho mayor que las llenadoras con tubo de llenado largo. A esto hay que añadir que las llenadoras de tubo corto necesitan como mínimo una contrapresión de 1,75 atmósferas. Este tipo de llenadoras no es recomendado por ello por todos los fabricantes para el llenado de cerveza.

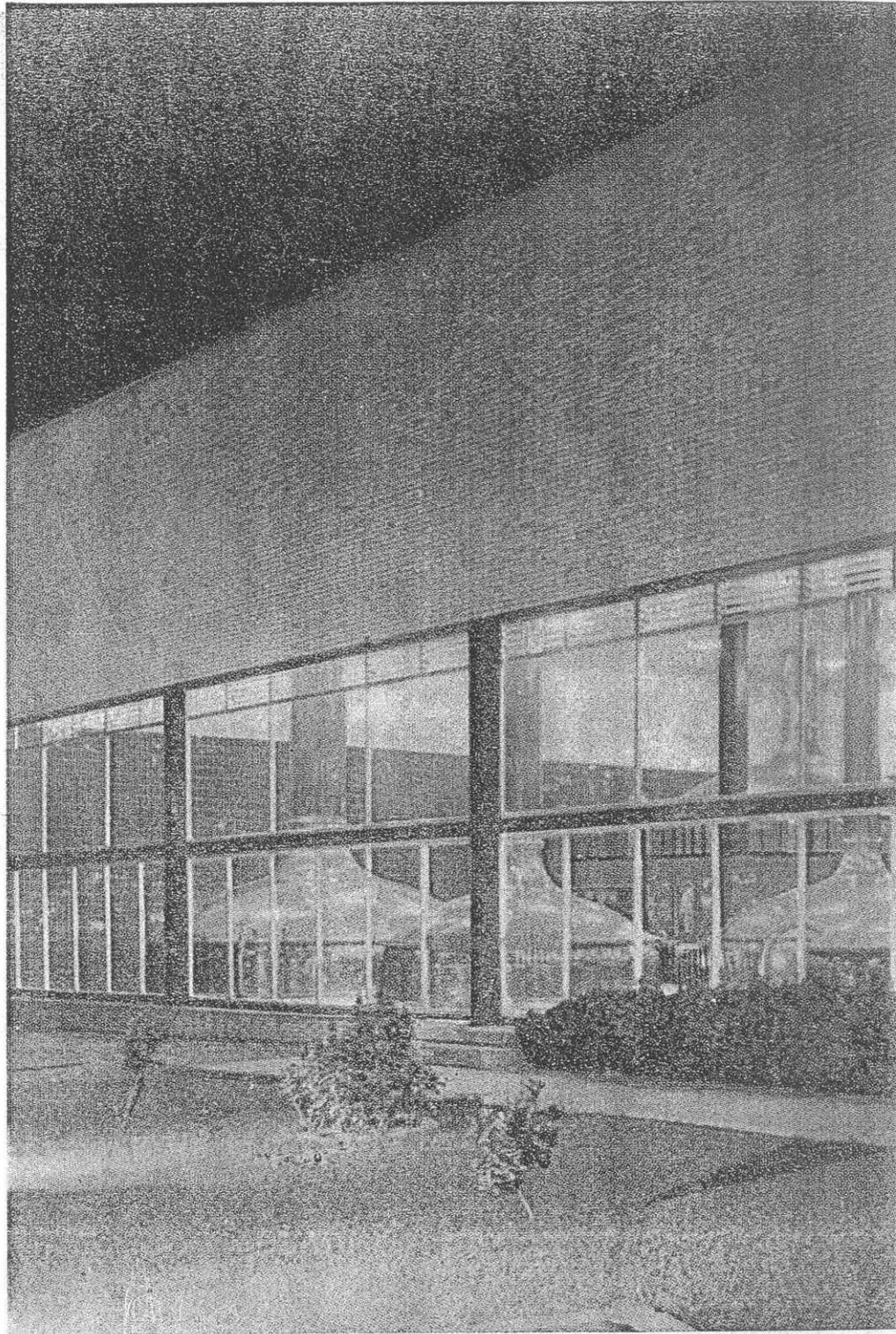
Si a pesar de ello se emplean, es necesario evacuar primeramente casi por completo el aire de la botella y contrapresionar después con CO<sub>2</sub>.



**BAELE - DELEGACION ESPAÑA**

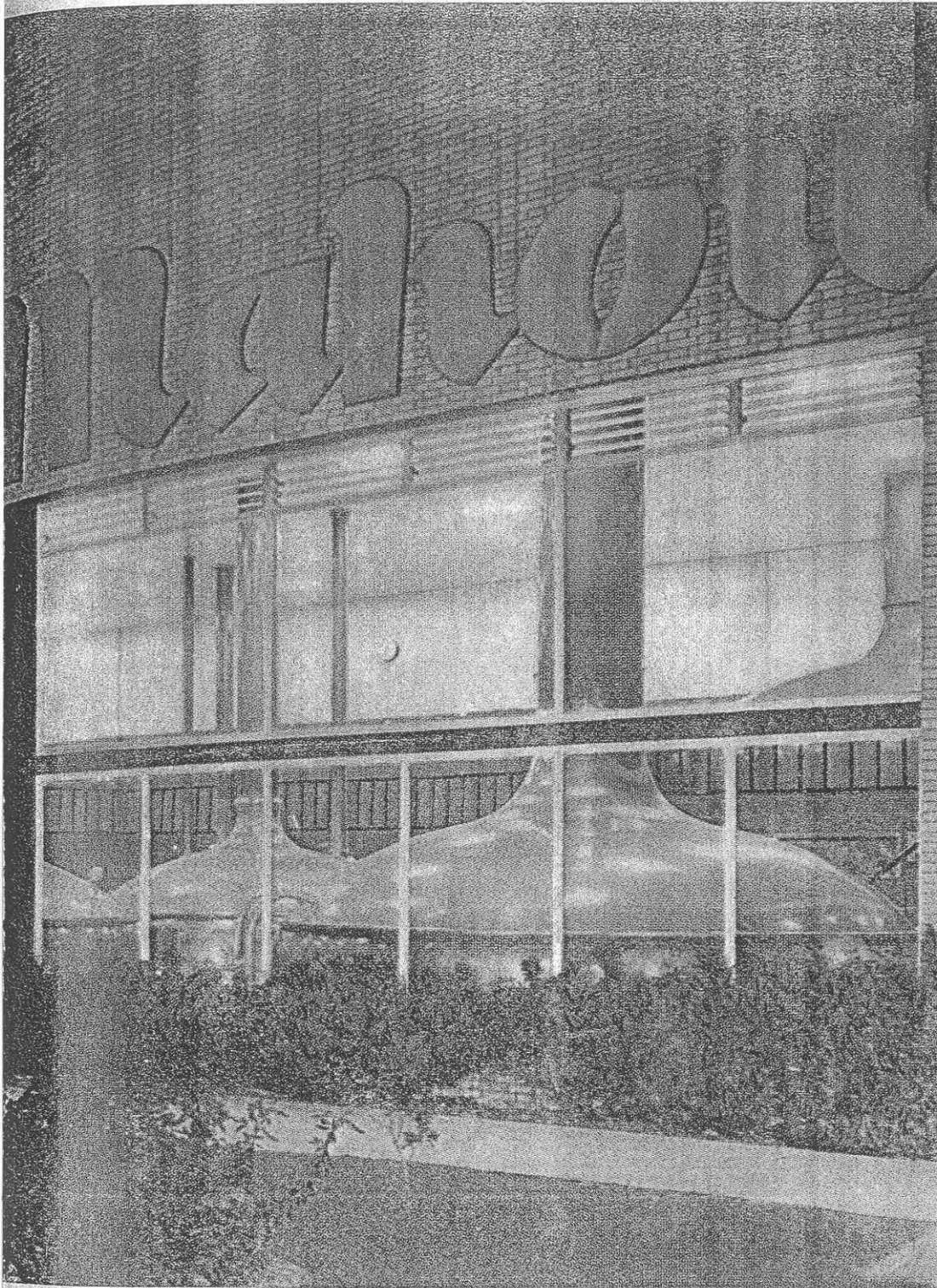
TARREGA. Av. Generalísimo, 19

MADRID. Apartado 8.119



Vista total de una sala de cocción doble compuesta por cuatro calderas de maceración de 400 Hl. cada una. Incluidos 58 tanques de guarda, 28 tinas de fermentación y 20 tanques de maceración. Posteriormente 50 tanques de guarda y 50 tinas de fermentación.

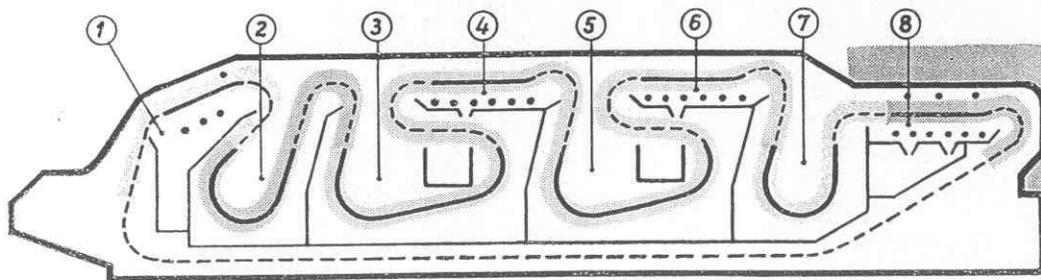
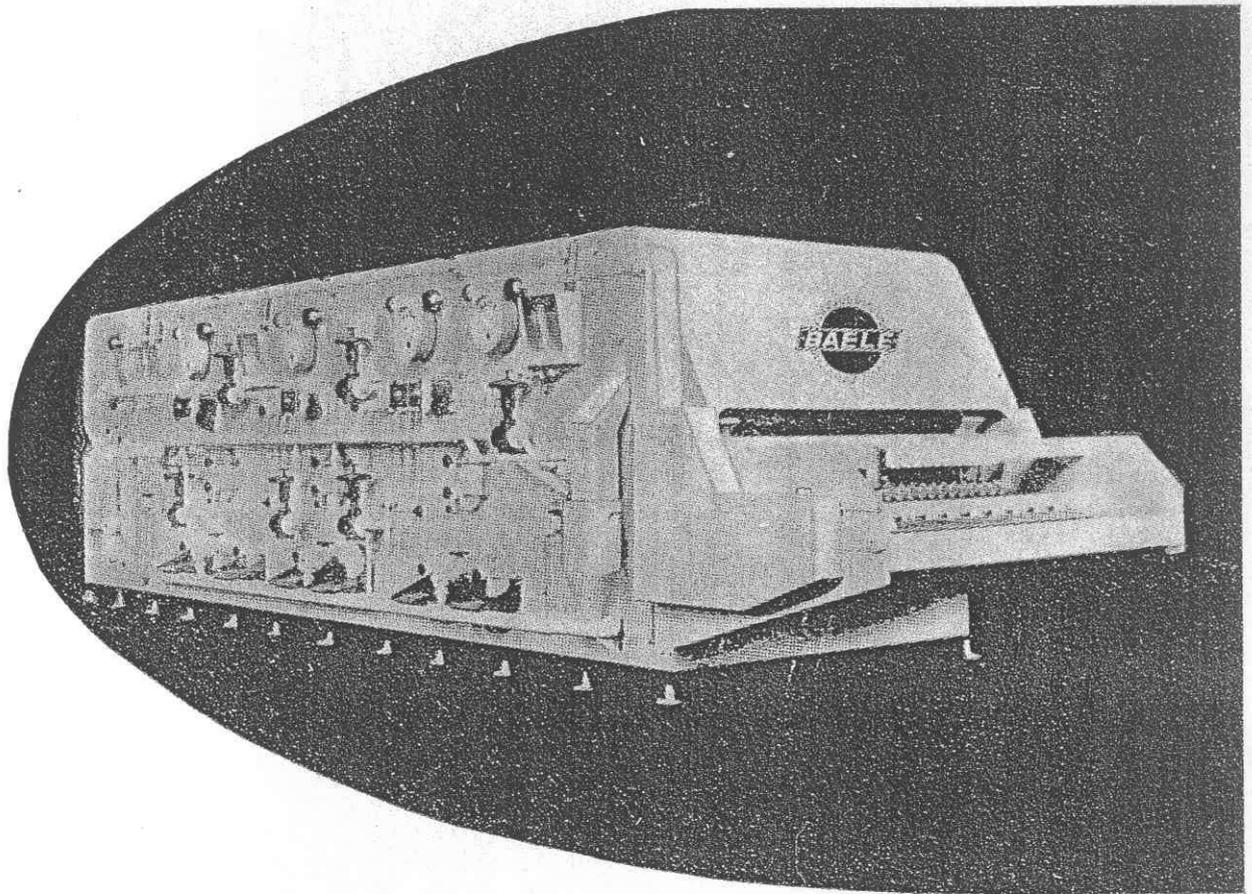
**Construida por BRASAG, S. A.**  
**(Sucesores de Ziemann Española)**  
**Constructores de SALAS DE COCCION**  
**DEL TIPO CLASICO - EN BLOQUE - TRAS PARED**



... calderas de mosto, dos cubas-filtro y un autoclave. Rendimiento: doce cocimientos-día de embotellamiento suministrados en una segunda fase de construcción, habiendo construido anteriormente fermentación, instalados en MAHOU, S. A., Madrid

Oficinas centrales: **BARCELONA-7**, Av. José Antonio, 610, pral.  
Teléfono 231 46 06

Delegación en **MADRID**:  
Fuencarral, 77, 4.º, 7.º - Teléfono 222 63 14



NUESTRO  
NUEVO  
TIPO DE  
LAVADORA  
A BANOS  
MÚLTIPLES

**BAELE, S. A.**

MATERIAL DE EMBOTELLADO PARA TODOS LOS RENDIMIENTOS  
HASTA 45.000 B/H

El alto rendimiento de las llenadoras de tubo corto para el llenado de cerveza hay que pagarlo a un alto precio, a base de costosas medidas. Una vez terminado el llenado, sale de la botella el tubo de aire de retorno, y en consecuencia entra aire en la botella en igual cantidad al volumen del tubo —debido a la formación de torbellinos, quizá algo más—, de forma que después se hace necesario la eliminación del aire del cuello de la botella dejando espumar la cerveza. En la tabla siguiente se exponen los resultados del aumento de contenido de oxígeno en las llenadoras de tubo corto para cerveza.

Aumento de oxígeno con las llenadoras de tubo corto:

	Aumento de oxígeno
Contrapresión de aire (2 Kg./cm. <sup>2</sup> ... ..)	1,1-1,6 mg. O <sub>2</sub> /l.
Contrapresión de CO <sub>2</sub> sin evacuación preliminar ... ..	0,5-0,7 mg. O <sub>2</sub> /l.
Contrapresión de CO <sub>2</sub> con evacuación preliminar ... ..	0,05 mg. O <sub>2</sub> /l.

### 3. El aire en el cuello de la botella.

En botellas de 1/2 litro el espacio normal es del 4 por 100, es decir, 20 ml. Si se llenan las botellas contrapresionadas sin formación de espuma encontraremos en el cuello de la botella —que siempre tiene algo de CO<sub>2</sub> desprendido de la cerveza— 16 ml. de aire como máximo, esto es, 32 ml. por litro de cerveza. Esto significa un 30 por 100 más de lo que se puede disolver en la cerveza. Solamente una pequeña fracción de esta cantidad perjudica severamente a la cerveza, como ya hemos aclarado, aunque sea después de un cierto tiempo. Estas cifras nos muestran que el aire del cuello de la botella, junto con el posible contenido de oxígeno de la cerveza por un trabajo descuidado en la botella, es un claro exponente del perjuicio que causa la oxidación. No existe, por tanto, nada más importante que eliminar este aire del cuello de la botella.

Para ello se conocen varios métodos.

1. Dejar espumar la cerveza con el fin de eliminar el aire con espuma rica en CO<sub>2</sub>, de las siguientes formas:

- a) Rebajar la contrapresión, con lo que la cerveza tiende a espumar antes.
- b) Elevación de la temperatura, con posibilidad de regulación de ésta desde la misma llenadora.
- c) Golpeo de las botellas, para lo que se deben colocar dos golpeadoras en la llenadora. Con ello la fuerza del golpeo de cada golpeador es menor y en caso de avería de uno de ellos queda otro de reserva.
- d) Efecto ultrasónico en las botellas. Este produce un resultado semejante al golpeo, consiguiéndose sin embargo una espuma más igual, de burbujas más finas y, por tanto, más pobre en aire.
- e) Inyección de cerveza en la superficie de la botella recién llenada.

En Estados Unidos existen dispositivos, ya en uso desde hace años, colocados en la banda transportadora de botellas, inyectoros sincronizados que acompañan un momento a la botella y que inyectan en la superficie de la cerveza un fino chorro de cerveza, consiguiéndose una espuma muy igual, que elimina el aire. El método de inyección de cerveza puede conseguirse de forma muchísimo más sencilla, como lo muestra prácticamente desde hace años la fábrica Amstel, de Amsterdam.

### 2. Inyección de CO<sub>2</sub> en el cuello de la botella:

Este método se conoce en Estados Unidos con el nombre de posgaseado. Se trata de una máquina especial colocada entre la llenadora y la taponadora, la cual, sobre una estrella y por medio de campanas de centrado, coloca sobre las botellas una válvula de inyección de CO<sub>2</sub>. Esta introduce un tubito para CO<sub>2</sub> un instante bajo la superficie de la cerveza e inyecta una determinada cantidad de CO<sub>2</sub> a unos seis milímetros de profundidad. La máquina es, naturalmente, costosa. En las fábricas alemanas, que se preocupan del problema del oxígeno, se encuentran hasta hoy solamente los métodos a, c y d, combinándose también a con c o d.

Todavía es necesaria una observación al punto de dejar espumar la cerveza.

Normalmente se supone que se obra lo suficientemente bien dejando subir la espuma hasta que forme un sombrerete en el gollete, para eliminar el aire del cuello de la botella.

Determinaciones del aire del cuello de estas botellas han dado también en ocasiones resultados correctos de no más de 1,0 ml. por botella de 0,5 l. (El óptimo alcanzado prácticamente es de 0,5/0,8 ml. por botella de 0,5 l.)

En otros casos, dejando espumar de la misma manera se han encontrado hasta 2 y 3 ml. de aire. Esta diferencia puede ser debida a diferentes causas. Cuando, por ejemplo, en la bodega de guarda hay ya abundante oxígeno disuelto, se da el caso real que en la formación de espuma en las bebidas carbónicas se desprenden primeramente las pequeñas cantidades de gases extraños existentes, tales como nitrógeno y oxígeno. En tal circunstancia, contiene la espuma formada abundante cantidad de aire. También tiene cierta influencia sobre el contenido de aire el tipo de espuma formado.

Se ha demostrado con seguridad absoluta que la espuma de burbuja fina, tal como se consigue con aparatos ultrasónicos, contiene menos aire debido seguramente a que los espacios intercelulares son menores.

Si la espuma superior contiene aire, entonces debe dejarse escapar ésta, si se quieren obtener buenos resultados. La práctica ha demostrado ser necesario en la mayoría de los casos dejar escapar una pequeña cantidad de espuma en una cantidad siempre igual en lo posible.

Hemos descrito en el último número de nuestra revista un método rápido simplificado para determinación del aire en el cuello de la botella, en un tiempo máximo de un minuto. (Numero 1/1964, traducción al final de este artículo.) Finalmente, queremos dar en la tabla núm. 3 una vista de conjunto de la realidad.

En ella están reflejados —referidos a botella de medio litro— las admisiones mínimas de oxígeno en la cerveza, observadas por nosotros hasta ahora, así como los valores máximos referidos a ml. de aire.

El orden de los valores corresponde a la magnitud de la admisión, es decir, según el riesgo de los diferentes puntos de admisión de oxígeno.

TABLA 3

Vista general sobre la magnitud de absorción de oxígeno en diferentes puntos de peligro.

Límite perjudicial = 1,4-1,8 ml. de aire por botella de 1/2 litro (los valores de oxígeno determinados por método colorimétrico están transformados en la cantidad de aire correspondiente).

Lugar de admisión de aire	Admisión mínima inevitable (ml. aire-botella 1/2 l.)	Valores máximos observados (ml. aire-botella 1/2 l.)
1. Canal anular...	0,0	0,0
2. Depósito anular ...	— de 0,09	0,09
3. Llenado de la botella (contrapresión con aire).		
a) Tubo de llenado largo.	— de 0,3	0,8
b) Tubo de llenado corto.	2	3

Lugar de admisión de aire	Admisión mínima inevitable (ml. aire-botella 1/2 l.)	Valores máximos observados (ml. aire-botella 1/2 l.)
4. Bodega de guarda (clasificación de la cerveza, etcétera) ...	0,5 - 0,8	7
5. Aire en el cuello de la botella ...	0,7 - 0,8	16

Puede apreciarse que la admisión de aire con órgano de tubo en comparación con el órgano de tubo largo es de cuatro a siete veces mayor y, por tanto, sobrepasa en cualquier caso el límite perjudicial.

Las medidas que se tomen para atacar el aire en la llenadora solamente no aportan un éxito completo, pues como puede verse en la anterior tabla, puede admitir la cerveza entre el tanque y la entrada a la llenadora cantidades de aire mayores que durante un llenado desfavorable.

El mayor peligro de perjudicar la cerveza por medio del oxígeno del aire lo amenaza sin embargo el resto de aire que permanece en el cuello de la botella.

En esta publicación se ha expuesto que este aire puede eliminarse a su debido tiempo mediante medidas adecuadas, esto es, antes de cerrar la botella. Por el contrario, no es posible eliminar el oxígeno del aire absorbido durante un proceso de llenado tecnológicamente falso, dado que aquél se encuentra ya disuelto en la cerveza.

