



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**Algunos Aspectos Generales
Sobre la Elaboración de Cerveza**

Monografía

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A

GENARO SANCHEZ RAMOS

**TESIS DONADA POR
D. C. B. - UNAM**

MEXICO, D. F.

1981



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	Pag.
CAPITULO I	
1.- Antecedentes Históricos.	2
CAPITULO II	
2.- Generalidades sobre el Proceso.	5
CAPITULO III	
3.- Variables que gobiernan el Proceso.	18
a).- Producción del mosto.	
b).- Fermentación.	
c).- Operaciones de Sedimentación.	
CAPITULO IV	
4.- Envasado.	74
CAPITULO V	
5.- Calidad de la cerveza y Metodología de Prueba..	78
CAPITULO VI	
6.- Servicios generales.	92
CAPITULO VII	
7.- Seguridad de la Planta.	98
CAPITULO VIII	
8.- Conclusiones.	104

INTRODUCCION

El presente trabajo es la exposición general del proceso cervecero en donde existen muchos detalles y variables de producción que deben tomarse en cuenta para desarrollar mejores técnicas, plantear modificaciones al equipo y así producir al más bajo costo posible un producto de buena calidad - que sea aceptable por el consumidor.

A pesar de la aparente sencillez del proceso, éste involucra varias operaciones unitarias, diversas técnicas en el manejo de materiales, control de las variables de producción conocimiento de complicados mecanismos químicos, bioquímicos acciones correctivas y prevención de contaminantes biológicos. Como puede verse es un marco de trabajo muy amplio pero con los ajustes pertinentes en el uso de materiales y equipos se logra máxima efectividad en la calidad de un buen producto.

En lo que respecta a este trabajo partiendo de antecedentes históricos continúo con una descripción general del proceso a fin de entender a grandes rasgos como se elabora la cerveza; en seguida describo las principales fases del mismo y las características del equipo usado. finalizo con unos comentarios sobre el control de calidad, servicios en la planta y seguridad industrial: áreas que complementan el proceso productivo de cerveza.

CAPITULO I

ANTECEDENTES HISTORICOS

La palabra cerveza proviene del vocablo latino "bibere" que significa beber. Los monasterios medievales prepararon - cerveza y clare es que fueron los difusores por Europa Central.

La antigua palabra alemana cerveza era "boer" o "bier"- que corresponde al vocablo del antiguo inglés "beer".

Los monasterios y otros establecimientos elaboraban cerveza en la edad media mediante el mismo proceso actual pues usaban cebada maltada y lúpulos, sin embargo las bebidas — producidas a partir de granos fermentados no tienen su origen en la edad media pues estos procesos se remontan a la — prehistoria del hombre.

Artefactos encontrados en ruinas de ciudades antiguas - muestran evidencias de prácticas formales en la elaboración de cerveza que existieron desde hace 5,000 años; como es el caso de un recipiente de alfarería encontrado en Mesopotamia el cual muestra dos trabajadores cerveceros usando dos astas largas para agitar el contenido de un recipiente cervecero, - este recipiente fué estimado haber sido hecho en el siglo — 37. A. C.

El libro de los muertos en Egipto estimado en 5,000 —

años de antigüedad menciona la elaboración de cerveza a partir de cebada. Así numerosos escritos y otras fuentes han dado referencias sobre el proceso cervecero (en el antiguo — Egipto).

También hay evidencias de que una cerveza llamada "kiu" fué producida por los chinos hace 4,000 años.

La antigua cerveza china fué elaborada a partir de cebada, trigo, mijo y también de arroz pero en el antiguo Egipto Mesopotamia y el Sur de Europa la cebada fué el grano preferido.

En el tiempo de la prehistoria hay evidencia directa de que el hombre fermentó sustancias naturales con contenido de azúcar pues anteriormente el había aprendido a hornear el pan y a elaborar cerveza hecha a partir de granos. Así también puede decirse que el hombre fermentó uvas muchos cientos de años antes de que él fermentara granos, así pues estos procesos son tan antiguos como el hombre mismo.

Nadie puede estimar con seguridad cuando el hombre empezó por primera vez a consumir bebidas fermentadas pero por las estimaciones hechas se calcula que fué hace 50,000 años.

Una clase de cerveza fué elaborada en América probablemente miles de años antes de que Cristóbal Colón descubriera América, pues ya el maíz era cultivado, mezclado con agua y fermentado para producir bebidas alcohólicas.

Ha sido estimado que el maíz fué cultivado en México — desde hace 7,000 años sin embargo no se tienen datos exactos:

de cuando empezó a fermentarse esta semilla.

Los primeros españoles llegados a América escribieron - sobre las bebidas fermentadas encontradas en América. Según el historiador español Gumerindo Mendosa, hace referencias sobre una bebida llamada Sendecho.

Con el auge de los descubrimientos geográficos en América la industria cervecera empieza a extenderse a través de este continente. Y es así como nacen muchas fábricas de cerveza que dependiendo del grado de desarrollo alcanzado en cada país, se ha ido modificando el equipo empleado en las diferentes fábricas, pero el proceso en sí ha tenido pocas variantes.

CAPITULO II

GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO

La fabricación de cerveza está basada en la fermentación de azúcares los cuales por la acción de las levaduras se transforman en alcohol y bióxido de carbono como productos principales.

La principal materia prima en la industria cervecera es el almidón contenido en algunos granos como es el caso de la cebada, el cual es convertido en azúcares más simples por procedimientos bioquímicos enzimáticos. La cerveza una vez que es obtenida como producto final es una solución acuosa carbónica con cantidades variables de alcohol, azúcares no fermentados, dextrinas, sustancias proteicas y componentes aromáticos derivados de la malta, el lúpulo y la levadura empleada en el proceso. Como componentes secundarios contiene sales inorgánicas, subproductos metabólicos de las levaduras materias extractivas vegetales menos conocidas, e indicios de hierro y cobre.

Transformado el almidón en azúcares más sencillos es realizada la fermentación en estos azúcares mediante levaduras que puedan utilizarlos y al llevarse a cabo tan complicado proceso enzimático se forman principalmente alcohol, bióxido de carbono y desprendimiento de calor.

Para un mejor aprovechamiento del almidón mediante pro-

cesos bioquímicos son desarrolladas gran cantidad de enzimas amilolíticas (amilasas), que tienen la propiedad de digerir el almidón y convertirlo en maltosa, de ahí el nombre dado a la malta que no es otra cosa que cebada germinada en la fase inicial y secada mediante procesos especiales.

En Katsura Brewery una vez formulado el lote, la malta proveniente de los silos es alimentada a los molinos de operación húmeda, pero antes por medio de un dispositivo neumático es pasada a la parte de pesada y limpieza, operación — que es totalmente automática.

Formulados los lotes, es decir tomando de diferentes — partes de los silos la malta, es pasada a los molinos húme— dos donde con una corriente continua de agua, el grano es — triturado a fin de generar más superficie de contacto en las reacciones químicas realizadas en el proceso posterior.

La corriente que sale de los molinos es alimentada al — Mash Kettle y al Mash Tun, equipos que hacen el papel de — reactores Bach y es en esta parte donde es realizada la so— carificación, proceso que tiene por objeto solubilizar las — proteínas y convertir el almidón en azúcares y dextrinas, — así como fijar las principales cualidades de la cerveza fina

También en esta parte del proceso el cual está altamen— te mecanizado, son adicionados los lúpulos que son de dos — clases y que van de acuerdo al tipo de cerveza que se debe — producir.

Terminado el proceso en el Mash Kettle y el Mash Tun, — los granos insolubles se separan por filtración en el Lanter Tun y se riegan con agua caliente a fin de optimizar el pro

ceso. Entonces el filtrado entra a los platos enfriadores, - proceso que tiene por objeto la pasteurización de la corriente proveniente del Lauter tun. Como esta corriente lleva muchos sólidos es realizada una clarificación en una centrifuga y con esta parte termina el proceso de preparación del mosto (Brewhouse).

El líquido clarificado saliendo de la centrifuga es pasado a los tanques de sedimentación donde es almacenado únicamente durante tres horas; estos tanques al igual que la mayor parte de equipo están construidos de acero inoxidable y para acelerar la sedimentación de sólidos, tienen en su interior un sistema de enfriamiento mediante amoníaco.

La fermentación proceso que es el más importante y debido a que es un proceso altamente exotérmico, la temperatura de fermentación es controlada entre 3°C y 10°C, mediante enfriamiento con serpentinas por donde circula amoníaco comprimido.

Para la cerveza propiamente dicha se emplea levadura de fermentación baja, cuyas células ascienden a la superficie.- Estas levaduras son cepas del género *Saccharomyces*, las cuales son preparadas y purificadas en el laboratorio Central de Suntory Ltd.

Después del proceso de fermentación, es realizado el proceso de filtración, operación que es hecha primeramente - mediante filtros prensa que usen como material poroso placas de celulosa.

Con el fin de hacer más brillante el producto nuevamente es filtrado a través de un filtro de discos y membrana de

ceso. Entonces el filtrado entra a los platos enfriadores, - proceso que tiene por objeto la pasteurización de la corriente proveniente del Lauter Tun. Como esta corriente lleva muchos sólidos es realizada una clarificación en una centrifuga y con esta parte termina el proceso de preparación del mosto (Brewhouse).

El líquido clarificado saliendo de la centrifuga es pasado a los tanques de sedimentación donde es almacenado únicamente durante tres horas; estos tanques al igual que la mayor parte de equipo están construidos de acero inoxidable y para acelerar la sedimentación de sólidos, tienen en su interior un sistema de enfriamiento mediante amoníaco.

La fermentación proceso que es el más importante y debido a que es un proceso altamente exotérmico, la temperatura de fermentación es controlada entre 3°C y 10°C , mediante enfriamiento con serpentinas por donde circula amoníaco comprimido.

Para la cerveza propiamente dicha se emplea levadura de fermentación baja, cuyas células ascienden a la superficie.- Estas levaduras son cepas del género *Saccharomyces*, las cuales son preparadas y purificadas en el laboratorio Central de Suntory Ltd.

Después del proceso de fermentación, es realizado el proceso de filtración, operación que es hecha primeramente - mediante filtros prensa que usan como material poroso placas de celulosa.

Con el fin de hacer más brillante el producto nuevamente es filtrado a través de un filtro de discos y membrana de

orificios bastantes pequeños de diámetro, estos filtros son de uso especial en Katsura Brewery. Terminada la filtración la cerveza es almacenada en los tanques de almacenamiento y en ellos la presión es ajustada, presión que es utilizada para pasar el fluido al área de embotellamiento.

Para terminar el producto y mandarlo al mercado es envasado, etiquetado y empaquetado, aspecto que está dividido en tres secciones pues cada una de ellas trabaja en forma alternada a fin de favorecer el aspecto de mantenimiento; pues como el proceso es en línea, el control de tiempos y movimientos en todo el proceso es muy importante y debe cumplirse con el máximo grado de eficiencia.

Tipos de Cerveza

De acuerdo al tipo de levadura que se use existen principalmente dos tipos de cerveza: de fermentación baja y de fermentación alta, esta última es aquella que después del proceso de fermentación la levadura flota en la superficie y se utiliza todavía en las cervezas ale, porter y stout.

La levadura de fondo cuyo uso empezó a mediados del siglo XIX ha encontrado aceptación general para preparar todas las demás cervezas del tipo llamado cerveza lager, cerveza de bodega o de fermentación baja.

Tipos de Fermentación alta.

La cerveza Ale cuyo origen es las Islas Británicas tiene como características un color pálido, sabor ácido y posee un marcado aroma que es debido a la gran cantidad de alcoholes superiores, formados como consecuencia de la fermentación

ción alta. La cerveza Ale Inglesa no es gasificada, mientras que la Americana está carbonatada, como la cerveza ordinaria

La cerveza Porter también de fermentación alta tiene como características un color más oscuro que la Ale y tiene — más cuerpo.

La Stout semejante a la Porter, se diferencia por el ma yor contenido de alcohol y el aroma más acentuado.

Tipos de Fermentación Baja.

Del término "Lager" que significa "almacen" y aplicado a las cervezas fabricadas con levaduras de fondo, cuya fermentación se completa lentamente teniendo el caldo varios me ses en la bodega.

La cerveza Pilsen, original de Bohemia, tiene un color pálido y sabor seco característico del lúpulo; este nombre — se aplica en todos los países a las cervezas claras.

La cerveza Boock se fabricó originalmente en Baviera — para celebrar la Pascua de Resurrección, pero la costumbre de preparar en determinada estación del año una cerveza oscura de sabor espeso, fuerte y rica ha sido aceptada generalmente. Los nombres de Munich (München), Kilmack y Würzburg, corresponden a cervezas oscuras del mismo tipo que la Boock.

La cerveza americana es clara y más carbonatada que ninguna otra. La distribución de la cerveza a través de grandes espacios, y en condiciones climáticas muy variadas, impone — muchas exigencias a su estabilidad coloidal.

Aspectos sobre las Materias Primas.

Cebada y malta.

A diferencia de las cervecerías las cuales generalmente están localizadas cerca de su área de mercado, las plantas de malta están generalmente localizadas cerca de la fuente de materia prima.

Katsura Brewery localizada cerca de la ciudad de Osaka, Japón tiene como proveedores de malta a Inglaterra, Australia, América y Checoslovaquia principalmente. Idealmente la cebada deberá ser grande, uniforme en tamaño, ligeramente en loreada, libre de hongos y manchas especialmente en el germen final y libre de semillas extrañas.

De acuerdo a la cebada hay dos tipos principales de cebada maltera, una de seis filas y otra de dos filas. En general la cebada de dos filas contribuye a la elaboración de malta aproximadamente 20-25%, pero la característica más importante es que generalmente se acepta como nivel de germinación más bajo el 95%. Para producir malta de calidad la cebada deberá germinar uniformemente, no tener más del 13.5% de humedad y un factor que es el más importante y está relacionado al contenido en proteínas, pues una cebada alta en proteína genera un extracto bajo, contenido más grande de enzimas, alta diferencia de sedimentos, alta proteína soluble y generalmente más dificultad en la elaboración de malta.

La manufactura de malta es el proceso que consiste en controlar la germinación de la cebada durante la cual son formadas enzimas y las reservas alimenticias son suficiente-

mente modificadas y así puedan ser hidrolizadas en el proceso de sacarificación.

El proceso de malta generalmente consiste de tres etapas la primera es llamada empapamiento, y consiste en sumergir en agua la cebada clasificada y limpia hasta que un contenido de humedad determinado es alcanzado. La segunda etapa llamada germinación, la cebada empapada entonces es forzada a germinar bajo condiciones controladas. El tercer estado, llamado horneo, la cebada germinada es secada en una corriente de aire caliente y con ello el proceso de germinación es detenido. En todos estos pasos el control adecuado de temperatura, humedad y flujo de aire es requerido.

Adjuntos.

Definidos como materiales constituidos a base de carbohidratos no maltados de composición adecuada y propiedades que complementan benéficamente o suplementan al principal material cervecero como es el caso de la malta de cebada.

Con estos adjuntos se logra una alta actividad diastática que es suficiente para convertir una gran cantidad de almidón que está contenido en la malta misma y que optimiza — con la adición de materiales conteniendo almidón y así es — obtenido más extracto a un costo más bajo.

Estos adjuntos constituidos por almidón de maíz o arroz tienen proteínas que no se solubilizan mucho durante la preparación del mosto y con ello se logra diluir el alto contenido de nitrógeno soluble en la malta y al usar estos materiales se produce una cerveza con una alta estabilidad física.

Aunque los adjuntos son usados principalmente porque — ellos proporcionan extracto a bajo costo mucho más que el — disponible de la malta, otras ventajas es que producen una — cerveza de color claro, gran brillantes, alta estabilidad física y cualidades muy superiores a prueba del frío, atributos que son esenciales en la cerveza envasada.

Lúpulos:

Los lúpulos son las partes femeninas de dicha planta. — El uso de los lúpulos es indispensable para proporcionar el aroma característico de la cerveza, la mayor cantidad de lúpulos que consume Matsura Brewery son comprados a Checoslovaquia, los cuales se importan en dos formas, como lúpulos recomprimidos y lúpulos en forma de píldoras.

Para lograr una mejor estabilidad en el almacenaje de esta materia prima es muy importante el control de la temperatura y humedad.

Para un mejor control en la calidad de los lúpulos es necesario que el color sea verde o verde-amarillo pues un color café indica daño por insectos, secado impropio, oxidación o añejamiento. El olor es típico pero principalmente aromático. La textura es plástica, no pulposa ni quebradiza y el contenido de semillas, hojas y retorcios debe ser menor del 3% por peso de material.

Como constituyentes químicos del lúpulo se encuentran principalmente los siguientes aceites: el "Myrcene" que es el principal constituyente del aceite y el "humulene" el cual varía inversamente con el Myrcene.

Las resinas del lúpulo producidas y almacenadas en las glándulas lupulinas, proporciona a la cerveza un carácter — distintivo de las otras bebidas. Las principales resinas pueden ser suaves y duras de las cuales las primeras están constituidas por ácidos alfa, que son los que proporcionan un — sabor amargo (Humulona, cohumulona y adhumulona) y los ácidos beta, que al isomerizarse durante la ebullición del mosto no darán isócidos, además del amargo que proporcionan — tienen un poder notablemente antiséptico.

Para extraer las resinas del lúpulo se emplean diversos solventes; siendo los principales: alcohol metílico, cloruro de metileno y el hexano. Estos diferentes solventes dan a su vez diferentes concentraciones de ácidos alfa. Como los productos de extracción son más estables que el lúpulo natural y pueden sustituirlo completamente en la fabricación de cerveza últimamente se está optando por esta forma.

Levadura.

Hay dos tipos principales de levaduras conocidas en la elaboración de cerveza; desarrolladas por procesos de selección natural y mutación. Antes de que fueran inventados los sistemas de refrigeración se usaban exclusivamente levaduras de superficie y actualmente es casi de uso exclusivo el empleo de las levaduras de fondo, la división de éstas y superficie, pueden deberse al diseño o al tipo de proceso realizado.

Dependiendo del tipo de cerveza que se desea obtener se hace una selección de levaduras específicas, pues las poco — flocculantes darían una pobre atenuación y las demasiadas floculantes generarían una atenuación excesiva.

Ordinariamente la levadura se recupera después de terminada la fermentación y se vuelve a utilizar una y otra vez durante muchas generaciones y, es entonces cuando se recurre a la cepa original, la cual se propaga de tal manera que sustituye a la anterior, antes de que ésta empiece a degenerarse.

La levadura de fondo no suele formar esporas, se adapta bien a la fermentación a bajas temperaturas (11 a 15°C) y se deposita en el fondo del tanque al terminar la fermentación. Con diferencias opuestas la levadura para fermentación altas esporógena, fermenta a temperaturas altas (15 o 20°C) y tiende a flotar en la superficie.

La levadura cervecera se elige, no solo por su poder de fermentación, sino más bien por el sabor que comunica a la cerveza. El comportamiento físico de una cepa de levaduras influye en el proceso de fermentación, pues dependiendo del poder de floculación si lo hacen rápidamente empiezan a depositarse a medida que aumenta el contenido de alcohol conforme la fermentación. Estas levaduras dan buena clarificación natural, pero la cerveza terminada contiene una gran cantidad de extracto fermentable y a menudo carece de estabilidad. Otras cepas de levadura llamadas pulverulentas, muestran poca tendencia a aglutinarse y se depositan lentamente, la cerveza resultante fermenta hasta el fin, tiene buena estabilidad biológica y el proceso de clarificación se elimina con un buen equipo.

Agua.

El agua normalmente contiene una amplia variedad de sales ionizadas y en forma de iones. Los principales iones —

cargados positivamente son: H^+ , Mg^{++} , Na^+ , K^+ , Fe^{++} ó Fe^{+++} , Al^{+++} , NH_4^+ y entre los iones cargados negativamente son: OH^- , HCO_3^- , SO_4^{--} , SiO_3^{--} .

Aún cuando es difícil definir criterios óptimos para la calidad del agua, en el caso de la industria cervecera debe buscarse que el agua este libre de microorganismos que produzcan enfermedades o que contengan en solución sustancias que produzcan efectos fisiológicos adversos. El agua debe ser clara, sin color, inodora y libre de ciertos gérmenes según criterios microbiológicos.

Una cantidad suficiente de calcio es esencial en el agua cervecera particularmente en la preparación del mosto, pues el calcio protege a la alfa-amilasa contra su destrucción por el calor, estimula la acción enzimática de la proteasa y amilasa, así también ayuda a obtener y controlar el pH en la preparación del mosto.

El magnesio sirve como una importante coenzima durante la fermentación.

Alta alcalinidad contrarresta los efectos benéficos del calcio y magnesio por lo que este aspecto debe ser bien controlado, pues incluso puede ocasionar la extracción indeseable de fenoles en el grano.

Con el sodio y potasio aún cuando no se les encuentre una alta concentración, tienen efecto en el aroma de la cerveza.

El agua que contiene Hierro ya sea en forma de iones o-

combinado con materiales orgánicos puede generar aguas coloradas o ligeros depósitos turbios.

Los sulfatos se piensa que contribuyen a un olor más agrio y amargo en la cerveza producida.

Se ha considerado que la presencia de cloruros origina una cerveza más madura y agradable al paladar.

Altas concentraciones de nitratos son consideradas perjudiciales a la fermentación cuando éstas sustancias son reducidas a nitritos por la acción bacteriana durante la fermentación; originan con ello una reducción en la velocidad de la fermentación y puede afectar fatalmente a las levaduras.

La materia orgánica que se encuentra disuelta en el agua causa olores indeseables, otro peligro es la generación de un sabor desastroso.

Básicamente un agua para elaboración de cerveza debe ser:

- 1.- Debe cumplir con los mismos requisitos que un agua potable.
- 2.- No tener color, inodora y libre de materia orgánica
- 3.- La alcalinidad en el suministro deberá ser reducida a 50 p.p.m. o menos.
- 4.- Si la alcalinidad es 50 p.p.m. o menos el p^H no es importante, un rango aceptable puede estar entre -

4 y 9.

5.- El agua de suministro para el mash tub deberá tener aproximadamente 50 p.p.m. de calcio. Ligeramente más de la mitad del calcio, ya sea la proveniente de la malta o la adicionada es pérdida durante la preparación del mosto y debido a ello es necesario agregar una porción substancial de los requerimientos de calcio directamente a los reactores.

Un nivel de calcio de 40 a 70 p.p.m. en el principal preparador de mosto ayudará a preservar las enzimas y mejorar el producto de extracción, así también un nivel de 80 a 100 p.p.m. de calcio en el mosto ayuda a controlar el pH ayudando al desarrollo de las levaduras, floculación de las mismas, remoción y reducción de colores en el mosto, generalmente se acepta un contenido de calcio de 60-80 p.p.m. en el producto terminado.

CAPITULO III

VARIABLES QUE GOBIERNAN EL PROCESO

Producción del Mosto

El proceso cervecero puede decirse que empieza con la - preparación del mosto que es un fluido que contiene una gran cantidad de sustancias complejas solubles y suspendidas, de rivadas de las materias primas. Debido a las reacciones químicas y bioquímicas realizadas en esta parte es el segundo - proceso enzimático en importancia; pues el primero es por su puesto la formación de malta y el tercero es la fermentación

En el proceso de elaboración de mosto interviene la tri turación que es el mezclado de proporciones adecuadas de mal ta y adjuntos en agua caliente, seguido por un número de ciclos de calentamiento y reposo. Las sustancias que son así, solubilizadas en agua son llamadas extracto y la solución de extracto y agua es llamada mosto.

El mosto dulce obtenido es separado de los sólidos mediante una filtración y el mosto resultante, un líquido claro, color paja, con aroma de malta distintivo y sabor dulce, es el fluido que continúa en todo el proceso cervecero. Los sólidos de la molienda son separados y salen como subproductos.

Manejo de las Materias Primas

Almacenaje y transportación.

Debido a la capacidad de almacenamiento en la planta, - la materia constituida por la malta es almacenada en silos - que ahorran espacio de terreno y prestan grande economía con tra que si el material fuera guardado en sacos apilados, ope ración que aparte de resultar anticuada en la actualidad no resulta buena para plantas que manejan gran capacidad de car ga.

Los lúpulos son almacenados en salas secas, frías, limpias y oscuras a temperatura de 0-10°C y humedad relativa - de 55-65% que es la recomendada. Las salas de almacenaje de lúpulos son bien mantenidas y usadas para este propósito ex clusivamente. Los adjuntos son almacenados en otra sala es pecial.

Para transportar la malta de los silos al proceso ini cial es necesario el uso de transportadores neumáticos que - consisten de un equipo para succionar o soplar através de - una línea cilíndrica, las partes de este equipo están consti tuídas por el alimentador, la línea de transporte y acceso rios, el separador cuya función es separar el grano y el ai re, descargador de aire encerrado y ventilador con su respec tivo motor.

El transporte de adjuntos es realizado mediante siste - mas transportadores que reúnen características sanitarias sa tisfactorias para este propósito.

Pesado.

Para asegurar una adecuada formulación al inicio de -

la operación, la malta y adjuntos son pesados mediante un sistema de control programado que controla la cantidad de grano que se va a usar.

Molienda.

Aún cuando esta operación tiene por objeto reducir el tamaño de la materia prima a tamaños de grado uniforme o fineness, un objetivo más complejo en la molienda de la industria cervecera es:

- 1.- Dividir la cáscara de preferencia en forma longitudinal a fin de exponer la parte interna del núcleo y el endosperma.
- 2.- Generar mediante la molienda una desintegración completa del endosperma y hacer que todos sus constituyentes sean accesibles a la acción enzimática.
- 3.- Conservar la cantidad de finos a fin de minimizar y prevenir la formación de sustancias que causarán masa excesiva en el macerado.

Cuando la molienda es realizada idealmente la malta debe contener:

- 1.- Núcleos sin moler.
- 2.- La mayoría de las cáscaras divididas no deben llevar partículas adheridas de endosperma.
- 3.- El endosperma debe reducirse a partículas pequeñas.

de tamaño uniforme.

Respecto a los equipos usados en la molienda, los molinos cervecedores más usados son los de 6 pares de rodillos, en los cuales es separada la cascarilla (sin sufrir deterioro); gracias a la entrada longitudinal del grano al primer par de rodillos y saliendo un producto final de sémolas fina y gruesa, harina y cascarilla.

Ultimamente ha tomado gran impulso la molienda húmeda; (principalmente en aquellas cervecerías que usan cebada como adjunto); ésta consiste en someter al grano a un remojo previo a la molienda y de esta forma facilitar el desprendimiento de la cascarilla, siendo este tipo de molienda el más eficiente de los conocidos.

Sea cual sea el tipo de molino empleado en el proceso - debe procurarse que éste equipo tenga un buen dispositivo — que asegure una corriente continua de malta, mediante un separador magnético retenga partículas metálicas que puedan estar en la alimentación.

Maceración.

Hay varios métodos de maceración que se aplican actualmente pero que dependen del tipo de equipo usado para tal — fin; aprovechando las ventajas y desventajas que ofrecen las materias primas tales como el agua, malta o adjuntos. Los métodos actuales de maceración pueden clasificarse principalmente como sistemas de infusión o sistemas de decocción los — cuales pueden combinarse o modificarse.

Para los sistemas de maceración del tipo de infusión y

dos maceradores que es lo más usual en la actualidad se presenta la figura 1.

Las relaciones tiempo - temperatura no son típicas del proceso pues estas variables de proceso varían de planta a planta.

Sin embargo el proceso realizado por infusión empieza - con la maceración de una pequeña cantidad de malta molida, - la cual es macerada con agua caliente, la cantidad de malta usada en este paso depende de la potencia enzimática de la - materia prima, naturaleza de los adjuntos y ciclos de calentamiento posteriores.

En el método de decocción se principia a temperaturas - menores a 40° C, después una tercera parte se separa y se - hierve durante determinado tiempo y se regresa a la porción principal, elevándose la temperatura de esta porción y así - se revite este proceso las veces que sea necesario.

Como objetivos de la maceración se encuentran los siguientes:

- 1.- Disolver las substancias en materiales que son fácilmente solubles. Esta fracción constituye solamente 10% a 15% del peso total de los ingredientes.
- 2.- Hacer solubles a las substancias por medio de acción enzimática las cuales son insolubles en su estado original.
- 3.- Cambiar la estructura química por medio de acción enzimática simultánea de algunas de las substancias.

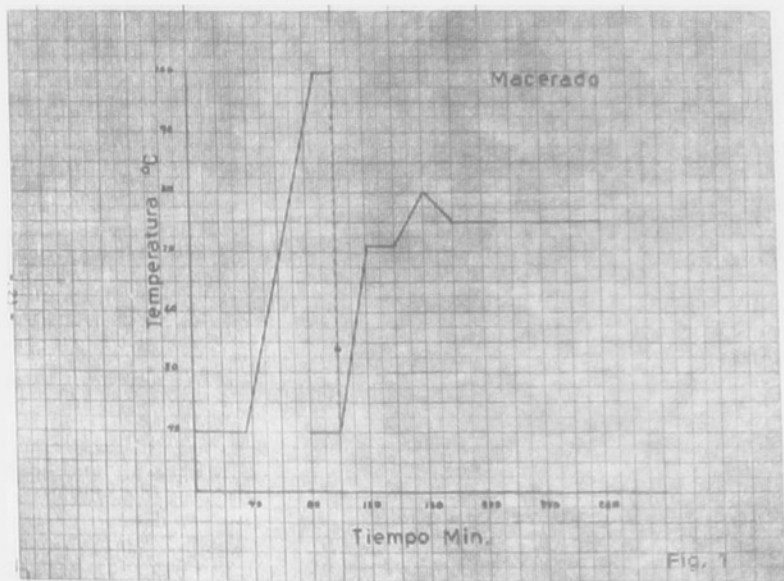


Fig. 1

as constituyentes en una forma planeada y predecible.

Para llevar a cabo las diferentes reacciones que ocurren se dispone de un equipo especial como son el Mash Kettle y el Mash Tun, equipos que hacen el papel de reactores - Batch, provistos de un sistema de agitación y un sistema de calentamiento. La gelatinización y licuefacción del almidón son realizados en el Mash Kettle, el proceso es fácilmente observado debido a los cambios de viscosidad que sufre la suspensión de almidón al ir elevando gradualmente la temperatura.

La licuefacción de almidón es una reacción enzimática - la cual se atribuye a la presencia de agentes licuefactores especiales como es la alfa-amilasa. Durante la licuefacción ocurre un rompimiento de las moléculas, este proceso es influenciado por la temperatura y el p^H . La temperatura óptima de la alfa-amilasa es de $70^{\circ}C$ con un p^H de 5.8. así mismo es rápidamente destruida a $80^{\circ}C$. Sin embargo las enzimas de origen bacteriano resisten temperaturas arriba de $90^{\circ}C$.

El macerado se lleva a cabo en el Mash Tun y dentro del proceso ocurre una etapa denominada peptonización, la cual ocurre entre los $45-50^{\circ}C$ y no es más que la degradación de la materia nitrogenada que se manifiesta con una elevación en el contenido de nitrógeno-formol debido a la acción de las proteinasas.

Cuando el almidón se lleva a cabo la sacarificación - que consiste en convertir el almidón a dextrinas y maltosa. En el proceso de sacarificación se requiere de la acción con

junta de las enzimas alfa y beta amilasa. Los productos primarios de las amilasas son las amilodextrinas, las cuales — dan un color púrpura a café cuando son tratadas con Iodo. Este es seguido por la formación de eritrodextrinas que dan un color de café a violeta con el Iodo; acrodextrinas se producen en el siguiente paso y no dan coloración, finalmente estas son degradadas a maltosa y dextrinas de bajo peso molecular. Puede decirse que la sacarificación se llevó a cabo — cuando no da coloración con el Iodo.

Elementos Principales en el Macerado.

Agua.

El agua es el principal ingrediente de la cerveza, su — complejo papel empieza inmediatamente y sus principales actividades son las siguientes:

- 1.- **Procesos Físicos:** A la temperatura de peptonización el agua disuelve sin la ayuda de enzimas, los azúcares presolubles, dextrinas, proteínas, pectinas, sales, etc. provenientes de la malta. Es absorbida — por los gránulos de almidón a temperaturas superiores a la de gelatinización. Y mediante los ciclos — de maceración sirve como vehículo al extracto para realizar las otras reacciones de maceración.
- 2.- **Procesos químicos no enzimáticos:** El agua de composición química correcta interacciona con fosfatos inorgánicos meselados, liberados de la malta por — acción enzimática para acidificar el mosto y establecer un sistema amortiguador para mantener el p^H .

del mosto dentro de un rango aceptable. Así también el calcio iónico en el agua sirve para proteger la actividad del alfa-amilasa a elevadas temperaturas.

Sistemas Enzimáticos en la Maceración.

Aunque hay numerosas enzimas presentes en el macerador cada una juega un papel específico y cataliza determinada reacción. Los procesos enzimáticos dominan el proceso de maceración por lo que es necesario considerar algunas variables de este proceso que influyen en el proceso enzimático.

- 1.- Tiempo: El tiempo generalmente favorece el efecto más grande pero no siempre en proporción directa.
- 2.- Temperatura: Cada enzima tiene una temperatura a la cual su actividad es iniciada y una temperatura a la cual su actividad es suspendida. Generalmente al incrementar la temperatura la velocidad de la actividad enzimática aumenta pero también debilita la enzima de tal forma que puede destruirla a la temperatura de inactivación. Cada enzima tiene su propia temperatura óptima o estrecho rango, en el cual el efecto más grande es producido dentro del tiempo permitido en el proceso.
- 3.- p^H : Cada enzima tiene su propio p^H óptimo, afortunadamente muchas enzimas del proceso tienen el mismo rango de trabajo y por lo mismo el p^H no es un problema.
- 4.- Aspectos físicos de los materiales: La acción enzimática es favorecida por la accesibilidad del sus-

trato pues como sabemos; mayor área de contacto optimiza la gelatinización y completa la licuefacción.

5.- Características de partícula: Una partícula delgada favorece ligeramente la acción diastática y una partícula gruesa favorece ligeramente la acción proteolítica.

6.- Actividad Enzimática: Las maltas con gran potencia enzimática producen efectos enzimáticos más grandes pero no en proporción directa.

7.- Otros factores: La presencia o ausencia de activadores (coenzimas), inhibidores y venenos enzimáticos pueden influir en los procesos enzimáticos favorablemente o adversamente dependiendo también de cómo se maneje el sustrato.

Enzimas específicas en el Macerado.

1.- Fosfatasa: Son de gran importancia para la calidad del mosto y la cerveza producida, así los componentes naturales de la malta, fosfatasa, y los fosfatos orgánicos juntos con el agua de proceso forman un sistema amortiguador que sirve para alcanzar y conservar el pH . deseado del macerador. Los productos hidrolíticos de estas reacciones enzimáticas generan condiciones necesarias para el desarrollo de las levaduras.

2.- Carbohidrasas: Dentro de este grupo se encuentran la alfa y beta amilasa (enzimas amilolíticas), cuya función es hidrolizar el almidón. La beta amilasa -

tiene la característica de producir maltosa rápidamente de almidón gelatinizado, es capaz de romper - la unión 1-4 glucosídica por hidrólisis, pero no lo hace con la unión 1-6 glucosídica.

La alfa amilasa es conocida como enzima licuefaciente, y se debe al papel que juega en la abertura de la cubierta amilo-pectina. En general la alfa y beta amilasa juntas, son capaces de convertir solamente del 60 al 80% del almidón disponible a azúcar - fermentable.

- 3.- **Proteasas:** Las proteasas son enzimas proteolíticas que rompen las grandes moléculas proteicas en subunidades más pequeñas. En el proceso de maceración solamente el 40% de la proteína contenida en la malta es solubilizada y queda disponible para reaccionar.

En el macerado, tres tipos de actividad proteolítica son realizadas en forma simultánea.

- a).- **Solubilización de proteínas insolubles:** Una - porción de esta fracción es reversiblemente soluble y es finalmente coagulada por el calor y precipitada durante la ebullición del mosto.
- b).- **Rompimiento de proteína soluble:** Las proteínas solubles y proteínas más complejas son enzimáticamente rotas en moléculas coloidales más - simples como son: albúminas, peptonas, polipéptidos. Este grupo de sustancias juega un importante papel en el aroma, prueba al gusto -

... y espuma potencial de la cerveza. Generalmente la proteasa tiene un rango óptimo de temperatura de 50-60°C y un p^H óptimo entre 4.2-5.3.

c).-Principal degradación del grupo peptona: Las peptonas y polipéptidos son rotos en residuos proteicos más simples y compuestos que abarcan la fracción de nitrógeno asimilable por las levaduras en el mosto, logrando con ello no sólo condiciones benéficas a las levaduras, sino también buena calidad en la cerveza terminada.

4.- Otras enzimas menos importantes pero que juegan un papel importante son: la lipasa cuyo papel todavía es indefinido.

La beta-glucana genera altas viscosidades y consecuentemente problemas de filtración, problemas que pueden ser corregidos mediante aumento de temperatura.

Condiciones óptimas en Enzimas.

Nombre	Temp. opt. °C	p^H opt.
Amilo fosfatasa	65 - 70	4.7
Alfa-amilasa	65 - 70	5.7
Beta-amilasa	52 - 62	5.4
Proteínasa	50 - 60	4.8
Peptidasa	45	8.1
Citasa	35 - 40	5.0
Pitasa	60	5.2

Separación del Mosto.

La separación del mosto es esencialmente un proceso físico, aunque no completamente simple, esta operación es realizada en un equipo llamado Lauter-Tub que es un cilindro vertical de gran diámetro comparado a su profundidad. Este - construido de acero inoxidable, es de tapa esférica; la base del equipo está formada por una criba y los accesorios del fondo están formados por un colector.

Cerca del techo se encuentra un sistema rociador de agua caliente que sirve para rociar agua en forma uniforme - sobre toda la superficie del lecho mojado, situado en la base del Lauter Tub.

Lo que se busca con este tipo de unidades es distribuir el espesor del lecho filtrante, proporcionando con ello una velocidad mayor de filtración; la operación normal del Lauter tub empieza con un tiempo de reposo que tiene por objeto realizar una distribución de las partículas de acuerdo a su tamaño en tal forma que las más grandes se depositan en la parte inferior del lecho, y las finas en la parte superior - (son estas últimas las que generalmente provocan problemas de lentitud en la filtración por disminuir la porosidad del lecho). Al principiar la operación, las cuchillas deben de estar 5 cm. adentro de la cama filtrante y la máquina girando, esto hará que se rompa la capa de partículas finas que se encuentra en la superficie y el mosto fluya con mayor facilidad. Deberán irse bajando las cuchillas lentamente y no de golpe, para evitar que los partículas finos se depositen en el fondo y traigan con ello problemas de filtración.

La operación de riego se inicia cuando se observa que-

el lecho filtrante queda sólo cubierto por una delgada capa de extracto. Durante esta etapa de lavado al bagazo, la difusión del agua para recuperar el extracto que se encuentra adherido a las partículas ocurre lentamente. Generalmente entre menos agua se tenga en la parte superior del lecho, mejor será el resultado.

Con este último paso, la producción del mosto es concluido y los desperdicios de granos remanentes son clasificados como subproductos y destinados a la alimentación de animales.

Enfriamiento del Mosto.

El enfriamiento del mosto es una operación simple que tiene como fin los siguientes objetivos:

- 1.- Reducción de la temperatura del mosto de aproximadamente 100°C a una temperatura tan baja como 7°C .
- 2.- Facilitar la separación de productos que generan riesgos como constituyentes del mosto.
- 3.- Aeración adecuada del mosto a fin de permitir el funcionamiento apropiado de las levaduras.

Los enfriadores más usados en esta parte del proceso básicamente pueden dividirse como:

- 1).- Enfriadores abiertos.
- 2).- Enfriadores cerrados.

Los enfriadores abiertos independientemente de los detalles de su construcción generan mayor evaporación, la eficiencia de enfriamiento es mucho menor comparada con los cerrados ofrecen la posibilidad de eliminar determinados compuestos aromáticos presentes en el mosto. Sin embargo tienen el inconveniente de que el riesgo de contaminación es mucho mayor.

Respecto a su construcción, generalmente están formados de tubos o placas y todos consisten básicamente en lo mismo, recircular un refrigerante por el interior del tubo o la placa y proveer de alguna manera la formación de una película de mosto sobre la superficie de los tubos o placas.

Con relación a los enfriadores cerrados, la eficiencia de enfriamiento es mucho mayor, el riesgo de contaminación es menor, y las pérdidas de evaporación son nulas en este equívoco. Existen varios tipos de enfriadores cerrados que pueden ser de doble tubo tipo plato, coraza y tubos y enfriadores aeradores de mosto.

Las plantas cerveceras modernas usan para enfriar el mosto, enfriadores cerrados del tipo de platos, cuyas variables y características de operación son las siguientes:

- 1).- Material de construcción: acero inoxidable.
- 2).- Rango de temperatura 90-10°C.
- 3).- Formado por tres cuerpos.

Como servicios tienen los siguientes:

- 1).- Sistema de enfriamiento constituido por amoniaco - comprimido.
- 2).- Medidor de flujo de cerveza del tipo rotámetro.
- 3).- Bomba centrífuga de alimentación con su respectivo motor.
- 4).- Válvulas de control para regular los flujos en forma manual.
- 5).- Registradores de temperatura.

Tanques de Almacenamiento.

En estos tanques el mosto proveniente de la parte de sa carificación es almacenado únicamente durante un cierto tiempo, y esto es hecho como medida óptima de operación en los pasos consecuentes del proceso. Las características de estos tanques son las siguientes:

- 1).- Su disposición es en forma horizontal generalmente
- 2).- La construcción es de acero inoxidable.

Como servicios tienen los siguientes:

- 1).- Bombas centrífugas acopladas a los tanques, mediante dispositivos móviles que permiten con una sola bomba, vaciar todos los tanques.
- 2).- Sistema de enfriamiento mediante un serpentín dentro del cual está circulando amoniaco comprimido.

- 3).- Accesorios comunes en este tipo de tanques como —
son: entradas de hombre, válvulas de conexión, manómetros, termómetros, etc.

Aspectos generales sobre el Mosto.

Composición del Mosto.

La composición del mosto determina las propiedades de la cerveza terminada. El mosto debe contener la cantidad correcta de azúcar fermentable, nutrientes de la levadura y compuestos que generarán buen aroma en el producto terminado se encuentran también ciertos constituyentes naturales de la malta como es el caso de los destructores de espuma y formadores de sabores rancios que son indeseables en el mosto.

Muestreo del mosto.

El mosto es inestable microbiológicamente y por lo mismo genera un precipitado pesado, el cual arrastra cantidades variables de sus constituyentes. Los materiales activos de la superficie semejante a los lípidos, sustancias amargas de los lúpulos y proteínas son removidas generalmente cuando se realiza la precipitación, más de la mitad de los lípidos pueden ser perdidos de esta forma. Así los procedimientos en el muestreo deberán hacerse a temperatura, tiempo y filtración, consideradas estrictamente estandarizadas.

El mejor punto para muestrear, es generalmente la línea de mosto caliente, pues en ese punto la muestra es representativa. Si el mosto es filtrado, entonces una muestra más representativa es tomada de la salida del filtro.

Control de Calidad Rutinario.

El mosto terminado es analizado para asegurar que la cer veza tenga las características deseadas de color, sabor, es-
puma, etc.

Así pues una fermentación a escala de laboratorio es --
realizada generalmente como una verificación sobre las carac
terísticas fermentativas, tanto del mosto como de las levadu
ras.

Las determinaciones típicas de rutina son enlistadas en
la siguiente tabla junto con valores representativos y rango
permisible.

Datos de Producción

	<u>Resultado</u>	<u>Rango.</u>
Extracto °P	11.4	10.7-12.1
Extracto aparente después de la fermentación rápida °P	2.4	1.9-3.0
Reacción del Iodo.	Neg.	
pH.	5.4	5.0-6.0
Color ° SRM	3.9	3.0-5.3
Unidades amargor	26	20-40
Proteína total % un peso (Bx 6.25)	0.43	0.36-0.60
Turbidez FTU.	20	10-50
Nitrógeno Amínico libre mg/l.	150	130-250

Cuando los resultados no entran en especificaciones co-
mo acciones correctivas se encuentran las siguientes.

Si el extracto aparente es bajo, indica que la temperatura de sacarificación es baja y debe ser subida, o que el macerado más cocido se bombeó en mayor proporción al principal macerador. Una reacción de Iodo positiva puede tener muchas causas, tales como alta temperatura aparente (termedo defectuoso), y granos completos en el Kettle.

Las variaciones en el p^H pueden ser debidas a la formación de malta o adjuntos; variaciones en el tratamiento de agua o en la adición de sales de calcio adicionadas. Colores altos vienen ya sea de la malta o son causados por el exceso de aire recogido en la elaboración del mosto unido a tiempos de proceso grandes. Las variaciones del amargor es causado ya sea por el mismo lúpulo, el p^H del mosto y duración de la ebullición y esto incluye el tiempo en que el mosto es guardado en el tanque de mosto caliente.

La cantidad de nutrimentos para las levaduras pueden ser evaluados a partir de las tres formas de nitrógeno determinados y basta con determinar una de las tres.

Muchos problemas en el comportamiento de las levaduras o calidad de la cerveza no son detectados por los parámetros antes mencionados y en casos semejantes debe recurrirse a análisis más detallados de la clase de constituyentes que forman el mosto en proceso, como se describirá después.

Sólidos en el Mosto. Aunque principalmente los sólidos del mosto son carbohidratos, ha sido mostrado que están basados en azúcares; pero esto puede conducir a la sobresaturación. Una materia prima mostrando 75% de extracto frecuentemente produce menos del 75% de sólidos en peso. Esto es in-

practico, pero aún así todas las determinaciones producidas en la industria cervecera están basadas en la gravedad específica.

Principales componentes del Mosto

Carbohidratos.

Generalmente el 3-6% de los carbohidratos del mosto consisten de varios azúcares menores, enlistados en la siguiente tabla.

Carbohidratos menores del Mosto.

	g/100 g. carbohidrato	% fermentación.
Pentosas:		
Xilosa	0.015	No fermentable
Arabinosa	0.014	" "
Ribosa	0.002	" "
Hexosa:		
Galactosa	1.1 - 1.6	Fermentable
Disacaridos:		
Maltosa	0.8 - 1.2	Fermentable
Isc maltosa	0.5 - 1.0	10 - 100
Nigerosa		

	g/100 g.	% fermentación.
Melibiosa	0.6 - 1.1	Con levaduras de fondo solamente.

Trisacáridos:

Maltotriulosa	0.5 - 0.9	fermentable
Panosa + Isopanosa.	0.4 - 0.8	0 - 40
Rafinosa	0.6 - 1.1	Fermentable por levaduras de fondo. 1/3 fermentable por levaduras de superficie.

Las levaduras cerveceras varían en su habilidad para fermentar, algunos azúcares principalmente isomaltosa, panosa, isopanosa, maltotriosa, y maltotetraosa. Por consiguiente el límite de atenuación de un mosto dado, puede variar dependiendo del tipo de levaduras usadas.

Sin embargo relativamente poco es conocido acerca de las consecuencias de un cambio en carbohidratos fermentables

Carbohidratos no fermentables.

Los carbohidratos no fermentables consisten de dos grupos: los alfa-glucanos (también llamados dextrinas), cuyo origen es el almidón y otros compuestos más complejos que son de dos tipos: Los beta-glucanos y las pentosanas, los

cuales son obtenidos al romperse las paredes celulares hemi-celulósicas.

Las alfa-glucanas s6n cuando no constituyen menos del 20 - 25% de los s6lidos del mosto, su importancia como constituyentes del mismo est6 todav6a en duda; ellas no presentan sabor s6n en soluciones concentradas; sin embargo las alfa-glucanas son importantes para la espuma, cuerpo y retenci6n del CO₂ y pueden actuar como transportadores del sabor y como coloides protectores.

As6 tambi6n los beta-glucanas y pentosanas generan viscosidad en el mosto, causan lenta filtraci6n, tanto al principio como al final y pueden precipitar en la cerveza especialmente a temperaturas bajas.

Compuestos nitrogenados y nutrimentos de levaduras.

Aproximadamente 30% del nitr6geno del mosto est6 constituido de amino6cidos libres, otro 30% son p6ptidos, conteniendo 2-30 unidades de amino6cidos, compuestos que sirven tambi6n como nutrimentos para las levaduras.

Los polip6ptidos del mosto con m6s de 30 unidades de amino6cidos son frecuentemente referidos como prote6nas del mosto y son los responsables en la turbidez y espuma de la cerveza terminada.

La composici6n t6pica de nitr6geno en el mosto es representada en la siguiente figura.

Nitrógeno del mosto	Proporción de adjunta %		
	0	5	50
mg. de N por litro			
Aminoácidos libres	300	225	150
Péptidos de 2-30 aminoácidos	300	225	150
Proteína del mosto sobre 30- aminoácidos.	260	195	130
Derivados de ácidos nucleicos,			
Aminas, etc.	130	100	65
Nitrógeno total	1100	800	500
Total x 6.25, % de sólidos en el mosto.	6	4.5	3

Otros compuestos.

Entre otros compuestos nitrógenados se encuentran: los péptidos y aminoácidos de los cuales dependiendo de su peso molecular tienen una influencia determinada en la cerveza — procesada, pues así el sabor es influenciado principalmente por fracciones de nitrógeno de bajo peso molecular, la espuma de la cerveza parece ser causada principalmente por proteínas neutras de peso molecular superior a 12,000 y asociado con carbohidratos y sustancias amargas de los lúpulos.

También como compuestos a base de nitrógeno que favorecen el aroma de la cerveza hay algunos nucleótidos y áminas de alto peso molecular. Otras constituyentes del mosto son — los polifenoles y vitaminas.

Dentro de las sales y minerales se encuentran el sodio, calcio, sulfato, y cloro que generalmente son añadidos en la parte de maceración con el fin de alcanzar el efecto organo-

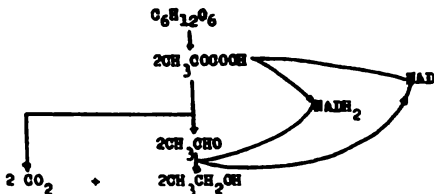
léptico deseado.

Fermentación.

La descripción cuantitativa tradicional de la fermentación en la industria cervecera, ha sido el proceso anaeróbico de las levaduras que convierten la glucosa a etanol y bióxido de carbono.



Esta reacción es influenciada por numerosas enzimas y coenzimas, las cuales toman parte en las complejas reacciones que se realizan en la conversión.



De acuerdo a este esquema simplificado NAD representa la coenzima nicotinamida adenina dinucleótido y NADH₂ es su forma reducida.

En el proceso de fermentación no solamente la glucosa sino todos los carbohidratos fermentables presentes en el mosto participan y muchos subproductos desarrollados durante la fermentación al igual que los componentes del mosto, son asimilados por las levaduras, aspecto que repercute en el sa

bor y características finales de la cerveza elaborada.

Despreciando su complejidad la fermentación depende básicamente de tres parámetros: la composición del mosto (nutrientes para la levadura), la misma levadura, y las condiciones de proceso (tales como tiempo, temperatura, volumen, presión, forma y tamaño del fermentador, agitación y aeración en el mosto de fermentación.

Sin embargo es la destreza y experiencia del productor de cerveza quien puede comprender y hacer uso de las interacciones de esos parámetros que determinan las características de la cerveza, que pueden dar una cerveza ale o lager, con bajo, medio o alto contenido de alcohol, o un producto de aroma especial.

Así pues respecto a la composición del mosto, podemos decir que las principales variables que influyen en la fermentación son la presencia y concentración de varios nutrientes v^H , grado de aeración y temperatura generados al formar el mosto.

El proceso de fermentación y sus condiciones pueden ser llevados a cabo por ciertas metodologías como son: procesos de lote ordinario, procesos de lote acelerado y procesos continuos.

Proceso de lote ordinario.

La secuencia de la fermentación de base tradicional es realizada mediante una buena correlación entre el tiempo, temperatura y gravedad específica. Los diferentes estados -

en este proceso son representados por la figura 2.

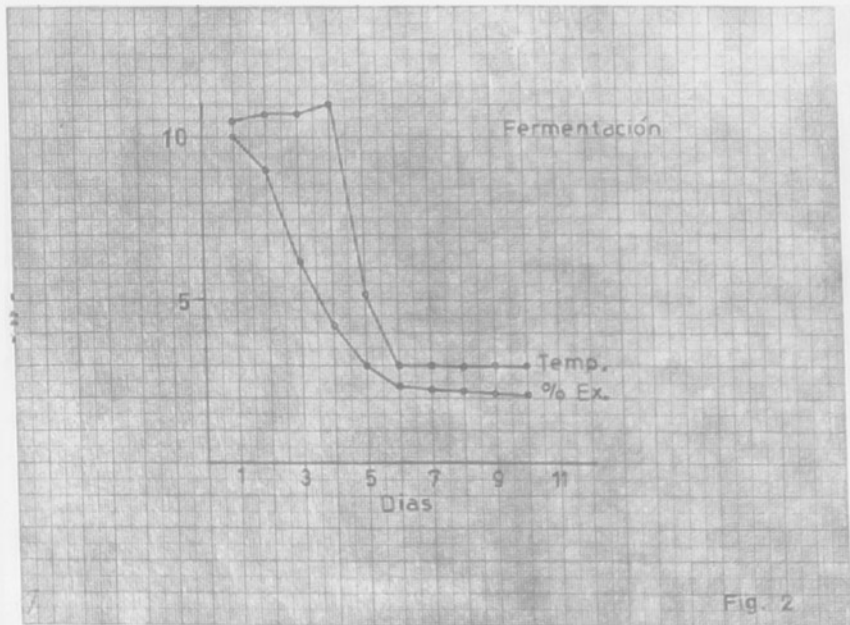
Inoculación.

Generalmente toma lugar inmediatamente después de enfriar, pues el mosto frío se contamina rápidamente. Las levaduras usadas para la inoculación deben ser biológicamente limpias, por lo que extremos grados de sanidad deben ser observados cuando se manejan las levaduras a fin de prevenir la contaminación con bacterias y levaduras silvestres. Normalmente la proporción de inoculación es de 10 millones de células en suspensión por ml. de mosto al inicio de la fermentación. Inóculos pequeños producen cervezas más aromáticas.

Una vez que el mosto ha sido inoculado después de seis a doce horas, una espuma blanca empieza a aparecer cerca de los lados del fermentador, cambiando a una espuma voluminosamente gruesa, blanco-cremosa y conforme el tiempo pasa dependiendo del tipo, forma y tamaño del fermentador el volumen total de la espuma va creciendo.

Generalmente este tipo de fermentación es realizada a altas temperaturas, aún después de que la mayor parte del extracto fermentable ha sido fermentado. Esto es un procedimiento general a fin de reducir la diacetona (VDK) que forma el aroma y que influye en la cerveza final.

Al final de la fermentación, las levaduras flocculan y se asientan en la base del fermentador, aspecto que se acelera



rado por el enfriamiento, después de que el mosto ha sido — completamente fermentado en los pasos siguientes es realizada una segunda fermentación que dará a la cerveza finalmente un aroma diferente y otras características de estabilidad física.

Fermentación Ale.

La fermentación Ale o fermentación de superficie, aunque difiere de la fermentación de fondo los principios de — proceso son los mismos. En este tipo de fermentación el uso de tanques de sedimentación antes de pasar el + mosto a los tanques fermentadores es de aplicación generalizada.

La descripción del proceso para fermentación Ale, empieza con la aereación e inoculación del mosto a altas temperaturas comparado a la fermentación lager, la temperatura puede estar entre 15-16°C o aún más alta.

Cuando la fermentación es iniciada, la espuma es formada conforme disminuye la gravedad específica y la temperatura sube frecuentemente más de 25°C. Las levaduras flocculan, suben a la superficie y son eliminadas durante las siguientes 24 horas mediante dispositivos especiales.

Cuando la fermentación está básicamente completa, es — realizado el enfriamiento a fin de facilitar el asentamiento de las levaduras.

La fermentación Ale varía físicamente de la fermentación Lager, por la velocidad tan rápida con que desaparece el extracto, causado por el uso de variedades diferentes de

(S. cerevisias).

Fermentación de lote acelerada.

Como su nombre lo dice este es un proceso que acorta el tiempo de fermentación. En este método la temperatura de inoculación es lograda a 13°C la cual es mantenida así hasta — que todo el cambio de aroma deseado se ha realizado (reducción de la concentración de diacetilo). De ahí en adelante — el envejecimiento y acondicionamiento es realizado tan lentamente como baja la temperatura y enseguida se procede al empaquetado de la cerveza.

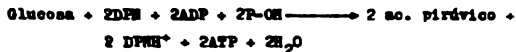
Las ventajas de este proceso es debido al corto tiempo de almacenaje; por lo que en el aspecto económico son reducidos los costos de producción.

Aspectos Químicos.

La ruta principal para la fermentación de glucosa y — fructuosa es la de Embden-Meyerhof-Parnas (llamada también — ruta EMP o secuencia glicólica). Los pasos individuales son los siguientes:

El objeto principal de la ruta es producir sustancias ricas en energía principalmente trifosfato de adenosina (A - T-P).

Que puede ser representado así:



Mientras que la ruta del monofosfato de hexosa (HMP) es



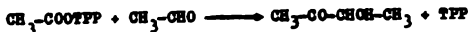
Producción de diacetonas y alcoholes de Fusel: Durante la fermentación del mosto cervecero por la levadura, la mayoría del ácido pirúvico producido es descarboxilado y el acetaldehído resultante es reducido a etanol. Algo del ácido pirúvico es convertido a acetil y usado para la biosíntesis de lípidos y otros ésteres.

La importancia de estos componentes consiste en la posibilidad de ser oxidados a dicetonas, diacetil y pentano 2, 3 diona, los cuales tienen fuertes sabores y aromas.

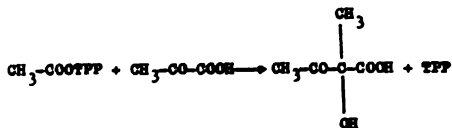
En pequeña cantidad se produce la acetoina a partir del ácido pirúvico por una vía que involucra THP para formar alfa hidróximetil -2- tiamina pirofosfato (llamado algunas veces acetaldehído activo), más dióxido de carbono.

El acetaldehído activo es un intermediario en la producción normal de acetaldehído y etanol, pero es capaz de reaccionar con acetaldehídos libres en presencia de carboligmas y producir acetoina (acetil metil carbinol).

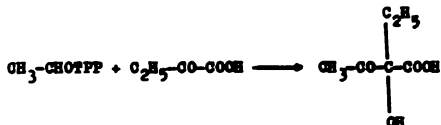
Más usualmente el acetaldehído activo reacciona con el ácido pirúvico para producir ácido alfa acetoláctico o reacciona con el ácido alfaoxibutírico para dar alfa acetohidroxibutírico.



acetoina



ácido Alfa Acetoláctico



ác. alfa oxibutírico ácido alfa acetohidrox

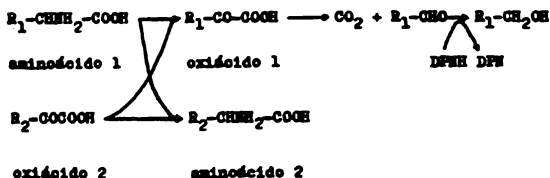
butírico.

+ TFP.

La levadura no óxida la acetoina a diacétilo pero si —
tiende a reducirlo. Cuando la valina está presente en exceso
en el mosto habrá una pequeña tendencia en la levadura a pro-
ducir ácido alfa acetoláctico (precursor del diacétilo).

Los requerimientos de una célula de levadura para un —
aminoácido en particular pueden ser conocidos por la capta—
ción directa del aminoácido a partir del medio, o por sínté—
sis a partir del alfa oxidado apropiado, más un grupo amino

transferido de un aminoácido diferente por transaminación.



Si hay un exceso de un aminoácido particular, en el medio de cultivo, por ejemplo valina, entonces también tenderá a haber un exceso del ácido dentro de la célula y también — del componente alfa oxiácido (en este caso: ácido alfa oxisovalárico).

Los alfa oxiácidos son normalmente excretados en cantidades mínimas por una célula de levadura sana y son descarboxilados para producir un aldehído el cual es entonces reducido por DPNH y alcohol deshidrogenasa para dar como resultado el alcohol isobutanol. El rango de alcoholes, aldehídos, — oxiácidos y aminoácidos que son conocidos por formar secuencias de esa clase son las siguientes:

Alcoholes	Aldehídos	Oxiácidos	Aminoácidos.
Etanol	Acetaldehído	Ac. Pirúvico	Alanina
Glicol	Glicoxal	Ac.Hidroxi pirúvico	Serina
Propanol	Propionaldehído	Ac.Alfa-Oxibutírico.	Ac.Alfa-Aminobutírico.

Alcoholes	Aldehídos	Oxidácidos	Aminocidos
Isopropanol	-----	-----	-----
Butanol	Butiraldehído	-----	-----
Isobutanol	Isobutiraldehído	Ac. Alfa-Oxoisovalérico.	Valina
Sec. Butanol	-----	-----	-----
Tert. Butanol	-----	-----	-----
Alc. Isoamílico	Isovaleraldehído	Ac. Oxoisocaproico	Leucina
2-Metilbutanol	2-Metilbutanal	Ac. Alfa-Beta-Metil Valérico.	Isoleucina
Hexanol	Hexanal	-----	-----
Heptanol	Heptanal	-----	-----
-----	-----	Ac. Oxalacético	Ac. Aspártico.
-----	-----	Ac. Alfa-Oxoglútrico.	Ac. Glutámico.
Alc. Fenético	-----	Ac. Fenilpirúvico	Fenilalanina.
Tirosol	-----	Ac. Hidroxifenil Pirúvico	Tirosina
Triptofol	-----	-----	Triptofano

Se apreciará que este tipo de alcoholes provenientes del alfa oxidácidos pueden producirse en dos formas. Pueden deberse al exceso de un oxidácido producido durante el metabolismo de los carbohidratos cuando la fuente de nitrógeno es amoníaco. La degradación a partir de aminocidos es usualmente llamada la vía de Ehrlich, los alcoholes así producidos son llamados a menudo alcoholes de fusel, porque se encuentran en el aceite de fusel, líquido remanente después de destilar

etanol a partir de un líquido fermentado.

En la producción de alcoholes de fusel, el paso final es reductivo; si los aldehídos fueran oxidados, una serie de -- ácidos mono y dicarboxílicos se formarían.

La producción de aceites de fusel en la fermentación de la cerveza está relacionada con el incremento de aminoácidos en el mosto, por condiciones anaeróbicas, por altas temperaturas y agitación continua. Podría entonces esperarse que en fermentaciones continuas se favorezca grandemente la formación de alcoholes de fusel.

Formación de H_2S y de sabor tierno.

El H_2S produce sabor y aroma de cerveza verde, el aroma desaparece al añadir $CuSO_4$ probablemente debido a la formación de CuS .

El sedimento grueso y fino contiene azufre orgánico que la levadura puede transformar en H_2S , así la eliminación de este sedimento por filtración en frío permite una reducción considerable en el tiempo de reposo.

La formación de H_2S es favorecida por factores tales como: sales de sulfuro en el agua de cocimiento, el azufre proporcionado por la malta y el lúpulo, la temperatura de fermentación y el cultivo de levadura utilizado.

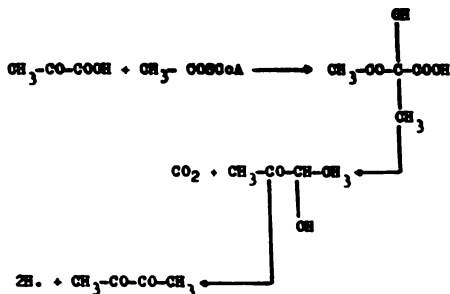
En general la levadura floculante produce menos H_2S que la levadura pulverulenta.

Formación de diáctilo.

El contenido en la cerveza es generalmente bajo (menor de 0.3 p.p.m.), contenidos mayores de 0.5 p.p.m. dan a la cerveza un olor muy desagradable a mantequilla rancia y generalmente esto indica una infección por *Sarcina* sp.

Ciertas levaduras (mutantes en ciertas enzimas respiratorias) pueden producir cantidades apreciables de diáctilo.

El mecanismo de formación es el siguiente: el ácido pirúvico se condensa con un acetato activado para formar ácido acetoláctico, este sufre una descarboxilación y se obtiene acetoina, la cual se oxida a diáctilo.



Agotamiento de las levaduras y técnicas de manipulación.

Las levaduras son hongos unicelulares cuya clasificación es extremadamente compleja sin embargo las levaduras usadas en la industria cervecera pueden ser clasificadas como un sólo género, pero cuyas especies son: *Saccharomyces*, -

cerevisias y *Saccharomyces uvarum*. Las levaduras de superficie (cuyos productos son: cerveza, ale, porter, stout), pertenecen a la *S. cerevisias* y las levaduras fermentadoras de base (lager) pertenecen a *S. uvarum*.

Otro tipo de levaduras del género *Saccharomyces* (por ejemplo *Schizosaccharomyces*, *Hansenula*, *Pichia*, *Candida*, — etc. son llamadas levaduras silvestres o no cultivadas, y — son causantes de turbidez y aromas indeseables en la cerveza por lo que su presencia es considerado como infecciones peligrosas y por ello todas las medidas disponibles deben ser tomadas para eliminar tales contaminaciones.

Para la taxonomía de las levaduras se requiere de conocimientos comprensivos en otras áreas como es el caso morfológico, citológico, fisiológico, enzimológico, etc. En la siguiente tabla se enlistarán características de diferenciación entre las levaduras ale y lager, vistas desde el punto de vista metabólico.

<i>S. Cerevisias</i> (levadura Ale)	<i>S. uvarum</i> (levadura Lager)
Fermentación de melibiosa	
Fermentación de solamente un tercio de la molécula de rafinosa (La fracción de fructosa).	Fermentación de rafinosa — (completa, debido a la presencia de melibiosa)
Fermentación ocasional de inulina.	

Alta actividad respiratoria
(presencia de Succinodhidrogenasa)

Producción más grande de
Dióxido de azufre e metil
etil mercaptano.

Habilidad de utilizar el
etanol para su crecimiento.

Habilidad para fermentar
gliceraldehído.

Como características morfológicas y citológicas que pueden ser observadas con equipos ópticos normales, pueden observarse los siguientes:

- 1).- Apariencia microscópica.
- 2).- Tamaño de la célula.
- 3).- Proporción de la longitud y anchura celular.
- 4).- Habilidad para formar esporas.
- 5).- Características de la colonia gigante.
- 6).- Velocidad reproductiva (más alta para levaduras — Ale).
- 7).- Tiempo de generación.
- 8).- Diferencias inmunitarias, causadas por las diferen-

tes composiciones en las paredes celulares entre -
levaduras de fondo y superficie.

9).- Diferencias del sistema citoplasmático en las levaduras (especialmente útil para la determinación de mutantes deficientes respiratorias).

10).- Características de electrofóresis.

Con todo esto es difícil dar un orden válido universal de propiedades que deben reunir las levaduras, pues en general su uso está supeditado a otras variables del proceso como son: tipo de cerveza a elaborar, fermentación, forma de remover las levaduras, tipo y tamaño de los fermentadores, - composición de materia prima, etc.

Aparte de tener características adecuadas el requerimiento primario de la levadura seleccionada es producir cerveza con buen sabor. Con todo esto la planta piloto de Katsura Brewery hace un examen de algunos de los aspectos más importantes sobre el comportamiento de las levaduras como son:

1.- Desarrollo.

La cantidad de levaduras desarrolladas está limitada -- por el oxígeno proporcionado, agotamiento de los nutrientes y la acumulación de productos metabólicos inhibidores, y en cuanto a las levaduras como causas principales está el tipo de almacenamiento hecho antes de la adición, pues esto tiene una influencia muy fuerte en el desarrollo biológico inicial y su poder catalítico en la fermentación.

2.- Atenuación.

El límite de atenuación refleja la proporción a la cual una levadura determinada puede fermentar los diversos carbohidratos del mosto. El límite de atenuación está fijado por el tipo de levadura y la composición del mosto empleado y — así puede detectarse diariamente las variaciones en el proceso de producción.

El grado de atenuación obtenido ejerce una gran influencia en las propiedades organolépticas de la cerveza resultante y consecuentemente es uno de los factores determinantes — en el proceso de selección de levaduras.

3.- Floculación.

Dado que en el proceso de fermentación es necesario que la levadura entre en íntimo contacto con el mosto y facilite así los diversos procesos metabólicos; se dice que la levadura flocula cuando este contacto es roto. La potencia de floculación determina el grado de atenuación que puede ser esperado y, es así como las levaduras cerveceras se clasifican — en floculantes, no floculantes (polvulentas) y tipos intermedios.

Las levaduras floculantes forman agregados de células — las cuales como regla general sedimentan en la base si es — fermentación lager, o suben a la superficie en el caso de levaduras ale.

Por la importancia del fenómeno floculante y otras variables de proceso, lo que se busca en una levadura es que —

produzca el sabor deseado en la cerveza y que sea tecnológicamente compatible con la planta y el proceso empleado en la -
cervecería.

Propagación de levaduras.

El proceso de propagación es simplemente descrito como una progresión de fermentación e ir incrementando el tamaño. El área de propagación está localizada en una sala separada y escrupulosamente limpia.

Los tanques son fabricados de acero inoxidable, pulido, equipados con instrumentos de control, miras de vidrio y sistemas de venteo que previenen la contaminación por aire externo. En base a esto la sala de propagación debe ser escrupulosamente limpia y esterilizada antes de usarse.

Para el procedimiento de propagación es usado mosto ordinario esterilizado en un volumen pequeño, el cual es inoculado con levaduras de cultivo seleccionado, y después de dos días de incubación estos cultivos son examinados y, si el desarrollo es vigoroso y normal, se hace de nuevo una propagación en volumen más grande de mosto estéril el que se incuba y se examina; entonces las diferentes células generadas pueden ser usadas para la inoculación en la planta de propagación y cuando estas levaduras todavía no son necesitadas pueden ser guardadas a 4°C durante tres semanas, y estarán listas para ser usadas en la inoculación.

El procedimiento para propagar cultivos puros de levaduras ale es generalmente idéntico al usado para levaduras de fondo, con la diferencia de que la fermentación ale es real;

zada a temperatura más alta.

Contaminantes Biológicos de la Levadura.

Las levaduras recuperadas en las fermentaciones cervece-
ras nunca están libres de infecciones microbiológicas presen-
tándose como más comunes las contaminaciones por levaduras -
silvestres o bacterianas. Algún incremento en el nivel de --
contaminación es tomado como un signo peligroso, pero una po-
blación de levaduras sanas prevendrá la extinción de infec-
ciones.

Contaminación por levaduras silvestres.

Una levadura silvestre es definida como aquella levadu-
ra no usada deliberadamente y bajo control completo. Entre -
las levaduras silvestres identificadas como dañinas a la cer-
vera, se encuentran algunas especies del género Saccharomy-
ces, Hansenula, Klöckera, Cándida, Torulopsis, Pichia, y --
Brettanomyces, ellas pueden causar brumas biológicas, desa-
rrollo de malos sabores, formación de película, etc.

Las pruebas disponibles para detectar levaduras silves-
tres pueden hacerse mediante abarriencia microscópica, resis-
tencia al calor, esporulación, fermentación de amíacares, --
etc.

Contaminación bacteriana.

Para todos los propósitos prácticos hay solamente ocho-
géneros comunes como contaminantes bacterianos en la indus-
tria cervecera y son:

-Gram - Positivos: Lactobacillus	spp	Bacteria del
		ácido láctico
Pediococcus	spp	
-Gram - Negativos: Acetobacter	spp	
Acetomonas	spp	
Zymomonas	spp	
Obesumbacterium proteus		
Escherichia	spp	Bacteria coliform
Aerobacter	spp	

Los miembros del grupo Gram - positivo pueden ser distinguidas fácilmente por su apariencia morfológica, de acuerdo como aparecen estos microorganismos pueden adoptarse la siguiente división.

Bacterias Contaminantes del Mosto

1.- Obesumbacterium proteus.

Esta bacteria en forma de bastoncitos se desarrolla solamente al inicio de la fermentación y no desarrolla abajo de un p^H de 4.40 produce un olor parecido a los vegetales. - Para evitar esta infección lo mejor es mantener una fermentación vigorosa y mantener el p^H adecuado.

Bacterias Contaminantes de la Cerveza.

1.- Bacterias del ácido acético.

Generalmente se presentan en forma de bastones cortos, estas bacterias convierten el alcohol etílico a ácido acético, mediante la infección con *Acetobacter* sp. ellas son no productoras de esporas y muy tolerantes a la acidez. La contaminación puede ocurrir en la cerveza de 29-48 horas, acompañado por un olor característico al vinagre y considerable acidez.

2.- Bacterias del ácido láctico.

Lactobacillus spp. *L. delbrückii*.-Esta es una bacteria termofílica en forma de bastones, desarrollándose rápidamente en el mosto y causando rápida infección en éste; cuando no ha sido lupulado.

L. pastorianus.-Es un bastón largo, delgado y de longitud variable, el cual desarrolla mejor bajo condiciones ligeramente anaeróbicas y en la presencia de CO_2 , algunas variedades de lactobacilos pueden hidrolizar el almidón y la dextrina y son caracterizadas por su tolerancia al alcohol y al to poder de infección.

L. brevis y *L. plantarum*.-Estas son las especies más comunes en la contaminación de la cerveza aproximadamente el 80% de lactobacilos detectados en un estudio de cervezas europeas hecho en 1969 fueron *L. brevis*.

Pediococcus spp. *P. damnosus*.- Su desarrollo en el mosto o cerveza es caracterizado por la producción de turbidez, acidez y formación de diacetilo. Estas bacterias son extremadamente pelisrosas y su presencia se debe a una operación extremadamente deficiente.

3.- *Zymomonas spp.*

Estas bacterias son capaces de desarrollarse sobre un amplio rango de p^H y es tolerante a las bajas temperaturas de la cerveza.

Es el único organismo contaminante, capaz de desarrollarse en forma verdaderamente anaeróbica y, por lo mismo es la más peligrosa de las bacterias en la cerveza.

Control de Calidad.

Durante la fermentación un control de calidad estricto debe ser realizado con el fin de asegurar que la fermentación se realice normalmente, que la levadura esté saludable, libre de contaminación y que la floculación y suspensión se lleve a cabo como se espera.

Métodos Físicos y Químicos.

Pueden incluir parámetros que deben controlarse tales como tiempo, temperatura, p^H , extracto, contenido de alcohol, análisis de olor y concentración en las células de la levadura. En Katsura Brewery; estos controles son realizados diariamente dos veces.

La medida que nos dice cuando el extracto está disminuyendo es llamado atenuación y es notado cuando la gravedad específica del mosto baja durante la fermentación. El extracto aparente es la medida usada en la planta, y es obtenida simplemente mediante un hidrómetro calibrado; esta lectura indica la relación que existe entre la combinación del ex---

tracto, contenido y el alcohol producido.

El grado final de atenuación o fermentación final, es determinado mediante un dispositivo que indica cuando la máxima atenuación ha sido alcanzada.

Fermentación Anormal.

La fermentación anormal suele acontecer algunas veces, pero normalmente es descubierta en su principio por el personal de la planta de fermentación. Algunas características visuales son: tardío arranque de la fermentación, colores extraños, espumamiento rápido de vez en cuando o burbujas de CO_2 subiendo a la superficie sin generación de espuma.

Entre las causas comunes están: el uso de mostos anormales en composición, y/o ingredientes defectuosos, mosto infectado, aeración anormal, controles de temperatura no funcionando adecuadamente, período de enfriamiento muy precoz, método y/o inoculación errónea, levaduras infectadas y/o debilitadas.

Equipo

El equipo y sistema para el proceso de fermentación debe estar de acuerdo al medio técnico y económico donde se realiza el proceso a fin de alcanzar una mejor calidad del producto terminado, algunos ejemplos de equipo y sistemas más comúnmente usados son los siguientes:

- 1.- Sistema de aeración.

Este sistema está formado por una línea de aire, filtro esterilizador, medidor de flujo, medidor de presión y la conexión a la línea conductora del mosto.

2.- Inoculador.

El inoculador es una simple conexión.

3.- Tanque generador.

El tanque generador está diseñado como un fermentador o tanque cerrado con sistemas de enfriamiento.

4.- Recipientes de Fermentación.

a).- Tanques.

Dependiendo de la capacidad de producción de las plantas estos tanques alcanzan tamaños hasta de 12,000 Hl. Antiguamente estos tanques eran abiertos por lo cual generaban muchos problemas, actualmente en su mayoría los tanques de fermentación son cerrados; construidos de acero inoxidable, diseñados para soportar presiones peculiares y pueden ser tanques — verticales u horizontales.

b).- Sala de Fermentación.

En esta área debe cuidarse que los sistemas de drenado sean eficientes con el fin de que levaduras contaminantes, — cerveza y mosto no puedan ser acumulados en el área.

c).- Enfriamiento.

La selección del sistema de enfriamiento depende del di seño de los tanques y las condiciones de fermentación. Las -
cervecerías frecuentemente usan amoníaco como sistema refri-
gerante primario y soluciones de glicol o agua helada como -
sistema refrigerante secundario los cuales circulan por los-
equipos de enfriamiento del fermentador.

d).- Colector de Bióxido de Carbono.

Los fermentadores cerrados ofrecen la ventaja de permu-
tir la colección del bióxido de carbono generado, actualmen-
te muchas plantas tienen acoplada en la tapa de los fermenta-
dores dispositivos que permiten la colección del CO_2 y que -
una vez purificado puede ser usado en otras partes del proc-
so como es el caso de la carbonatación, filtración y envasa-
do.

Operaciones de Sedimentación.

Después del proceso de fermentación, son realizados una
serie de procesos que datan de hace muchos años y que eran -
involucrados en la antigua tecnología bávara de acuerdo a -
los recursos de esa época. Actualmente estas operaciones tie-
nen cinco funciones principales que son:

- 1.- Carbonatación.
- 2.- Enfriamiento y estabilización.
- 3.- Clarificación.
- 4.- Estandarización

5.- Maduración del sabor.

De todas éstas la operación más importante es la maduración del aroma. Las otras operaciones tienen importancia secundaria y cada una puede estar acompañada por varios procesos diferentes. Incluso cada operación puede estar acompañada por procesos que son más o menos independientes; sin embargo algunos procesos dificultan otros, por lo que de acuerdo al tipo de cerveza recuerrida deben o no hacerse.

Carbonatación.

El nivel de bixido de carbono en la cerveza después de la fermentación es de 1.2 a 1.7 volúmenes de CO_2 por volumen de cerveza. El proceso de carbonatación es, por tanto subir este contenido hasta 2.5 - 2.8 v/v antes del envasado.

Los métodos de carbonatación son como sigue:

1.- Carbonatación tradicional.

Es aquella que es realizada a contrapresión de 0.6 a 1.0 atm. y en este proceso es cuando se realiza la fermentación secundaria que crea suficiente CO_2 hasta saturar la cerveza al valor de equilibrio, el cual es dependiente de la temperatura.

2.- Otras fuerzas podrían ser llamadas mecánicas.

Estas involucran la colección del CO_2 naturalmente generado durante la fermentación y reinyectado a la cerveza una vez que el gas ha sido deshidratado, purificado con carbón -

activado, y se le han removido productos aromáticos volátiles e indeseables.

Las formas en que puede difundirse el CO_2 en la cerveza puede ser mediante líneas de carbonatación, tanques de carbonatación, sistemas saturadores y sistemas de difusión continua a contracorriente.

Enfriamiento y Estabilización.

Como varias proteínas de alto peso molecular y taninos, están presentes en la cerveza, las cuales tienden a combinarse lentamente y forman turbidencias coloidales, insolubles a temperatura de refrigeración a las cuales la cerveza es consumida; es común el uso de procesos adecuados que sirven para remover las proteínas o taninos de la cerveza, aspecto — que puede ser realizado mediante la adición de enzimas como son la papaína, ácido tánico, adsorbentes.

Sin embargo dentro de los adsorbentes la bentonita y sílica gel, han sido sucesivamente usadas como adsorbentes de taninos, pero absorben de preferencia proteínas. La bentonita requiere de almacenaje frío para lograr un efecto de asentamiento, pero tiene un efecto dañino en la estabilidad de la espuma, y es difícil de remover. La sílica gel no tiene efectos dañinos sobre el aroma y espuma de la cerveza; es posible de obtener la estabilidad en frío y puede ser usada — junto con Polyvinilpirrolidona (P V P).

Clarificación.

Después de la fermentación, la cerveza es extremadamen-

te turbia debido a la presencia de levaduras y nebulosidades coloidales de proteina-taninos las cuales se forman y precipitan de la solución mediante bajas temperaturas.

Las técnicas para clarificación pueden ser las siguientes:

1.- Sedimentación por gravedad.

Durante el almacenaje a temperaturas de 0° a 5°C la mayor parte de impurezas son sedimentadas en esta fase si la fermentación ha cesado y el tanque está a presión.

2.- Terminación.

Los agentes de terminado pueden ser adicionados al principio del almacenamiento, a fin de acelerar y realizar un mejor trabajo. Como agentes de terminado se utilizan: bentonita, ácido tánico, algas marinas, silicato o silicagel. Sin embargo estos agentes aún cuando son muy eficientes originan problemas con el sedimento y son más caros que otros clarificadores.

3.- Centrifugación.

Las centrifugas usadas para clarificar la cerveza, tiene como ventajas que las levaduras y otros sólidos suspendidos son removidos de la cerveza fermentada, las pérdidas de cerveza son mínimas, los costos son más bajos que otros tipos de clarificación, la cerveza clarificada puede ser controlada a un nivel de turbidez consistente, las levaduras son eliminadas de los tanques de almacenamiento fríos.

Como desventajas en el uso de este equipo son:

Hay un incremento en la temperatura de la cerveza produciendo olores indeseables, se genera una concentración de partículas más finas, que hacen una filtración más difícil y las levaduras son removidas del proceso de almacenamiento — sin eliminar el efecto de las levaduras en la maduración del olor.

4.- Filtración.

Aún cuando los procesos anteriores son muy eficientes, no dan a la cerveza la brillantez requerida para lanzar el producto al mercado. Es normal filtrar la cerveza al final del proceso de almacenamiento y antes del envasado a fin de obtener una claridad brillante en el producto. Las técnicas más usadas en la filtración son las siguientes:

Filtración Kieselguhr.

Esta es realizada mediante la adición de tierras de diátomeas que son esqueletos de plantas microscópicas y que al inyectarlas al filtro forman una torta porosa filtrante que ayuda a la filtración de la cerveza y conforme pasa el tiempo este medio filtrante excede las limitaciones de espacio físico, dentro del filtro y la caída de presión se vuelve excesiva y es entonces cuando la filtración debe ser suspendida.

Filtros de Platos.

Esta técnica fue iniciada en Alemania por los años 1930.

y ha ido ganando popularidad. El medio filtrante de estos -- filtros está formado por láminas de 2 ó 3 mm. de grueso y hechas de celulosa, tierras de diátomeas, y otros ingredientes variando en proporción a fin de alcanzar varios grados de -- adsorción y retención.

Las láminas son colocadas entre platos de acero inoxidable o plástico con lo cual la cerveza pasa directamente a -- través de la lámina y se colecciona en el otro lado. Generalmente estos filtros generan buena brillantez a la cerveza si ésta ha sido prefiltrada, logrando también así una cerveza -- libre de microorganismos.

Estandarización.

Este proceso es aquel que tiene por objeto mezclar la -- cerveza a fin de lograr límites precisos de alcohol y otros valores característicos, para esta operación, es usada agua libre de contaminantes u olores. No es esencial que el agua sea tan dura como el agua usada en la elaboración del mosto, pero sí debe estar libre de cloro y otros oxidantes.

Maduración del sabor.

Los procesos de carbonatación, estabilización, estandarización y clarificación son procesos mecánicos o fisicoquímicos que influyen en la maduración del aroma.

Muy poco es conocido acerca de las reacciones químicas y bioquímicas que son realizadas para que la cerveza joven -- madure totalmente en aroma; aún cuando muchos de los consti-

tuyentes de la cerveza aumentan en la maduración, otros descienden y algunos permanecen sin cambiar, hay tres reacciones de mucha influencia en la maduración del sabor: Reducción en la concentración de sulfuro de hidrógeno, acetaldehído y diácetilo, que son productos de la fermentación y cuya concentración se representa en la figura 3.

El bióxido de azufre, de olor desagradable es transformado por las levaduras a sulfato, el cual no tiene influencia en el sabor final de la cerveza. Puede efectivamente ser controlado para bajar su nivel mediante una adecuada selección de levaduras y manejo de las mismas.

El acetaldehído es el precursor normal del etanol en la fermentación, y es reducido por las levaduras durante la maduración a alcohol. El acetaldehído y otros compuestos de carbonilo volátiles son los responsables de la formación de sabores antes de la maduración. Una selección adecuada de levadura, condiciones de fermentación, control de pH, nivel de sulfitos, presión, etc. incrementará la producción de acetaldehído.

Los diácetilos son causantes de sabores rancios en la cerveza, son producidos por el metabolismo de las levaduras y es subsiguientemente reducido por las levaduras a 2-3 butanoidol, el cual tiene más influencia sobre el sabor. La reducción de diácetilo es altamente dependiente de las levaduras en suspensión, fermentaciones agitadas bajan la concentración de diácetilo; sin embargo se genera un incremento en la concentración de acetaldehído.

Así también el sabor está influenciado por los alcohóles de peso molecular elevado, ésteres y ácidos grasos, for-

Decremento del Aroma

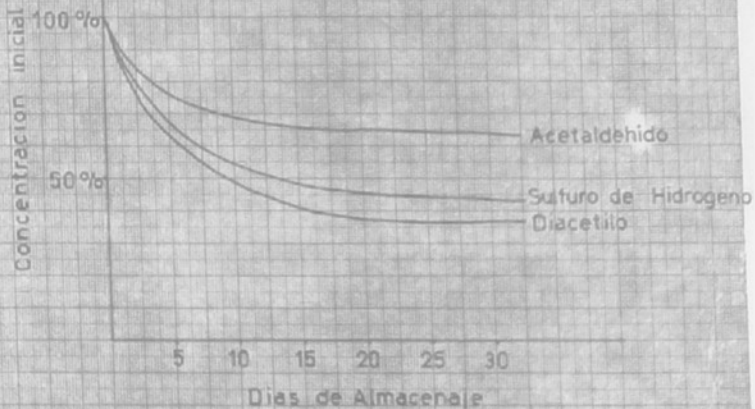


Fig. 3

andos en el proceso de fermentación y que incluso durante el proceso de almacenaje no cambian en concentración.

Como características del área de sedimentación se tienen las siguientes:

- a).- Tanques de almacenamiento con servicios y características muy parecidas a los demás tanques difiriendo solamente en capacidad y cantidad.
- b).- Los filtros son de dos tipos de Kieselghur y filtros de membrana.

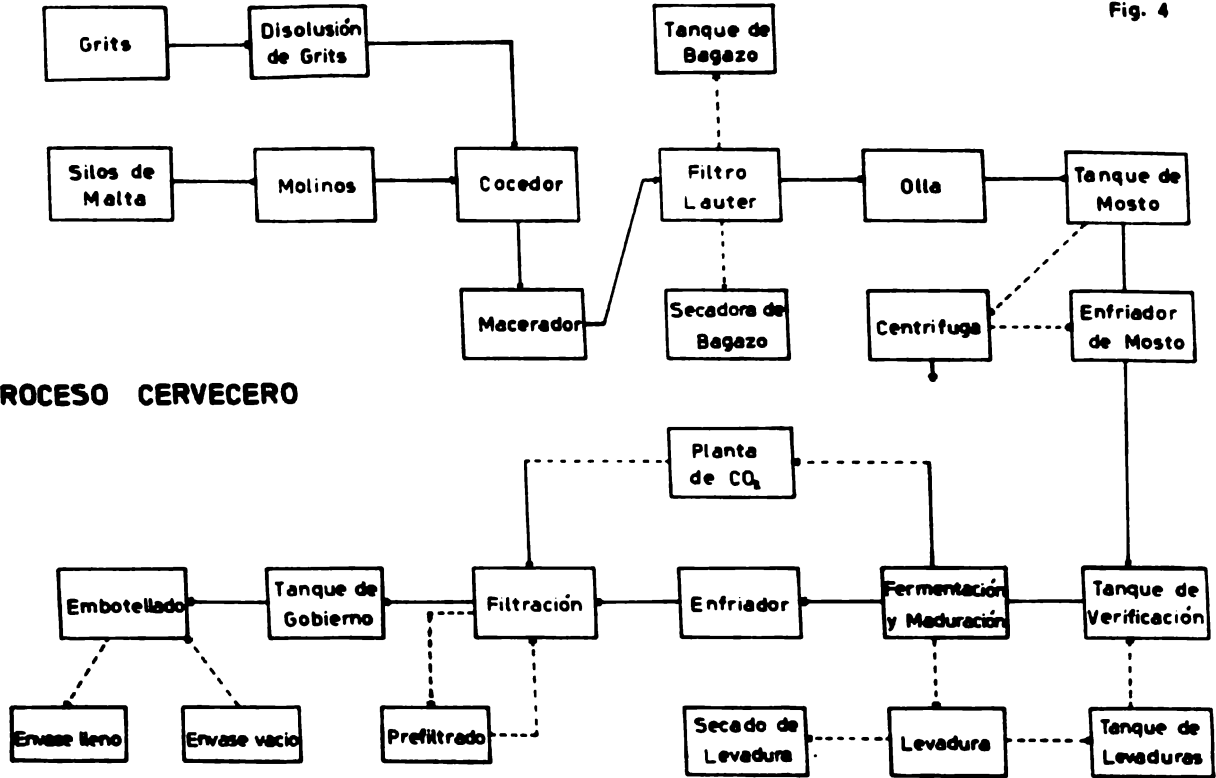
Como servicios se tienen los siguientes:

- a).- Sistema de enfriamiento.
- b).- Bombas de alimentación.
- c).- Medidores de flujo, presión y temperatura.
- d).- Medidor de turbidez para cerveza.

Para tener un panorama más general del proceso cervacero se presenta un diagrama de bloques representado en la figura 4.

Fig. 4

PROCESO CERVECERO



CAPITULO IV

ENVASADO

De acuerdo a los record de producción y para lograr una mejor eficiencia en la productividad esta área está formada por seis líneas, las cuales embotellan cerveza de diferentes características en sabor y capacidad; sin embargo el proceso de embotellado es en todos los casos el mismo y los pasos — son como sigue:

Depalettiser.

Las cajas provenientes de afuera y en plataformas conteniendo 30 cajas son transportadas primero en juegos de seis y después de una en una. Estas cajas están acomodadas en tarimas, las cuales son montacarga manual son subidas al depalettiser pero después el proceso es en forma totalmente automático.

Uncrowning (Destivadora).

En esta parte las cajas son bajadas de las tarimas y — son forzadas a circular en forma individual.

Uncaser (Desenvainadora).

Con este equipo mediante succión, las botellas son sacadas de las cajas e inmediatamente las transporta a la circu-

ente sección.

Case Washer (Lavadora de caja).

Las cajas provenientes de la sección anterior son lavadas en esta parte mediante chorro de agua caliente.

Washer (Lavadora).

Las botellas mediante solución de sosa son lavadas, la concentración de sosa es de 1.5% y agua bastante caliente.

Inspección.

Esta parte es hecha mediante inspección humana y mediante un dispositivo electrónico que va comprobando principalmente la boca de la botella.

Filler (Llenadora).

Esta máquina tiene diferentes capacidades de trabajo y oscila entre 500 y 100 botellas llenadas por minuto, la operación es totalmente automática.

Crowler (Selladora).

Una vez que han salido las botellas de la llenadora es tapada inmediatamente y en seguida la botella es lavada a chorro de agua por un dispositivo a base de orificios.

Warner (Lavadora).

En esta parte la botella es nuevamente lavada exterior-

mente, pero ahora con agua caliente.

Level-Checker (Control del nivel).

En esta parte el nivel de la botella es controlada mediante un dispositivo electrónico y el cual cuando detecta anomalías separa inmediatamente la botella.

Inspección.

Esta otra operación es hecha otra vez pero ahora mediante el control de operadoras que de acuerdo a un nivel de referencia y frente a una pantalla chequea el nivel por segunda vez.

Labeller (Etiquetado).

Esta sección es donde es etiquetada la botella, el proceso es totalmente automático y el trabajo del operador consiste únicamente en llenar las tomas que contienen el pegamento y las etiquetas.

Label Checker (Control de etiquetado).

Nuevamente por un dispositivo electrónico en esta área es chequeada si la botella va o no etiquetada, este dispositivo está formado a base de una celda fotoeléctrica.

Caser (Acomodadora).

Esta sección la cual está constituida por una máquina que afila las botellas provenientes de las partes, nuevanen

te por succión las botellas van siendo colocadas en las cajas.

Lack Checker (Falta de control).

Mediante dispositivos electrónicos en esta parte se comprueba si la caja va completa o no, cuando la caja va incompleta esta es rechazada de la línea y regresada al punto Casser, localizado muy cerca de donde está el operador y este se encarga de completar la caja.

Palettizer (Estivadora).

El producto terminado es colocado en paños de 24 cajas y después de asegurar esta pila mediante hilo atado a ella, es transportada a la bodega donde todo el transporte de producto terminado está altamente mecanizado por medio de transmisiones de cadenas, en esta parte se lleva un buen control del producto terminado.

CAPITULO V
CALIDAD DE LA CERVEZA Y METODOLOGIA
DE PRUEBA.

Dado que la calidad de la cerveza está en los ojos, nariz, boca y mente del consumidor, es a veces extremadamente difícil y a veces imposible fijar un estándar de calidad; — sin embargo lo que el consumidor desea puede fijarse mediante las siguientes cuatro partes.

1.- Perfiles de sabor.

En la industria cervecera el sabor es uno de los atributos más importantes del producto, aún cuando es una reacción sensorial muy compleja, acompañado por olor, gusto y temperatura, su importancia de este aspecto estriba para decisiones comerciales.

2.- Referencias de sabor.

El objeto de esta operación es igualar con un producto ya existente en otra compañía competidora para lo cual es necesario ajustar el producto a características similares.

3.- Análisis físico-químicos.

Con este aspecto se evalúan los términos usados para fijar los requerimientos que definen la calidad de la cerveza.

Sin embargo el análisis químico puede ser limitado, pues muchas características importantes del sabor no pueden ser descritas como niveles de compuestos químicos, individuales o - algunas veces mediante técnicas analíticas modernas, pueden medirse miles de compuestos muchos de los cuales no se conoce su papel en la cerveza.

4.- Materias Primas y Especificaciones del Proceso.

Estos son los aspectos más útiles y que frecuentemente definen la calidad de la cerveza, para esto es necesario decir como es hecha la cerveza y las características de materia prima que se va a usar.

Interpretación de Análisis de Laboratorio

Generalizando en una forma más elemental el papel que asegura la calidad de la cerveza está realizado son:

Muestra

Inspección.

Análisis Materias primas y materiales empacando.

Pruebas.

Estimaciones Producto en proceso

Reporte Producto terminado

Sugerencias Lote terminado

Archive

Para la interpretación y uso de datos obtenidos de pruebas que requieren conocimientos de las características de — cervezas típicas se muestra como un ejemplo de especificaciones para cerveza envasada Lager en Katsura Brewery, los siguientes parámetros:

	Especificaciones
Gravedad original	11.3 ± 0.2
Extracto aparente	2.8 ± 0.1
Alcohol % en peso	3.57 ± 0.12
Extracto real %	4.34 ± 0.12
Grado real de fermentación, % (calculado)	61 ± 1.3
Color	2.70 ± 0.15
p ^H	4.10 ± 0.2
Reacción del iodo.	Negativa
Calcio p.p.m.	70 ± 10
Sodio	100 ± 25
Cobre p.p.m.	0.15 ± máximo
Fierro p.p.m.	0.10 máximo

	Especificaciones
Aire (ml. por 12 onzas)	1.0 máximo
CO ₂ Volumen	2.65 ± 0.10
Estabilidad de espuma, valor sigma	110 ± 150
Claridad, P.T.U. s.	35 máximo.

Antes de evaluar los datos algo acerca de la precisión de cada prueba, deberá ser conocida pues muchas veces valores obtenidos sobre una muestra dada, muestra alguna variación y la diferencia debe ser considerada en un determinado rango.

Al interpretar un análisis de cerveza se deben considerar características individuales y responder a las siguientes preguntas: ¿Es la variación significativa?, ¿está la variación dentro de los límites de la desviación estándar para la prueba?, ¿hay un modelo que indique la dirección con respecto a un valor más alto o más bajo?. Las cartas de control son útiles en este aspecto.

Si la varianza es significativa, ¿cuál es la posible causa de tal varianza?, ¿qué acción correctiva puede ser tomada?.

Color.

En operaciones normales de operación, el color de un producto generalmente no varía más que ± 0.15 unidades como-

fuerza en la varianza de color se tiene:

Color de la malta.

Adición de almidón colorido

Tiempo de contacto entre el mosto y el grano.

Composición del agua cervecera.

Duración de Kettle boil.

Tiempo en el tanque de mosto caliente.

Recogimiento anormal de aire.

Extracto original.

El extracto original es el número de libras de sólidos presentes en 100 libras de mosto, que se originan del material cervecero semejante a la malta y adjuntos. Este aspecto es uno de los componentes más importantes, pues el extracto original proporcionará el extracto real y alcohol del producto terminado y es expresado en grados Platón.

El extracto original de mosto debe ser apreciado en relación a la cantidad de mosto, producido, pues los cambios en dilución afectan a la gravedad específica; pero no involucra un cambio en el total de libras del extracto involucrado. Las variaciones en el extracto original pueden ser clasificadas así:

Bajo Extracto.

Acumulación de cáscaras de malta en los silos frecuente underletting incrementado, vaciado rápido, exceso de agua en las líneas del mosto caliente y enfriamiento del mosto. Acarreamiento de materiales durante el macerado y cocimiento de cereales. Formulación deficiente en granos, tiempo reducido de reacción en el Mash Kettle.

Alto Extracto.

Pérdidas de agua usada en el lauter tub. Aumento de tiempo de reacción en el Mash Kettle. Uso incrementado de material.

Un cambio en el tipo de malta o adjuntos puede influir en el extracto original.

Extracto Aparente.

También expresado en grados Platón y debido a la presencia del alcohol producido en el proceso de fermentación, — cualquier instrumento mostrará una lectura más baja del extracto que está realmente presente. Si el extracto aparente-final, después de completar la fermentación es más alto de lo deseado, puede ser debido por:

a) - La fermentación fué suspendida por Attemperación - prematura antes que el final de la fermentación — fuera alcanzada.

b).- Una gran cantidad de no fermentables fué producida

durante el reposo de la sacarificación en el proceso de macerado a una temperatura más alta que la asignada.

Si el extracto aparente y el contenido de alcohol está más abajo de lo normal indica que la cerveza ha sido diluida con agua durante el proceso. Si el extracto aparente es más bajo que el usual y el contenido de alcohol es más alto, nos indica formación excesiva de azúcares fermentables en la sacarificación.

Extracto Real.

Nos muestra la cantidad efectiva de extracto que permanece en la cerveza después de la fermentación el cual proporciona cuerpo, color, estabilidad de la espuma y sabor a la cerveza. El extracto real es dependiente de la gravedad original y la cantidad de extracto que ha sido convertido a alcohol y dióxido de carbono.

Alcohol en peso.

Con una cerveza de gravedad original dada el contenido de alcohol está relacionada con el extracto aparente y será proporcionalmente más bajo, conforme las lecturas de extracto aparente incrementen.

Proteína.

La proteína presente en la cerveza es derivada de la malta y generalmente proporciona alguna indicación sobre la cantidad de malta que fue usada en los materiales originales

Azúcares Reductores.

Cuando el mosto ha sido preparado contiene carbohidratos que son fermentables y otros que no lo son. Los carbohidratos no fermentables permanecen en la cerveza y proporcionan cuerpo a la misma; sin embargo es importante fermentar lo más que se pueda de los azúcares fermentables a fin de reducir los riesgos de fermentación durante el envasado. El término azúcares reductores se refiere principalmente a esos azúcares fermentables. La comprobación para alto contenido de azúcares reductores es:

Rápida maduración de la cerveza en el fermentador.

Tiempo insuficiente de sedimentación tal que la primera filtración remueve la mayor parte de levaduras.

Nutrición pobre en las levaduras.

Deterioro de las levaduras.

Reacción del Iodo.

Como algunas materias primas contienen grandes cantidades de almidón, los cuales deben ser convertidos ya sea a azúcares fermentables o no fermentables, el almidón (o dextrinas) no deberán permanecer en el producto terminado pues esto lo haría físicamente inestable. Un producto aceptable es cuando la prueba es negativa o tiene muy pocas trazas de eritro - dextrinas.

Unidades de Amarroz.

Esta determinación mide la cantidad de ácidos alfa que han sido extraídos de los lúpulos y cambiados a sustancias amargas solubles durante la ebullición del mosto. Si un cuidado razonable es usado en la adición de lúpulos, ocurren — pequeñas variaciones. La comprobación en las unidades de amargor esta dada por:

Cantidad y condición de lúpulos usados.

Métodos de adición.

Olla de cocimiento.

$\frac{H}{P}$

Tiempo en los tanques de mosto caliente.

Exceso de espuma en los tanques de almacenaje.

Fierro.

En plantas con equipo construido de acero inoxidable — producen cerveza con un contenido de fierro menor a 0.10 ppm.

Si el contenido de fierro varía de valores bajos a valores altos, la causa generalmente puede ser picaduras en los tanques de almacenaje o exposición directa de este metal.

La comprobación es hecha en:

Conexiones de los tanques y líneas transportadoras de — cerveza.

Líneas de aire y CO_2 unidas al equipo de proceso.

Agua.

Líneas de enlatado.

Bióxido de Azufre.

Cuando no es añadido sulfite al proceso generalmente se obtienen menos de 10ppm. de SO_2 el cual es producido por las levaduras.

Diácetilo.

El diácetilo es primero producido y entonces reducido - por las levaduras durante la fermentación.

Puede también ser producido por bacterias durante y después de la fermentación, cervezas hechas con un extracto original relativamente bajo y altos valores de amargor pueden - enmascarar el sabor del diácetilo.

Un alto contenido de diácetilo es generalmente causado- por uno de las siguientes causas:

Rápida maduración.

Nutrición deficiente de las levaduras.

Fermentación secundaria con un período demasiado corto- de almacenaje.

Cobre.

Plantas equipadas con equipo de acero inoxidable producirán cerveza con un contenido de 0.05 ppm. o menos de cobre. Generalmente las levaduras remueven el cobre contenido en el mosto. El cobre causa rápidos deterioros en el sabor y claridad de la cerveza.

Acides.

La acides es una consecuencia de la actividad de las levaduras y la materia prima usada. Generalmente la acides de cualquier cerveza oscila entre 0.10 y 0.17.

p^H

El p^H es otra medida de la acidez activa o alcalinidad y generalmente no causa problemas en la producción de cerveza. El rango del p^H de la cerveza puede estar entre 3.9 y 4.4. La proporción de malta y adjuntos en la formulación, tipo de agua y su tratamiento influyen en las variaciones del p^H.

Contenido de Aire.

El aire es muy dañino para el sabor de la cerveza y es por ello que en el proceso de envasado el contenido de aire debe ser lo más bajo posible.

Dióxido de Carbono.

Para obtener una carbonatación uniforme, el medidor de-

presión en el probador de CO₂ debe ser mantenido dentro más o menos media libra exactamente pues esta varianza a 32° F - representa una diferencia de 0.05 volúmenes de CO₂. Si el tanque de cerveza es carbonatado al contenido deseado de CO₂ alguna variación en el envasado puede ocurrir durante la operación de llenado que es uniforme y el contenido de aire es bajo.

Para comprobar este punto se hace en:

Tanques de gobierno y terminado en el llenado.

Mantenimiento de válvulas llenadoras.

Llenado no uniforme.

Espuma.

Para la evaluación de la espuma, el método del valor sigma unido con otras observaciones sobre el comportamiento de espuma formada en recipientes muestrales de prueba proporcionará una guía general para juzgar la velocidad de colapso en la espuma formada.

La comprobación de este aspecto es hecho en:

Formación excesiva de espuma durante el proceso.

Lubricantes impropios en válvulas, bombas, equipo de envase o recipiente de cerveza.

Trazas de compuestos limpiadores en el equipo o recipientes.

entes.

Filtración y tanques de enfriamiento.

Propiedades de la malta y formulación.

Formulación de lúpulos.

Defectos comunes en la cerveza.

Como problemas principales en una cerveza terminada pue
de encontrarse la estabilidad física (turbides) que general-
mente puede formarse como oxalato de calcio, sedimentos, opa-
camiento, barboteo (eyeción violenta incontrolada), amargor
astringente y sabor de grano, ésteres, vino, diáctilo, etc.

Acciones Correctivas.

Al interpretar los resultados de análisis de laborato-
rio deben tomarse precauciones sobre el tipo de acciones co-
rrectivas que no produzcan un resultado peor que las condi-
ciones originales, por ejemplo cuando el contenido de aire -
en los tanques de alimentación es más alto que los límites -
especificados, el uso de vacío y recarbonatación pueden pro-
ducir una pérdida en los componentes de la espuma por desna-
turalización. Esta acción correctiva produce una cerveza con
bajo contenido de aire, pero deficiente en capacidad para --
mantener espuma.

Así muchas veces la acción correctiva requerida para co-
rregir es más difícil y no puede ser tomada por razones fi-
nancieras por lo que lo mejor es una formulación buena, pro-

CAPITULO VI

SERVICIOS GENERALES.

Hay seis servicios que son comunes en todas las cervecerías y son: vapor, agua, refrigeración, electricidad, aire comprimido y bióxido de carbono.

La maquinaria generadora de estos servicios está localizada en la sala de plantas de potencia; debido a motivos — prácticos y económicos, la facilidad para adquirir los servicios estarán situados centralmente de tal forma que las tuberías de distribución sean lo más cortas posible y funcionables a su máximo. La capacidad instalada para las plantas de potencia está normalmente en exceso respecto al máximo de la demanda esperada para servicios normales. El número de unidades instaladas son diferentes a una unidad como es el caso de las calderas donde dos unidades de 120,000 Kg/hr de capacidad son preferidas y no una sola de 240,000 Kg/hr.; pues aunque una sola unidad reduce la inversión inicial con dos equipos se proporciona parcialmente la demanda y pueden resolverse fallas no esperadas en el equipo.

Vapor.

La caldera es el corazón del equipo generador de vapor la cual distribuye a través de tuberías dicho servicio a una presión que puede estar entre un rango de 100 a 200 lb/in² -

manométricas.

En los puntos donde se usa vapor la presión de éste servicio es reducida mediante una válvula reductora la cual reduce la presión a 40 - 45 lb/in² y entonces el vapor entra a los serpentinas o chaquetas que proporcionan área de calentamiento al equipo de proceso. Los condensados provenientes -- del vapor usado en los equipos es retornado a la caldera y -- es usado como fluido de precalentamiento al agua usada en la caldera.

Como tipos de calderas se encuentran las Acotubulares en la cual el agua que se encuentra en los tubos es calentada por combustible que se quema en los alrededores de los tubos; en estos equipos el combustible es alimentado y quemado junto con una corriente de aire de tiro forzado el cual proporciona el oxígeno necesario para la combustión. Los tubos que están localizados muy cerca del área de combustión forman aproximadamente el 15% del total y generan el 50% de vapor producido.

Agua.

Siendo una de las principales materias primas usadas en el proceso cervecero es por ello que este material juega un papel muy importante en el establecimiento de una planta productora de cerveza.

En general se establecen tres categorías de agua usadas en la planta y éstas son: las usadas en la elaboración de la cerveza, agua destinada a calderas y agua para servicios generales.

Casi toda el agua que interviene en el proceso requiere de un tratamiento y entre éstos se encuentran la astringencia, clarificación, filtración, cloración, filtración por carbón, ozonación, demineralización y reacloración.

El tratamiento del agua que es alimentada a la caldera es necesario pues con ello se prolonga la vida de estos equipos; el análisis de agua de caldera para una presión de operación de 0-300 Psig. no deberá exceder de 3,500 p.p.m. de sólidos totales, 700 p.p.m. de alcalinidad, 300 p.p.m. de sólidos suspendidos y 125 p.p.m. de Sílice.

Refrigeración.

En las cervecerías la refrigeración es un servicio que es usado para enfriar la cerveza, licuar el hidrógeno de carbono, mantener bajas temperaturas en las salas de sedimentación y en las salas de almacenamiento de lúpulos.

El ciclo de refrigeración es similar en algunos aspectos al ciclo del vapor pues involucra un cambio de estado que va de líquido a vapor y viceversa. El refrigerante más común en las cervecerías es el amoníaco el cual comparado con otros refrigerantes tiene las ventajas de su bajo costo, alto calor latente de vaporización y bajo punto de ebullición. Esta última propiedad es tan baja que en todos los casos de refrigeración la condensación y enfriamiento puede ser hecho con agua a condiciones normales de temperatura.

El vapor de amoníaco a presión y temperatura baja es comprimido a una presión y temperatura más alta superior a la disponible por el agua de enfriamiento. El vapor es con-

densado debido al cambio de presión y el calor latente es re- movido por el agua de enfriamiento. El equipo mecánico en el ciclo de refrigeración incluye:

- a).- Compresora del tipo recíprocante, varios cabezales y movidos generalmente mediante motores eléctricos. La capacidad de estos equipos puede variar de 100- a 1000 toneladas de refrigeración. Compresores del tipo centrífugo son frecuentemente usados con re- frigerantes de freon.

- b).- Condensadores: Parecidos a los que se usan para -- condensar vapor de agua. Los condensadores de tubo y coraza son los más usados en refrigeración y -- usan como medio de enfriamiento agua proveniente - de las torres de enfriamiento.

- c).- Recibidores para amoníaco y bombas para fluidizar- lo.

- d).- Evaporadores y controles incluyendo los espacios - de refrigeración en las áreas de sedimentación, en friamiento de la cerveza, glicol, etc.

Recuperación de CO₂.

La recuperación del dióxido de carbono del área de fer- mentación, purificación, compresión y licuefacción del mismo para reuso en la cervecería y en la sección de envasado hace que este servicio sea tan esencial que deberá ponérsele tam- bién atención.

Para recuperar el bióxido de carbono es necesario que - la presión de los fermentadores esté en un rango de 0.5 PSIG cerca de estos equipos se encuentra una tampa de espuma y el compresor aumenta la presión hasta a 5.0 PSIG operación que es hecha con el fin de vencer la presión encontrada en el de purador de agua y el purificador a base de carbono, equipos que están antes del otro compresor.

El compresor que es usado después de estos pasos generalmente es del tipo recíprocante de dos etapas y sus partes internas son de acero inoxidable y los anillos del pistón y otros empaques son de teflón. En este compresor el CO₂ es comprimido a 250 PSIG y el calor de compresión generado entre 275 - 325° F es enfriado con agua.

El gas comprimido y enfriado es una mezcla de CO₂ y vapor de agua el cual es secado y enfriado antes de condensarlo a CO₂ líquido.

El CO₂ líquido es almacenado en tanques desde donde es evaporado cuando es necesitado.

Electricidad.

La energía eléctrica que se utiliza en las plantas es - del tipo de corriente alterna y es distribuida en tres fases de 60 Hertz. Los cambios de voltaje son fácilmente hechos - por los transformadores y la corriente alterna puede ser - transmitida a un alto voltaje con pérdidas mínimas en grandes distancias.

La corriente alterna puede ser generada hasta en 11,500 Volts. y transmitida en líneas entre 138,000 - 500,000 Volts.

y entonces es reducida para las conexiones locales que requiere la industria cervecera y cuyo rango está entre 23,000 y 4,160 volts. para lo cual cada planta debe contar con sus dispositivos de distribución formados por sus circuitos de control automático, equipo medidor y transformadores si hay necesidad de reducir el voltaje.

CAPITULO VII
SEGURIDAD EN LA PLANTA

La sanidad y seguridad para industria alimenticia implica gran número de consideraciones; sin embargo todo este aspecto puede ser dividido en dos categorías:

- 1.- Aquello que es necesario para asegurar que los productos no sean dañinos a la salud y estén de acuerdo con los requerimientos legales.
- 2.- Aquello que es estéticamente deseable pero puede no tener alguna parte adecuada a la seguridad o preservación de buena calidad en los alimentos.

Objetivos de un programa sanitario.

Un programa sanitario deberá ser desarrollado para prevenir que en el medio ambiente haya desarrollo de insectos, roedores y microorganismos; pero todo esto deberá prever probables fuentes de contaminación en las materias primas y productos terminados.

Al establecer un programa de sanidad hay determinados hechos que deben tomarse en cuenta y son:

- 1.- Formas de contaminación que pueden estar presentes en las materias primas usadas en el proceso.

- 2.- Las medidas que se toman aseguran la detección de -
dichas contaminaciones.
- 3.- Métodos que evitan, remueven o destruyen contamina-
ciones existentes en las materias primas y que es -
necesario atacarlas antes de usar dichos materiales
- 4.- Pestes u otras formas de contaminación que pueden -
invadir las operaciones del proceso.
- 5.- Los métodos que se aplican excluyen pestes de la --
operación, particularmente en las zonas más críti-
cas.
- 6.- El tipo de limpieza que es usado ayuda a conservar-
el área contra la invasión de pestes por insectos -
u otros bichos.
- 7.- La frecuencia con la que es limpiada cada área ase-
gura el ataque de cualquier peste.
- 8.- La necesidad de aplicar pesticidas como parte de un
programa de sanidad.
- 9.- Frecuencia y uso adecuado de pesticidas apropiados.
- 10.- La comprobación en los programas de sanidad determi-
na si los resultados deseados están siendo alcanza-
dos.

Sin embargo hay tres metas principales cuando se esta-
blece un buen programa sanitario. El primero es garantizar -

la satisfacción del consumidor con la calidad sanitaria de los productos terminados. El segundo es asegurar que todos los pasos del proceso manufacturero cumplan con las leyes aplicables que regulan dichas operaciones, sanitarias y la tercera es obtener la máxima efectividad del esfuerzo y dinero invertido en el programa.

Para estos trabajos de sanidad lo mejor es que lo realicen personas bien calificadas y que tengan las siguientes características.

- 1.- Familiaridad con la vida y hábitos de todas las partes que puedan invadir la operación.
- 2.- Conocimientos básicos de contaminantes microbiológicos.
- 3.- Conocimientos completos de los métodos de control químico.
- 4.- Entendimiento de las operaciones de producción.
- 5.- Vivo interés en el campo de la sanidad.
- 6.- Habilidad para trabajar armoniosamente con otras gentes.

Programas de Seguridad.

Los record de seguridad en la industria cervecera con muy pocas excepciones no ha sido muy bueno y aunque ha habido mucho avance en las cervecerías modernas, la industria —

tiene todavía mucho que mejorar en el área de seguridad industrial.

Atmósferas explosivas.

Dentro de este grupo se encuentran los molinos de alta y adjuntos pues cualquier chispazo cerca de dichos equipos puede ocasionar serias explosiones.

Como riesgos más comunes en esta área es la que se presenta cuando se va a soldar algún equipo donde hay polvos de granos por lo que dicha área debe ser marcada como peligrosa a fin de evitar chispazos en la misma que traigan consigo explosiones que pueden resultar fatales para los trabajadores.

Amoniaco.

Este material es explosivo cuando la concentración en el aire está entre un 15 - 20%, este nivel es intolerable a la respiración, para evitar explosiones debido al Amoniaco - lo aconsejable es la revisión cuidadosa de líneas que manejan este fluido.

Carbón Activado.

Aun cuando este material es recibido en bolsas o en forma granulada se corre el riesgo de la ruptura de un saco y con ello se origina peligro potencial.

Atmósferas Tóxicas.

Dióxido de Carbono.

El bióxido de carbono es un peligro que está presente - en la mayor parte del proceso cervecero. No solo es producido en la parte de fermentación sino que también es usado durante las operaciones de sedimentación y reintroducido en la etapa de envasado.

El límite permisible de CO₂ para una jornada de 8 Hrs. es del 0.5% (5,000 p.p.m.)

Como atmósferas tóxicas también se encuentra el amoníaco, ozono, tierras de diatomeas, fumigantes, Monóxido de carbono y cloro.

Agentes químicos.

Estos tipos de productos se están volviendo muy de moda en todos los trabajos de limpieza en tanques, tuberías y accesorios, en todos estos casos son usados sofisticados controles y soluciones químicas que pueden resultar peligrosas para el personal. Las soluciones químicas usadas incluyen -- agentes humectantes y secuestrantes como es el caso del hipoclorito de sodio, Fosfato triésico, soda caústica y otras.

En todos estos sistemas se ha operado con altos records de seguridad.

Peligros Mecánicos

En estos casos se encuentra todo lo relativo a escaleras, pisos, manejo de corriente eléctrica, etc.

Para evitar todos los riesgos anteriores es necesario -

usar ropa adecuada al área como son cascos de seguridad, caretas de protección, guantes, etc. y sobre todo realizar campañas de seguridad y dar avisos de entrenamiento en esta --- área, aspecto importante en cualquier industria.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES.

La finalidad del presente trabajo consistió en dar un panorama general sobre el proceso cervecero y establecer la mecánica bioquímica.

Las principales conclusiones de mi trabajo son:

- La industria cervecera trabaja con la Ingeniería en todas sus ramas y requiere de un personal especializado, - que sea capaz de seguir impulsando el desarrollo de esta industria.
- El agua juega un papel determinante en la calidad de la cerveza y es por ello que muchas cervecerías se han establecido donde la calidad del agua es adecuada y su composición permanece casi constante y de acuerdo a su localización en el estrato geográfico es protegida de la contaminación.
- La calidad de malta y adjuntos usados en el proceso se basa principalmente en la potencia enzimática que puede generar; en el caso de la malta debe buscarse que dé buen extracto, gran contenido enzimático y alta solubilidad de proteínas. Respecto a los adjuntos se pretende -- que éstos proporcionen el extracto al más bajo costo y -- así también se pueda generar una cerveza de color más --

tenne, brillante y de buena estabilidad.

- De acuerdo al mosto es precisamente en su elaboración - donde debe tenerse mucho cuidado en su preparación pues dado que es un proceso enzimático y cada enzima tiene - sus propias características, requiere el trazo de un - programa de trabajo planeado y predecible a fin de obtg ner un producto de buena calidad.

- Dentro de las operaciones unitarias presentes en el pa- so de elaboración del mosto la más importante es el en- friamiento, no tanto por la complejidad de la operación sino por los cuidados biológicos que deben tomarse en - cuenta pues en esta parte los microorganismos sobrevi- vientes pueden afectar los pasos siguientes del proceso.

- Para el proceso de fermentación el comportamiento fisi- co y bioquímico de las levaduras seleccionadas determi- nan el tipo y calidad de cerveza obtenida.
Durante la fermentación un estricto control de cali- dad debe ser realizado para asegurar que la fermenta- ción siga una cinética normal y que las levaduras permanezcan sanas y libres de contaminación pues es también en esta parte cuando puede haber degeneración y proble- mas biológicos tanto de reactivos como de productos.

- En las operaciones de bodega debe realizarse un estricto control para lograr que la maduración del sabor sea el principal objetivo a alcanzar lo que depende de la - capacidad del panel de control con que cuente la plan- ta.

- La Ingeniería de Servicios y el Control de Calidad es -

otro factor muy importante en la industria cervecera — pues gracias a ellos puede obtenerse una cerveza de calidad aceptable.

- Para evitar contaminaciones biológicas la sanidad en la planta exige un alto nivel a fin de que el trabajo reúna características saludables.

- Económicamente la industria cervecera es una de las — principales fuentes de ingresos para las entidades públicas y los subproductos y aguas de desperdicio a diferencia de otras industrias tienen gran importancia y — amplia aplicación en el campo agropecuario.

BIBLIOGRAFIA

- CLERKE JEAN DE - A TEXT BOOK OF BREWING
VOL. I y II
CHAPMAN AND HALL, 1957.
- HOUGH J.S.- MALTING AND BREWING SCIENCE
CHAPMAN AND HALL L.T.D., 1975.
- FINDLAY G. P. K.- MODERN BREWING TECHNOLOGY
MAC MILLAN PRESS, LONDON, 1971.
- WAINWRIGHT T., BIOCHEMISTRY OF BREWING
MAC. MILLAN, LONDON, VIA CRC. PRESS.
- FERRY J.H.- CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK
MC. GRAW HILL, 1968.