



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA

Estudio para Absorber un Aumento en la Producción de una Planta Elaboradora de Cerveza Aplicando el Sistema de Mostos Concentrados.



DEPTO. DE PASANTES Y
EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a n :

JESUS ARMANDO OCHOA CAÑEZ

ARMANDO RUIZ HEREDIA

México, D. F.

1980



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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).

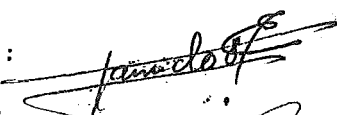
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición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

	PRESIDENTE	<u>ALFREDO ECHEGARAY ALEMANN</u>
	V O C A L	<u>GRACIELA MARTINEZ ORTIZ</u>
Jurado asigna	SECRETARIO	<u>ALEJANDRO GARDUÑO TORRES</u>
do original--	1er.SUPLENTE	<u>JORGE SOTO SORIA</u>
mente	2do.SUPLENTE	<u>MARIA LUISA GALICIA</u>

Sitio donde se desarrollo el tema:

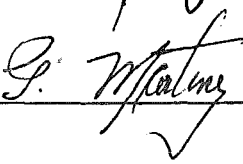
Facultad de Química, UNAM. Cervecería Cuauhtemoc,
S.A. México, D.F.

Nombre y firma de los sustentantes:

JESUS ARMANDO OCHOA CAÑEZ 

ARMANDO RUIZ HEREDIA 

Nombre y firma del asesor del tema:

GRACIELA MARTINEZ ORTIZ 

A NUESTROS PADRES:

Por la preciada ayuda que nos
brindaron para lograr la rea-
lización de nuestros estudios.

A NUESTROS HERMANOS:

Como muestra de cariño.

A MI HIJA SERENA

ESTUDIO PARA ABSORBER UN AUMENTO EN LA PRODUCCION DE UNA -
PLANTA ELABORADORA DE CERVEZA APLICANDO EL SISTEMA DE MOS--
TOS CONCENTRADOS.

CONTENIDO

INTRODUCCION

CAPITULO I. ELABORACION DE CERVEZA

- 1-1 Materias primas
- 1-2 Descripción del proceso

CAPITULO 2. SISTEMA DE MOSTOS CONCENTRADOS

- 2-1 Importancia
- 2-2 Preparación de mosto
- 2-3 Consideraciones técnicas
- 2-4 Análisis de la cerveza
- 2-5 Agua de dilución
- 2-6 Dosificación de agua a la cerveza concentrada
- 2-7 Ventajas y desventajas

CAPITULO 3. INCREMENTO EN LA PRODUCCION AL EMPLEAR EL SIS TEMA DE MOSTOS CONCENTRADOS EN UNA PLANTA CER VECERA YA INSTALADA.

- 3-1 Condiciones actuales de operación
 - 3-1.1 Objetivo de producción
 - 3-1.2 Balances de materia y energía en cada una de las eta
pas del proceso
- 3-2 Elaboración de cerveza con mostos concentrados
 - 3-2.1 Objetivos de producción
 - 3-2.2 Balances de materia y energía en cada una de las eta
pas del proceso.

CAPITULO 4. COSTOS

- 4-1 Costos actuales de producción
- 4-2 Costos de producción aplicando el sistema de costos concentrados
- 4-3 Comparación de costos y amortización del equipo.

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA.

INTRODUCCION

La gran demanda existente en la industria cervecera y los pronósticos de consumo para los próximos años, han provocado que la mayoría de los fabricantes de cerveza busquen aumentos en su producción, ya sea con la apertura de nuevas plantas o con la adopción de técnicas modernas que permitan estos incrementos.

Las estadísticas muestran que la producción de cerveza en México en el año de 1960 fue de 850 millones de litros y para 1978 se alcanzó la cifra de 2200 millones de litros, que representa un aumento de 160%, (9% anual sostenido).

Normalmente, la capacidad de producción de una planta cervecera está limitada por el número y volumen de cocimientos elaborados por día o por la capacidad de sus bodegas. En muchos de los casos, cuando dichas plantas afrontan el problema de una mayor producción, estas no están en posición de construir nuevas instalaciones o de expandir las existentes. Una opción para lograr aumentos de producción en una planta dada, es el uso del sistema de mostos concentrados. Este sistema se basa en la elaboración de mostos de alta gravedad, que son manejados así por todas las etapas de proceso y cuya dilución con agua a los niveles de concentración deseados, se da hasta la etapa final del mismo.

Atendiendo a las cifras y problemas anteriores, el presente trabajo tiene como objetivo proponer el aumento de la capacidad de producción de una planta cervecera ya instalada, empleando el sistema de mostos concentrados.

- CAPITULO 1. ELABORACION DE CERVEZA
- 1-1 Materias primas
- 1-2 Descripción del proceso.

1-1. Materias Primas

Podemos clasificar las materias primas usadas en la elaboración de cerveza en la forma siguiente.

- a. Maltas
- b. Lúpulos
- c. Agua
- d. Adjuntos
- e. Levaduras
- f. Aditivos varios

a. Maltas

La cebada es la materia prima principal para la producción de cerveza, es un cereal ideal para este uso pues aparte de tener extractos más completos que el resto de los granos, posee un sistema enzimático propio que se desarrolla con un tratamiento previo de malteado que logra la conversión completa de sus almidones propios así como la de los almidones que contienen los adjuntos (cereales no malteados).

Como ser vivo, la cebada posee enzimas necesarias para su desarrollo y existencia, las principales y las que tienen un efecto significativo al ser malteada son: α -amilasa, β -amilasa, fosforilasa, proteinasa y muchas otras más que no se encuentran en cantidades significativas.

El propósito del malteado, es preparar la cebada para ser usada en la producción de cerveza, ocasionándole varios cambios que se llevan a cabo dentro del grano por procesos de remojo, germinación y horneado; la malta o grano que resulta contiene menos humedad y es mejor para ser almacenada además de poseer las características necesarias-

para la elaboración de cerveza pues se le ha modificado el endospermo, se le ha aumentado su valor enzimático y tiene las propiedades de sabor y aroma.

El proceso de malteado comprende los siguientes pasos:

Selección del grano
Almacenamiento, limpieza y clasificación
Remojo
Germinación
Secado.

Selección del grano

La selección de cebada se realiza sobre la base de variedad, centro de producción, valoramiento físico, contenido de humedad, contenido de proteínas y propiedad germinativa.

Almacenamiento, limpieza y clasificación

La cebada debe ser separada por variedades y procedencia durante su almacenamiento, debiendo ser conservada en buenas condiciones sanitarias. La limpieza y clasificación antes del remojo dan la seguridad de obtener granos de tamaño uniforme y prácticamente libre de cebada partida o dañada y sin materias extrañas.

La cebada recién cosechada no germina debidamente, por lo que después de la cosecha debe pasar por un período de reposo y transpiración para que logre una buena energía y capacidad germinativa. Las teorías que explican el proceso de reposo son numerosas, de la más favorecida es la que expone que posiblemente el gérmen no recibe suficiente oxígeno a través de la capa serosa debajo de la cáscara y que

los cambios en el gérmen exigen un período más largo para -
llegar a la madurez, comunmente un almacenamiento de 30 a -
60 días corrige esta anomalía.

TABLA 1-1 COMPOSICION QUIMICA (% BASE SECA)

	CEBADA	MALTA
ALMIDON	63-65	58-60
SACAROSA	1-2	3-5
AZUCARES REDUCTORES	0.1-0.2	3-4
GOMAS SOLUBLES	1-1.5	2-4
OTROS AZUCARES	1	2
HEMICELULOSAS	8-10	6-8
CELULOSA	4-5	5
LIPIDOS	2-3	2-3
PROTEINAS (N X 6.25)	8-11	8-11
AMINOACIDOS	0.5	1-2
MINERALES	2	2.2
OTRAS SUBSTANCIAS	5-6	6-7

TABLA 1-2 PRINCIPALES ENZIMAS QUE INTERVIENEN DURANTE EL MALTEO

NOMBRE	FORMACION	ACTIVIDAD
α -AMILASA	SEGREGADA POR LA ALEURONA	ROMPIMIENTO ENLACES 1-4 DEL ALMIDON
β -AMILASA	ENDOSPERMO DE LA CEBADA	ROMPIMIENTO ENLACES 1-6 DEL ALMIDON
CITASA	ENDOSPERMO PAREDES CELULARES	HIDROLIZA HEMICELULOSA, GOMAS Y AZUCARES DE ALTO PESO MOLECULAR.
PROTEASAS	EN LA CEBADA Y EN LA ALEURONA O DURANTE EL MALTEO	HIDROLIZA COMPLEJOS PROTEINICOS A POLIPEPTIDOS Y PEPTIDOS
PEPTIDASA	DURANTE GERMINACION ALEURONA	HIDROLIZA POLIPEPTIDOS Y PEPTIDOS A AMINO-ACIDOS
FOSFATASAS	EN LA CEBADA, INCREMENTANDO SU ACTIVIDAD DURANTE GERMINACION	LIBERA ESTERES FOSFORICOS ORGANICOS A INORGANICOS
MALTASA	EN LA CEBADA Y PEQUEÑAS CANTIDADES DURANTE GERMINACION	HIDROLIZA A LA MALTOSA EN GLUCOSA
OXIDASA	DURANTE LA RESPIRACION DEL GRANO (REMOJOS Y GERMINACION)	ACTIVA EL OXIGENO MOLECULAR PRESENTE

Remojo

El objetivo del remojo es humedecer la masa del en dospermo hasta una humedad aproximada de 45% para lograr un crecimiento uniforme del grano, durante este paso, también, se lava la cebada eliminando granos de poco peso. En esta parte del proceso, se hace evidente la respiración del grano y para evitar la acumulación de los compuestos formados durante la misma se cambia el agua varias veces ventilando el grano entre cada cambio para proporcionarle oxígeno. La cebada queda en remojo de 2 a 3 días con temperatura del agua de 10° a 12°C.

Al final del remojo, aparecen los primeros signos de presencia de enzimas, los cuales se detectan por el rompimiento de algunas de las paredes celulares adyacentes al epitelio celular, durante este rompimiento hidrolítico se descubren alteraciones en el protoplasma de las células de la aleurona, los puntillos blancos de las raicillas sólo de ben estar apareciendo cuando la cebada abandona el remojo.

Germinación

En esta parte del proceso, la masa del endospermo se modifica, es decir, se vuelve porosa y blanda, el sistema enzimático aumenta y se reparte por todo el endospermo para actuar sobre el almidón y el material proteico del gra no durante el malteo y la maceración. La modificación progresa a partir del embrión mediante la enzima citasa y se nutre del endospermo a través del escutelium. Por otra par te, en la aleurona, se forman gran parte de las enzimas correspondientes a la hormona giberelina segregada por el embrión y por la dosificación externa de ácido giberelico. En esta parte se forma el 85% del total de β -amilasa.

GRANO DE CEBADA

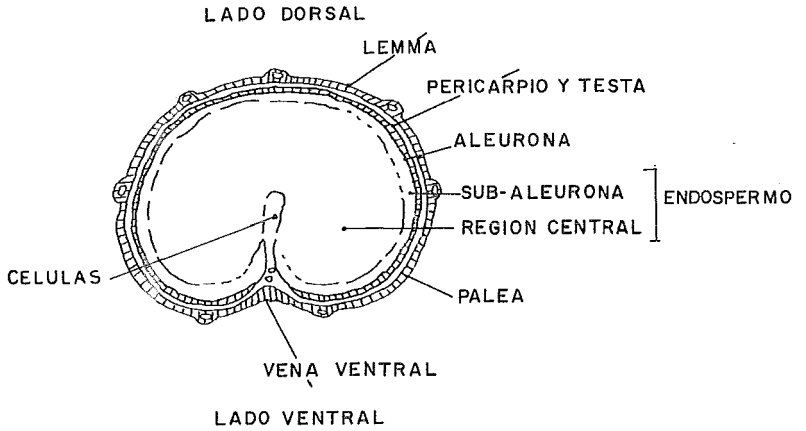
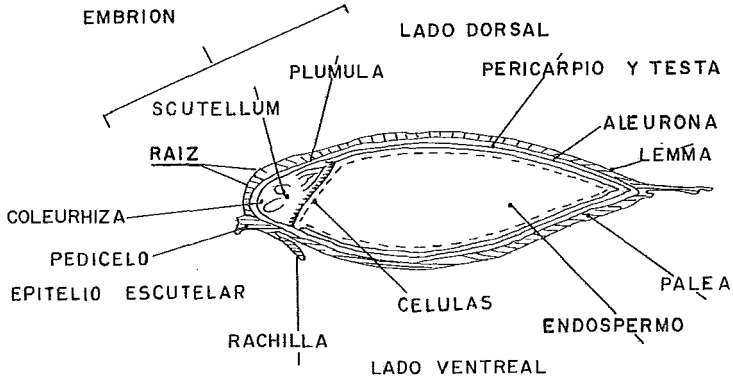


FIG. 1.1

AVANCE DE MODIFICACION EN LACEBADA

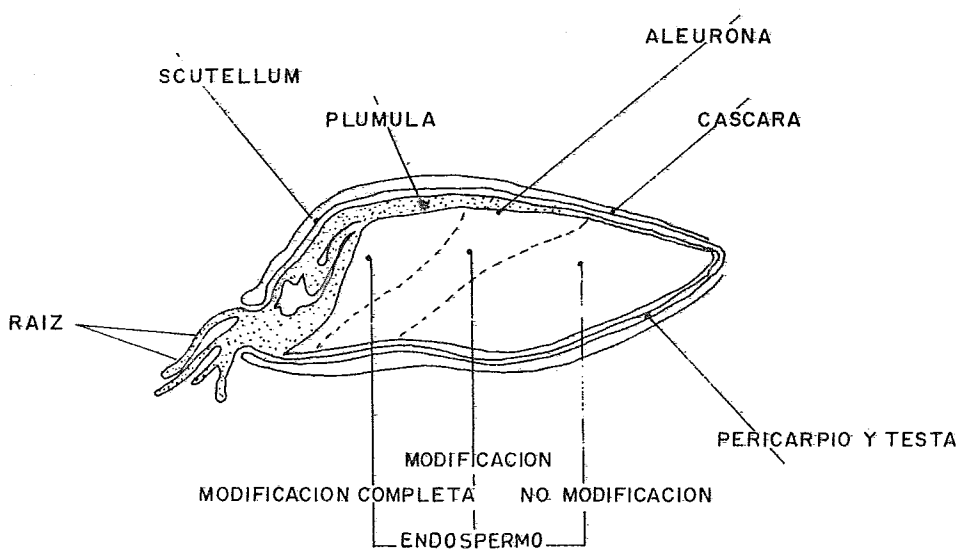
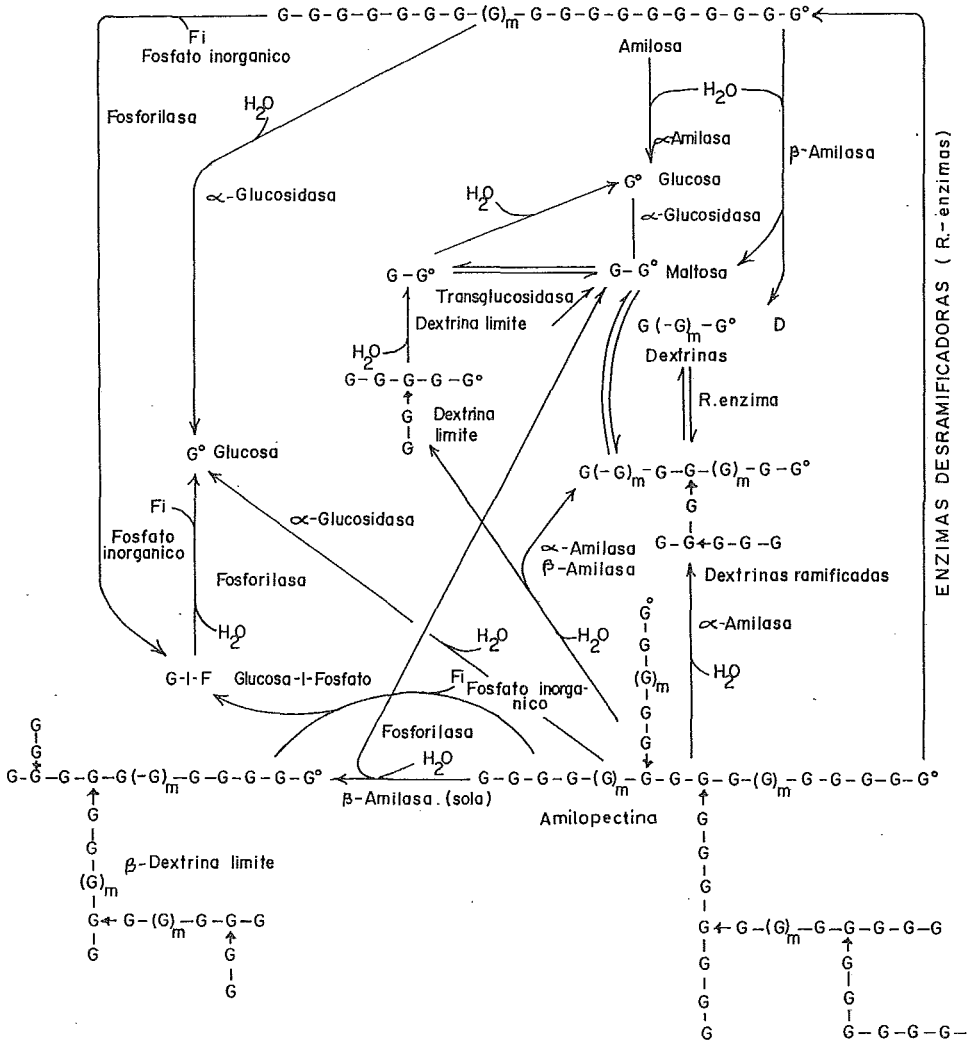


FIG. 1.2

FIG. 1.3 EFECTO DE LA ALFA Y BETA AMILASA EN EL ALMIDON



ENZIMAS DESRAMIFICADORAS (R.-enzimas)

G = Residuo del D-Glucopiranososa
 -- = Enlace α -1-4
 ↑ = Enlace α -1-6
 ° = Grupo reductor libre

En este paso, el rompimiento macromolecular hidrolítico del endospermo provee los nutrientes necesarios al embrión, mientras que la parte restante forma el extracto necesario para la maceración.

Secado

Una vez obtenido un desarrollo enzimático adecuado en el grano, este se somete a un proceso de secado, el cual se determina dependiendo de la cantidad de enzimas deseada. Por lo general, disminuye el poder diastásico, se reduce la actividad proteolítica y se destruyen las peptidasas. También aquí se desarrollan las melanoidinas que son las responsables del color, aroma y sabor de la malta.

b. Lúpulos

El lúpulo, como se le llama en cervecería, son las formaciones cónicas de las ramas femeninas de la planta enredadera del lúpulo, la base de estas flores es un gránulo amarillento llamado lupulina y también las resinas amargantes y los aceites esenciales.

Al lúpulo se le reconocen las siguientes propiedades sobre la cerveza:

Aroma y sabor, aumenta la estabilidad coloidal, incrementa las propiedades espumantes y ayuda a la estabilidad biológica (valor antiséptico).

Los principales componentes del lúpulo se pueden dividir en:

Resinas
 Aceites esenciales
 Taninos
 Agua
 Compuestos varios

Resinas

Las resinas pueden ser blandas o duras, las primeras se clasifican en α -resina o humulona (humulonas, cohumulonas y adhumulonas) y β -resina o lupulona (lupulonas y formas aliadas de humulona y lupulona): las duras son δ -resinas que no tienen valor cervecero.

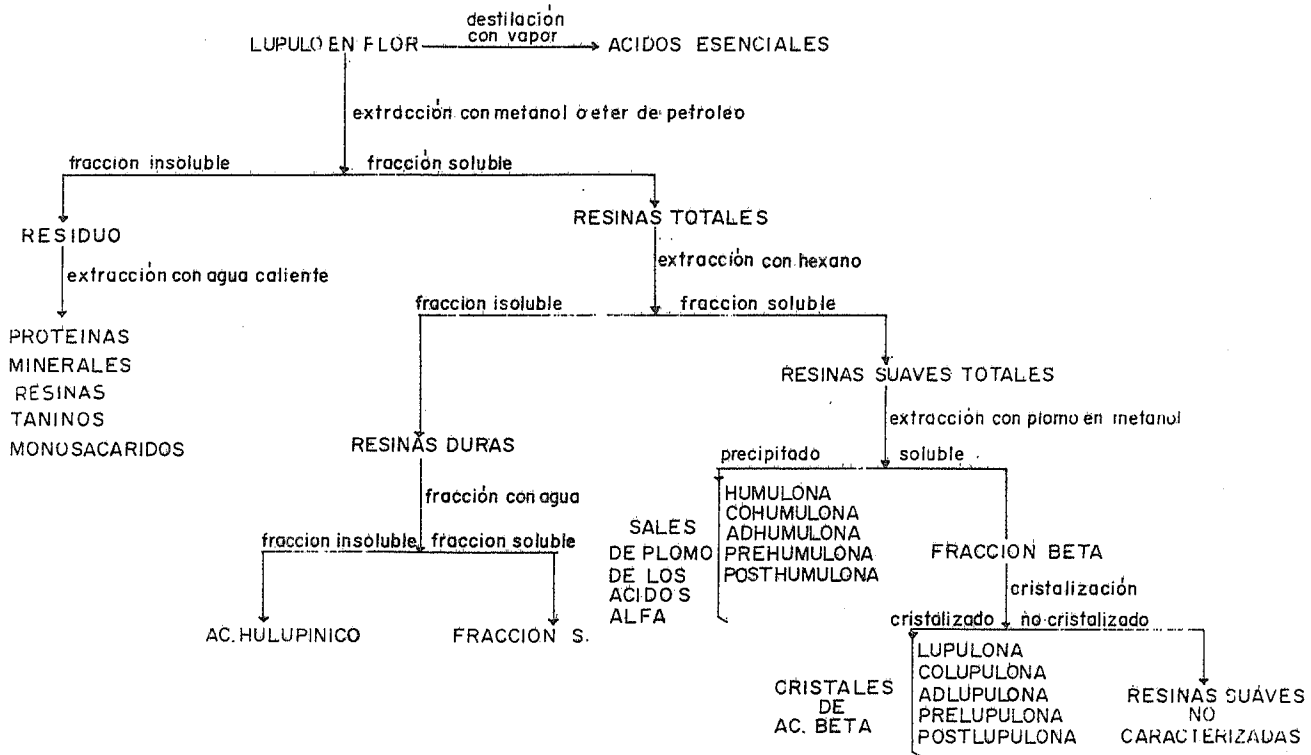
El valor amargo, punto esencial del lúpulo, se debe a una compleja mezcla de compuestos principalmente α -ácidos que durante el proceso cervecero se convierten parcialmente en isohumulonas (formas A-B y A y B). La isohumulona A tiene diferente amargor que la B. El valor amargante interpretado como el contenido de α -ácidos, no se puede decir que sea muy real como generalización, ya que se está restringiendo al poder amargante de una sola familia, las isohumulonas. Hay diferentes puntos de vista en cuanto al poder amargante de los β -ácidos, pero en todo caso es mucho menor que el de los α -ácidos.

Aceites esenciales

Estos compuestos son los que dan el aroma al lúpulo y a la cerveza.

Taninos

Estos compuestos, al ser oxidados a folobafenos, pasan a color café rojizo en reacción característica de ca-



T A B L A 1.3

tecoles-taninos, reaccionan más tarde con las proteínas para formar compuestos insolubles. Los taninos, en la cerveza embotellada, son oxidados y polimerizados incrementando su poder de reacción y formando así, por este hecho, la precipitación de complejos que enturbian el producto terminado.

Humedad

El lúpulo normalmente debe contener del 9 al 13% de humedad.

Compuestos varios

El lúpulo normalmente contiene celulosa, pectinas, asparinas, fructuosa, anhídrido sulfuroso, trazas de arsénico y de cobre, proteínas y diastasa.

c. Agua

Las sales existentes en el agua que se emplea en cervecería, ejercen fuerte influencia sobre las características del producto terminado pues hay interacciones entre sus iones y los iones de la materia prima.

El calcio es uno de los iones más importantes en el proceso. Durante el macerado precipita fosfatos orgánicos e inorgánicos, transforma los fosfatos secundarios alcalinos en fosfatos primarios ácidos (baja el pH), lo cual aumenta la actividad enzimática. La presencia de calcio ayuda también a: la gelatinización del almidón, aumentar el rendimiento de la sacarificación y degradación de proteínas, reducir el color del mosto, incrementar la velocidad de floculación de las proteínas desdobladas en la olla, extraer los compuestos amargantes del lúpulo, aumentar la clarificación de la cerveza en reposo, la estabilidad del producto -

terminado. En cantidades excesivas es indeseable porque precipita en forma de oxalatos.

El ión bicarbonato es muy importante porque ejerce efectos contrarios al ión calcio regulando la actividad de éste incrementando la alcalinidad.

El sodio y el potasio no influyen en el proceso pero sí dan sabor al producto terminado.

Los nitratos y nitritos son indeseables, los nitratos, en fermentación, pasan a nitritos que son perjudiciales al desarrollo de la levadura.

El pH del agua ejerce influencia en las diferentes etapas del proceso, debiéndose tener control sobre el mismo.

Generalmente, el agua debe pasar por un tratamiento previo para su uso en este proceso el cual puede comprender una o varias de las siguientes etapas: clarificación con coagulante, desmineralización, descarbonatación con hidróxido de calcio y neutralización con ácido.

d. Adjuntos

Los adjuntos son los cereales no malteados, los azúcares y los jarabes se emplean para reducir los costos de producción así como para impartir ciertas propiedades a la cerveza las cuales se pueden resumir en: color pálido e incremento de la estabilidad. Los principales cereales usados como adjuntos son: maíz, arroz, trigo, sorgo, tapioca, soya, avena, papa, cebada y azúcar. El maíz es el adjunto que más se usa en México, debiendo ser desgerminado previamente a su uso aplicándose en forma de almidón, jarabe, sé-

mola y hojuela. Los azúcares y jarabes que se emplean pueden ser de caña o de remolacha y se presentan en tres formas: glucosa, sacarosa y azúcares invertidos de la sacarosa (glucosa y fructuosa). Normalmente, los adjuntos se añaden al macerador después de haber sido cocidos ya que si no son licuados con anterioridad se sacarifican muy lentamente.

e. Levaduras

En general, todos los hongos unicelulares elipsoidales o esféricos que se reproduzcan por gemación se llaman levaduras. El género de levadura *saccaromyces*, que es el que interesa, comprende un gran número de especies de las cuales el *cerevisiae* (levadura ale) y el *S. Carlsbengensis* (levadura lager) son los más importantes en cervecería; las otras especies de *Saccaromyces* generalmente interfieren en el proceso cervecero.

Existe una diferenciación entre fermentación baja (lager) y fermentación alta (ale); la levadura lager, durante la fermentación, permanece en suspensión y al terminar ésta se deposita en el fondo; en cambio, en la fermentación tipo ale, el anhídrido carbónico generado levanta la levadura, formando una capa en la superficie del líquido que parcialmente se deposita en el fondo del recipiente al terminar la fermentación. Las características de cada uno de los géneros y tipos de levadura son: poder floculante, nivel de crecimiento, condiciones requeridas para su alimentación, formación de ácidos, etc., éstas son hereditarias y están localizadas en los cromosomas del núcleo, definiendo así, claramente, las diferentes especies.

Composición. Las paredes de las células de levadura, consisten de hemicelulosa y envuelven el contenido de la célula en forma de una capa semipermeable. El protoplas

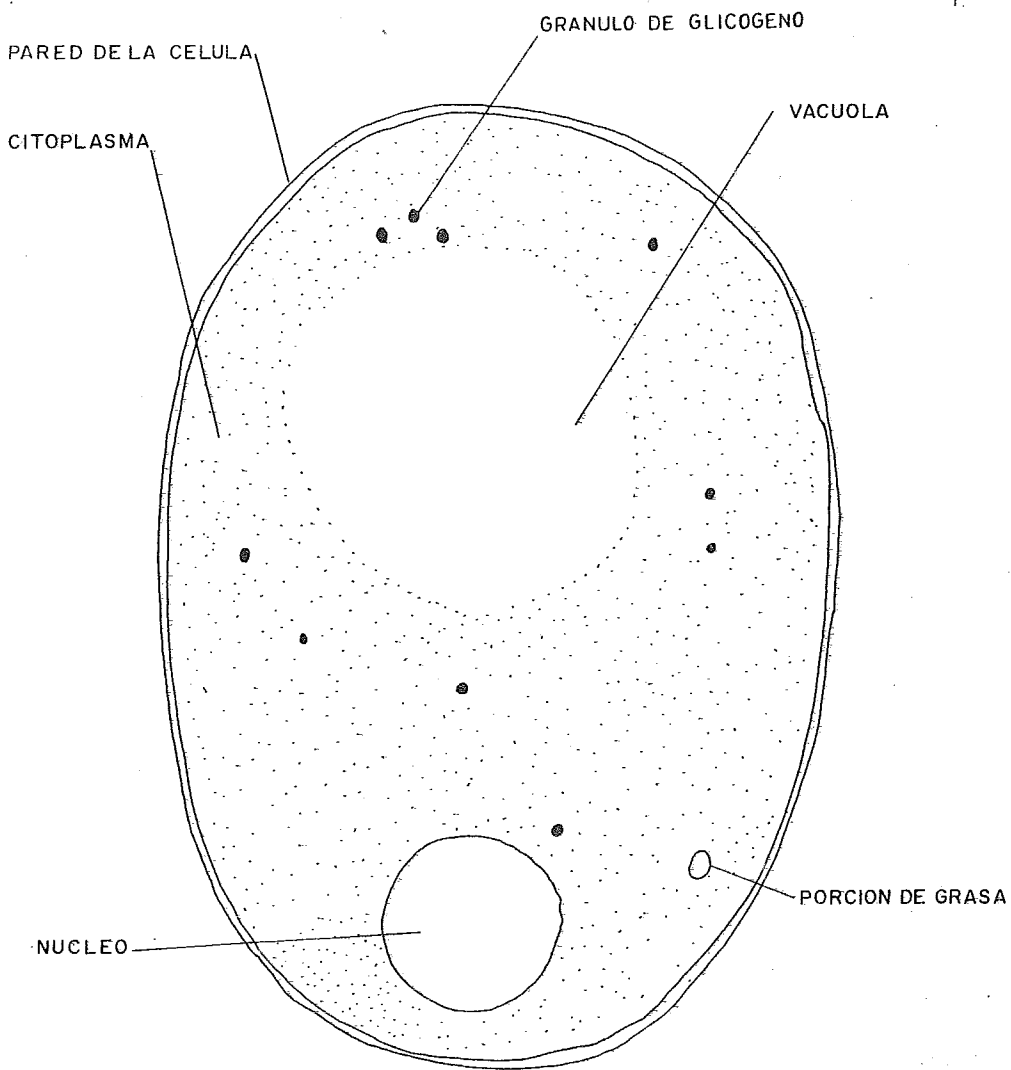


DIAGRAMA DE UNA CELULA DE LEVADURA TIPICA

FIG. 14

ma y los nucleolos forman el contenido de la célula. Los - constituyentes químicos de la célula son: proteínas, volutina, sustancias nitrogenadas (regulan las funciones vitales), carbohidratos (glicógeno), minerales, vitaminas (esenciales para su nutrición), grasas y enzimas.

Las enzimas son catalizadores orgánicos elaborados por las mismas células y actúan independientemente de éstas. Las enzimas formadas dentro de las células de levadura se dividen en: hidrolasas, que descomponen proteínas, grasas y polisacáridos a compuestos más simples y en desmolasas, que son las responsables de la respiración de la célula.

Metabolismo. La célula viva, obtiene sus recursos de energía de la oxidación de los azúcares a alcohol y gas carbónico, su respiración puede ser aeróbica o anaeróbica, sin embargo, estando en ausencia de aire produce alcohol y CO_2 , no sucediendo así en presencia de pequeñas cantidades de oxígeno. En respiración aeróbica, un mol de hexosa produce 674 Kcal., en la anaeróbica sólo se producen 66 Kcal., de esto se deduce que el crecimiento y desarrollo de la levadura es mucho más marcado en presencia de oxígeno. Al haber ausencia de oxígeno, el alcohol producido es un producto de desecho para la célula que no puede ser oxidado hasta CO_2 y agua, con el correspondiente desprendimiento de energía que podría ser aprovechado por la célula para su desarrollo.

f. Aditivos varios

Para poder mejorar la calidad de la cerveza, aumentando o disminuyendo algunas de sus propiedades, se usan diversos compuestos llamados aditivos o reactivos los cuales pueden ser:

Acidos

Alimento para la levadura

Antioxidantes

Colorantes

Enzimas proteolíticas

Preservadores de desarrollos biológicos

Sales minerales

Acidos. Generalmente se usa ácido fosfórico (menos peligroso su manejo) que modifica el pH, incrementando la acidez en el mosto y forma los fosfatos necesarios para la adecuada fermentación. En la olla se debe bajar bastante el pH y se usa ácido sulfúrico por ser más fuerte necesitándose menos volumen.

Alimento para la levadura. Sólo se usa cuando se trabaja con maltas pobres que no pueden lograr una adecuada reproducción de la levadura, el $ZnSO_4$ es un ejemplo de esto.

Antioxidantes. Se usan, como es obvio, para evitar los efectos negativos de la oxidación; se pueden agregar en distintos lugares, desde la olla hasta antes del envasado, los más usados son el eritorbato de sodio y el bisulfito de sodio.

Colorantes. Se usan, principalmente, jarabes obtenidos en autoclave a partir de azúcares y amoniaco para uniformizar el color del producto terminado.

Enzimas proteolíticas. Se emplean para prevenir la precipitación de proteínas de alto peso molecular.

Preservadores de desarrollos biológicos. Estos están apenas en estudio, evitan la pasteurización de la cer-

veza inhibiendo el desarrollo de bacterias y microorganismos que afecten la estabilidad de la cerveza terminada.

Sales Minerales. Principalmente se usan sales de calcio pero también se usan sales de sodio y potasio.

1-2. Descripción del proceso.

Descarga de materias primas

Las materias primas, al llegar a la planta, son llevadas a una tolva de descarga desde donde se distribuyen a los silos correspondientes, dependiendo de la clase que sea y por medio de elevadores de cangilones.

De los silos se transportan a un molino de rodillos, después se criban y pasan a una tolva báscula donde se pesan cantidades exactas de los mismos y de distribuyen al área de proceso.

Cocedor

Aquí se calientan, gelatinizan y licúan con agitación los almidones de los adjuntos ayudados por las enzimas de la malta. El almidón que contienen los adjuntos usados está en estado insoluble y no pueden ser convertidos directamente y si no se efectúa un cocimiento previo de estos, existirá almidón remanente no convertido después del macerado que interferirá en la filtración del mosto produciéndose cervezas turbias, se propiciará el desarrollo de bacterias y la degradación de la levadura y por consiguiente afectará la calidad del producto terminado.

DIAGRAMA DE ELABORACION DE CERVEZA

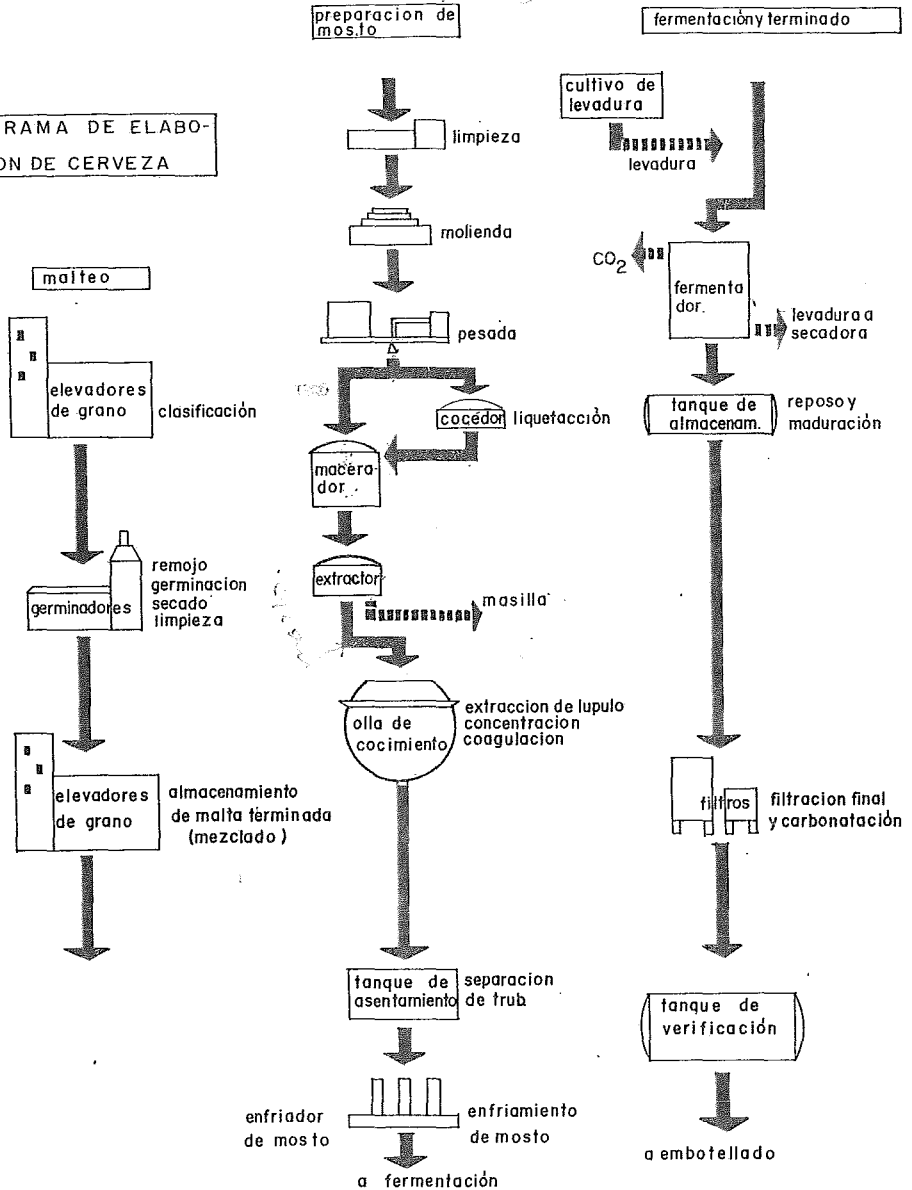


FIG. 1.5 DIAGRAMA DE FLUJO PARA ELABORACION DE CERVEZA

Macerador

En el macerador se mezclan agua caliente y malta y se dejan en reposo, posteriormente se le pasa todo el material que tiene el cocedor, se agita y se calienta para obtener la conversión completa de los almidones en azúcares; la solución indicadora de iodo da el punto final de la maceración.

Durante el ciclo de macerado tienen lugar varios cambios que se enunciarán y explicarán a continuación:

Conversión del almidón a dextrinas y maltosa por la acción de enzimas que licúan, dextrinizan y sacarifican. Las reacciones químicas que ocurren son las siguientes:

$(C_6H_{10}O_5)_n \xrightarrow{X} (C_6H_{10}O_5)_X$ por la acción de α y β amilasa - pasa a dextrinas.

$(C_6H_{10}O_5)_n + H_2O \xrightarrow{2} \frac{n}{2} C_{12}H_{22}O_{11}$ por la acción de α y β amilasa a maltosa.

$(C_6H_{10}O_5)_n + H_2O \xrightarrow{2} nC_6H_{12}O_6$ por la acción de ácidos a glucosa

Parte de las proteínas son solubilizadas y transformadas a peptosas, aminoácidos y amidas por la acción de enzimas proteolíticas.

Se disuelven mecánicamente por agitación, los constituyentes solubles de la malta y los adjuntos, los cuales tienen pequeñas cantidades de azúcares, dextrinas, proteínas solubles, materias colorantes, sustancias minerales y otras sustancias extractivas.

Los fosfatos primarios son liberados de sus com-

puestos orgánicos por la acción de las fosfatasas, lo que incrementa la acidez y la capacidad amortiguadora (reguladora) del mosto; a mayor acidez existe mayor actividad enzimática. Aquí se lleva a cabo la precipitación de fosfatos orgánicos e inorgánicos.

Se disuelven y modifican las gomas, pentosas y pectinas causando un rápido y claro cambio en la viscosidad del mosto.

El color se incrementa por caramelización y por la oxidación de varias sustancias y los taninos pasan a folobafenos (café rojizo).

2.4 Extractor (Lauter).

Una vez terminado el proceso de sacarificación, se pasa el producto macerado al extractor, cuya función es separar el mosto de la masilla de la malta, para lo cual tiene un falso fondo dividido en varias secciones y cubierto con cribas, saliendo una línea de cada sección al colector Grant desde donde se controla el grado de clarificación del mosto. Primeramente se forma una cama de filtrado con masilla dejando reposar unos minutos antes de empezar el filtrado. La agitación tipo rastrilleo del extractor es para lograr la homogenización de la cama de masilla. Después de la salida del primer mosto, se rocía agua al lecho filtrante hasta lograr una extracción satisfactoria pasando el mosto y las aguas de lavado a la olla, la masilla se transporta a otro lugar de la planta para posteriormente venderse como forraje.

6 Olla

La olla, es un recipiente equipado con serpentines de vapor y percoladores, donde se pone a ebullición el mos-

to, teniendo entre sus funciones principales las siguientes:

Concentración y esterilización del mosto mediante ebullición y evaporación de agua.

Coagulación de proteínas y compuestos proteínicos--taninos.

Extracción e isomerización del lúpulo.

Oscurecimiento del color por la extracción de materia orgánica del lúpulo, por caramelización y oxidación de ciertos componentes del mosto y por la concentración del mismo.

Inactivación de las enzimas existentes por el aumento de temperatura y ebullición del mosto.

En la olla se agregan sales de sodio y calcio, alimento para la levadura si es necesario, ácido y el lúpulo ya sea flor o en gránulos y extracto de concentrado.

26 Tanque de mosto caliente

Este es un recipiente a donde se pasa el mosto caliente que viene de la olla y que sirve para el asentamiento de las proteínas y de los compuestos proteínicos--taninos que coagularon en la olla.

27 Enfriamiento y aereación del mosto

Hasta antes de este punto, el mosto viene muy caliente, poco menos que a su punto de ebullición; y se logra su enfriamiento con un intercambiador cuyo medio de enfriamiento es agua a 2°C, saliendo el mosto a una temperatura de 12°C aproximadamente.

El mosto, a la salida del intercambiador, sufre una inyección de aire hasta una concentración de 7 a 10 ppm de oxígeno disuelto, para lograr una reproducción satisfactoria de la levadura antes de empezar la fermentación.

2.8 Fermentación

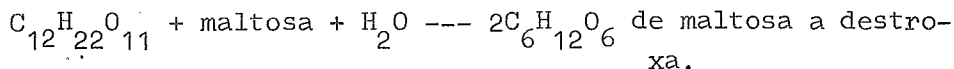
En la sala de la fermentación, que se conserva a 7°C, se le inyecta la lavadura al mosto aerado en su trayecto a los tanques de fermentación donde permanece aproximadamente una semana.

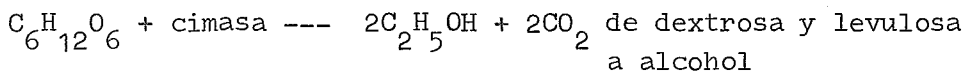
Durante las primeras horas de la fermentación, la levadura asimila el oxígeno y se reproduce, empezando a fermentar al término de esta etapa.

El propósito fundamental de la fermentación, es cambiar el mosto amargo-dulzón, pero insípido, a una bebida alcohólica apetecible. Los cambios físicos y químicos que ocurren son:

Se desarrollan nuevas células de levadura por gemación, al terminar la fermentación la levadura se deposita en el fondo del tanque.

Los azúcares de los grupos $C_{12}H_{22}O_{11}$ y $C_6H_{12}O_6$, son descompuestos indirectamente a alcohol y CO_2 siguiendo las siguientes reacciones:





Formación de pequeñas cantidades de glicerina, ácido acético, ácido láctico y otros compuestos orgánicos (ésteres, aldehidos, cetonas).

Se consumen, parcialmente por la producción de levadura, aminoácidos y carbohidratos disueltos.

Se precipitan las resinas menos solubles y parte de éstas también forman parte de la capa espumosa.

La temperatura aumenta gradualmente debido al calor desprendido por las reacciones bioquímicas, regulándose posteriormente al valor deseado.

El pH se ve afectado pasando de 5.3 - 5.6 al principio a 3.9-4.6 al final debido principalmente a la formación de ácidos orgánicos.

Se presenta la floculación de la levadura que está relacionada con los caracteres genéticos de la misma y también hay una influencia de la densidad de carga eléctrica - que posee (positiva) y la que poseen las sustancias proteícas (negativa), aunque se ha comprobado que no es necesario llegar al punto isoeléctrico para que empiece la floculación.

Antes de pasar el producto a reposo, se le agregan en la línea, aditivos antioxidantes y enzimas proteolíticas para disolver proteínas, posteriormente se enfría la cerveza a 0°C.

Reposo

Al final de la fermentación, la cerveza todavía no es un producto terminado ya que contiene ciertos productos-

determinantes en sus propiedades tales como:

Proteínas insolubles, resinas de lúpulo y células en suspensión.

Resinas duras y proteínas en solución y suspensión coloidal las cuales se separan en el enfriado y filtrado.

Azúcares fermentables que afectan el sabor y la estabilidad.

Presencia y desarrollo incompleto de sustancias aromáticas (acetaldehído, diacetilo, H_2S , ésteres, alcoholes superiores, etc.) que determinan el sabor "joven" de la cerveza.

Insuficiencia de anhídrido carbónico lo que hace que no tenga capacidad espumante.

Los propósitos fundamentales del reposo son:

La maduración del sabor debido a la separación y precipitación de gran parte de las resinas y de las proteínas solubles inestables y no permanentes que están en estado disuelto.

La clarificación de la cerveza por medio de la sedimentación.

Los tanques de reposo no están a contrapresión - siendo la duración de la cerveza en los mismos de aproximadamente dos semanas.

Decantación

Estos tanques solo se usan como antesala para el proceso de filtración y, generalmente, no están a contrapresión y sirven para la decantación de materias en suspensión. A la salida de esta parte, se dosifican reactivos a la cerveza y se enfría por medio de un enfriador a base de amoníaco.

Filtración

El sistema de filtración es a presión, usándose como medios filtrantes tierras diatomáceas; aquí se logra la completa clarificación y gasificación de la cerveza empleándose para esto último, un carbonatador que se encuentra localizado a la salida del filtro.

Gobierno

Estos tanques almacenan la cerveza lista para ser envasada, sirven principalmente para que los inspectores fiscales revisen los volúmenes producidos, de aquí que también se llamen de verificación. Estos están a contrapresión de aire para evitar el espumado del líquido al entrar al tanque y para evitar las pérdidas del CO_2 disuelto.

CAPITULO 2. SISTEMA DE MOSTOS CONCENTRADOS

- 2-1 Importancia
- 2-2 Preparación de Mosto
- 2-3 Consideraciones Técnicas
- 2-4 Análisis de la Cerveza
- 2-5 Agua de Dilución
- 2-6 Dosificación de Agua a la Cerveza Concen
trada
- 2-7 Ventajas y Desventajas.

2-1 Importancia

Un examen superficial de la composición de una cerveza normal muestra que ésta contiene aproximadamente 4% de alcohol, 1% de azúcares sin fermentar, 2% de materiales tales como proteínas, polifenoles, sales minerales, etc. y - alrededor de 93% de agua. Por otro lado, la composición - del mosto sin fermentar es muy diferente, éste contiene también alrededor del 87% de agua.

Con la información arriba mencionada y teniendo en mente las grandes cantidades de agua contenidas en el mosto y en la cerveza, una pequeña reflexión de los mecanismos en vueltos en el proceso de elaboración de cerveza (mezclado, - calentamiento, filtrado, ebullición, enfriado, bombeo y almacenamiento) ponen en evidencia que la gran mayoría de - energía y tiempos consumidos en el proceso se usan para manejar el agua la cual permanece inalterable en su paso a - través del proceso. Se podría por lo tanto, llevar a cabo - el proceso de elaboración de cerveza usando un mínimo de - agua en el procesado y almacenamiento y agregar el agua adicional requerida inmediatamente antes de la fase de envasado.

Con costos cada vez mayores en materiales de construcción, mano de obra, energía, maquinaria y equipo, la posibilidad de mover un volúmen potencialmente mayor de cerveza a través de la planta actual sin aumentar los requerimientos de mano de obra y energía, tiene atractivos financieros en términos de un aumento de eficiencia de la planta y productividad de la mano de obra.

Para hacer frente a las demandas para una mayor - producción en plantas que ya producen a plena capacidad bajo condiciones normales de proceso, un creciente número de-

cervecerías han venido adoptando la práctica de producir un mosto concentrado. Esta técnica permite un aumento de capa cidad de producción de la planta de un 25% a un 30%.

Todas las partes del proceso cervecero se ven afec tadas por este procedimiento y el equipo puede necesitar al gunas modificaciones menores. El equipo de manejo de grano debe de evaluarse si es apto para manejar mayor macerado y deberá de incrementarse el uso de agua caliente en la casa- de cocimientos.

Las capacidades del equipo de macerado y el método de extracción de mosto determinarán qué grado de concentra- ción puede alcanzarse con el equipo actual.

Se han usado sin problemas gravedades del 13 al 18% aunque se han reportado gravedades mayores del 28% pero no- se han obtenido en proceso de un solo paso. Los mejores re sultados se han obtenido con relaciones de agua de dilución del 25% por volumen. Esto representa ahorros del 25% en lo siguiente:

Equipo de la casa de cocimientos, tiempo de opera- ción y mano de obra.

Tanques de Fermentación y mano de obra

Tanques de almacenamiento y mano de obra

Ahorro en refrigeración a través de todo el proce- so

Se pueden lograr algunos ahorros en aditivos, pero la mayor desventaja es el incremento en insumos.

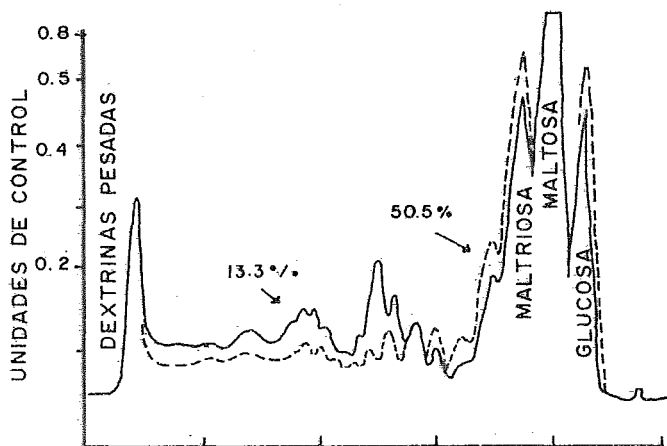
2-2. Preparación del Mosto

Los métodos que se usan para la preparación de mos

tos concentrados, así como de los normales, dependen del tipo de equipo existente en casa de cocimientos y del ritmo de producción. Por ejemplo, no es práctico aumentar la cantidad de grano en proporción directa a la dilución deseada porque el equipo de maceración puede no ser capaz de hacerse cargo de la mayor cantidad de granos o que el aumento en la profundidad de la capa de grano en el Lauter puede fre--nar la filtración en un grado que no permita apegarse al --ritmo deseado. En algunas ocasiones es posible y más conveniente cambiar el macerador y el extractor por unos de ma--yor capacidad.

De los datos más representativos a nuestra disposición se ha encontrado que el manejo de mostos concentrados de 14 a 16 grados Plato, parece ser la más ampliamente aceptada en la práctica. Por ejemplo, una cerveza de 14.5 grados Plato, diluida añadiendo 25.2% de su volumen en agua se ría equivalente a una cerveza de 11.0 grados Plato.

Algunas cervecerías han adoptado la práctica común, el mantener la cantidad de grano actual añadiendo el extracto adicional en forma de azúcar o jarabe en la olla de cocimientos. En algunos lugares como en México, esta práctica no es común debido a que es más económico el extracto proveniente de granos como el Sorgo o el Maíz. En el procesa--miento es necesario un ajuste de los tiempos y temperaturas de operación así como de la dosificación de lúpulo para que la cerveza al ser diluída sea comparable con la cerveza actual. También son necesarios algunos cambios en la fermentación (aumento en la dosificación de la levadura y nivel de aereación) para obtener el grado de fermentación deseado dentro del período de tiempo disponible.



TIEMPO DE LEVIGACION
 FIG. 2.1 PERFIL DE CARBOHIDRATOS EN MOSTOS PREPARADOS
 CON DIFERENTES RELACIONES DE ADJUNTOS-MALTA

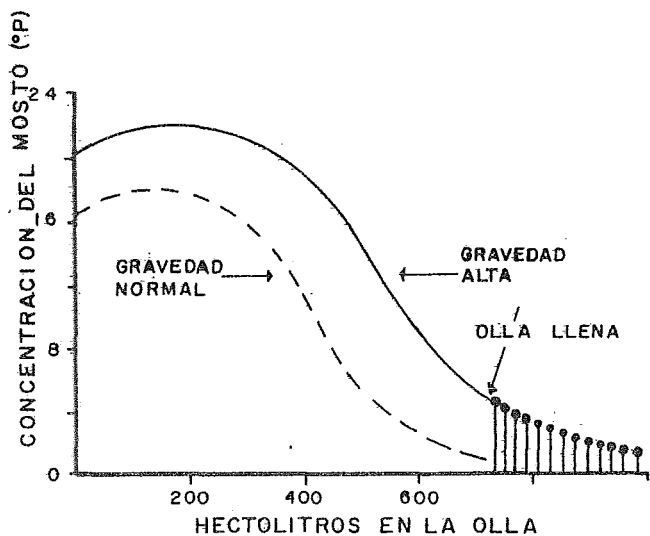


FIG. 2.2 CURVA DEL PERFIL DE LA GRAVEDAD DEL MOSTO PARA MOSTOS
 NORMALES Y CONCENTRADOS DURANTE SU EXTRACCION EN
 EL LAUTER.

2-3 Consideraciones Técnicas

De trabajos realizados por varios investigadores - se ha puntualizado que dos son los factores que tienen un - principal impacto sobre los mostos concentrados. Uno parece ser la alta relación de adjuntos-malta en el macerador y el otro las características del tipo de lavado de la masilla en el extractor.

Manteniendo la agitación y la ebullición constantes sólo el incremento en la cantidad de adjuntos y malta - producirá inevitablemente un mosto de mayor concentración. Adicionalmente el cambio en la relación de adjuntos-malta - también tiene influencia sobre la conducta de los carbohidratos fermentables y sobre los no fermentables (figura 2-1) Estos resultados parecen indicar que los mostos producidos - a partir de altas relaciones de adjunto-malta en el macerador han experimentado degradaciones posteriores que los mostos normales. Esto se comprueba con el incremento distintivo en glucosa y maltotriosa a expensas de las dextrinas. - No obstante, no se notaron cambios en la concentración de - maltosa. Apareció que las enzimas en macerados con altas - relaciones adjuntos-malta son más resistentes a la inactivación térmica y por lo tanto se lleva a cabo una más prolongada acción enzimática.

En la figura 2-2 se hace un intento de demostrar - la influencia de el comportamiento de las aguas de lavado - en las propiedades del mosto. En esta gráfica, las gravedades de mostos de muestras colectadas en el Grant, se grafican contra el volumen de mosto en la olla para macerados - normales y de alta gravedad. Las curvas son casi paralelas hasta que la olla se llena mostrando diferencias de gravedad constantes. Si las últimas corridas muestran diferencias similares en concentraciones de extractos se concluye-

que las camas de grano de mostos de alta gravedad se lavan menos intensamente que las de mostos convencionales.

Se ha reportado que la composición del extracto de los primeros mostos difieren significativamente de la composición del extracto de las últimas corridas. Estas últimas corridas contienen más materia nitrogenada, ceniza y taninos. Posteriormente se ha descubierto que hay una marcada diferencia en los niveles de ácidos Oleícos y Linoleícos - cuando se comparan las cantidades encontradas en un mosto de alta gravedad con un mosto normal o en un primer mosto - contra un último mosto. (tabla 2-1). Algunos de los compuestos arriba mencionados están implicados en el sabor de la cerveza, la estabilidad y la formación de ésteres, y es, - por lo tanto, razonable asumir que algunas de las propiedades de las cervezas de alta gravedad son directamente atribuibles a los niveles reducidos de tales sustancias.

La tabla 2-2 muestra algunos datos analíticos de tres mostos en los intervalos de gravedad de 11.5 a 16.5 - grados Plato, la información se obtuvo durante una serie de ensayos a gran escala. Examinando estos datos es evidente que se reduce la eficiencia de materiales en la casa de cocimientos bajo el procedimiento de mostos concentrados. Este hecho se refleja en la concentración del último mosto y por el incremento en la utilización del lúpulo. Como es de esperarse la acidez se incrementa con la gravedad del mosto.

Una característica notable de la tabla 2-2 es la observación de que la porción del extracto total representada por α amino-nitrogeno permanece constante. Esta observación fue algo sorprendente ya que los experimentos hechos a nivel de laboratorio indicaron un incremento en la fermentabilidad en los mostos de alta gravedad con elevada relación de adjuntos de Maíz. Estos resultados se describen en la -

TABLA 2-1
ACIDOS GRASOS EN MOSTO¹

	Sin hervir		Hervido	
	Primer mosto (18° P)	último mosto (1.5°P)	mosto de al- ta gravedad. (16.7°P)	mosto de- gravedad- normal. (11.8°P)
Acido oleí- co	0.7	1.6	0.4	0.5
Acido lino- leíco	1.7	3.8	1.5	2.9

1 en ppm

TABLA 2-2
PROPIEDADES DEL MOSTO

Gravedad (°P)	11.65	13.65	16.45
Ultimo mosto (°P)	1.1	2.2	3.8
Lúpulo (g/Hl) ¹	77.0	81.0	89.0
Acidez (%)	0.14	0.17	0.19
α-amino nitrógeno (% de sólidos secos)	0.21	0.22	0.21

- 1 para obtener 23 IBU

figura 2-3. Los resultados experimentales que indican la caída en la fermentabilidad de mostos de alta gravedad y alta relación de adjuntos es menos pronunciada que la que se presenta en mostos de alta gravedad y baja relación de adjuntos. La mejor fermentabilidad de los mostos de alta gravedad y alta relación de adjuntos a pesar de los porcentajes constantes de α amino-nitrógeno debe estar seguramente relacionada con las observaciones ya reportadas de Anderson y Kirsop. En estas investigaciones se anunció que doblando la concentración de mosto no se dobla la cantidad de levadura recolectada. Por lo tanto si los mostos de alta gravedad no producen más levadura en una base proporcional, viene a ser claro que no se necesitará la misma cantidad de nitrógeno asimilable en una base proporcional. Por lo tanto, en mostos de alta gravedad la concentración de nitrógeno asimilable no viene a ser un factor limitante como en los mostos de gravedad normal. La observación de la disminución proporcional de crecimiento de la levadura sugerirá que las fermentaciones de mostos de alta gravedad producen más alcohol por unidad de extracto fermentable que las fermentaciones de los mostos normales. Esto definitivamente representa una ventaja económica cuando se establece la relación de dilución de acuerdo al nivel del alcohol. Como se indicó antes, las fermentaciones de alta gravedad pueden resultar en un exceso de nitrógeno asimilable. Este hecho puede utilizarse para incrementar la relación de adjuntos--malta y lograr un potencial ahorro en el costo de molienda.

Los mostos de alta gravedad también afectan el comportamiento de la levadura y sus características de floculación. Se realizaron fermentaciones estáticas con un tipo de cepa de levadura ale en mostos de 12 a 16 grados Plato (30% de adjunto de maíz) y a 21°C. Los comportamientos de floculación de la levadura en suspensión se muestran en la figura 2.4, donde se grafica la concentración de levadura -

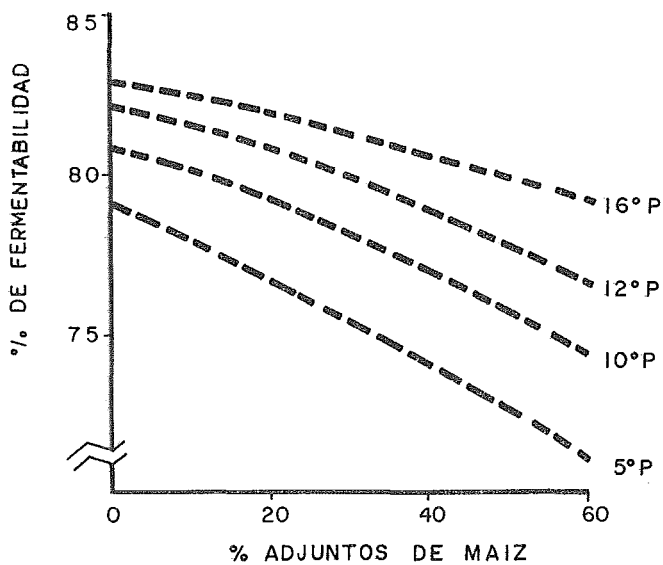


FIG. 2.3

Perfil de fermentabilidad con relación al % de adjuntos en el mosto

en suspensión contra el porcentaje de atenuación. Como resulta evidente de esta gráfica, esta cepa de levadura fermenta completamente con mostos de 12 a 14 grados Plato, pero en fermentaciones de mostos de 16 grados Plato resulta en una floculación prematura y solamente se utiliza el 80% de extracto fermentable. Esta cepa es típica de la mayoría de los cultivos de levadura ale y sería inadecuada para producir cervezas de alta gravedad.

El comportamiento de floculación de una cepa de levadura ale aceptable se muestra en la figura 2.5. Aquí, los experimentos de fermentación revelan solo una pequeña dependencia del comportamiento de la floculación de la gravedad del mosto y casi todas las cervezas fueron completamente atenuadas. La mayoría de las cepas de levadura lager que han sido investigadas han demostrado ser apropiadas para el procedimiento de alta gravedad, mostrando un comportamiento muy similar al de la figura .

Las fermentaciones con cepa de levadura ale revelan otro fenómeno; incrementando la concentración del mosto arriba de 18 grados Plato resulta en cantidades de levadura mayor en suspensión. Esta levadura residual, no obstante, no fermentó completamente el mosto. Parecía ser, en este caso (18 grados Plato), que una proporción de la levadura total se volvió no floculante y simultáneamente pudo haber perdido la habilidad para fermentar ya sea algún u otro azúcar del mosto (probablemente maltotriosas). La pregunta es tablecida es que ya sea o no en una fermentación de cepa sencilla, existe un número de poblaciones de células con diferentes propiedades de floculación y de fermentación. Posteriores investigaciones en esta área podrán establecer respuestas a estas preguntas.

COMPORTAMIENTO DE FLOCULACION PARA UN TIPO DE LEVADURA ALE CON RESPECTO ALA ATENUACION DEL MOSTO

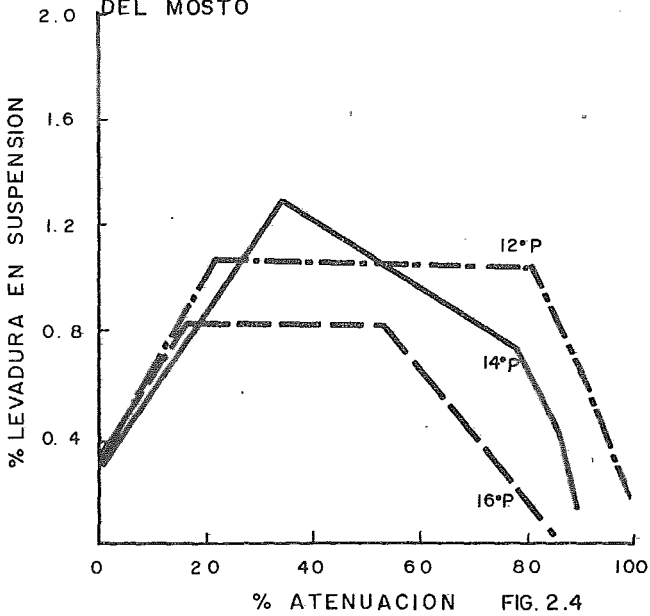


FIG. 2.4

COMPORTAMIENTO DE FLOCULACION PARA UN TIPO DE LEVADURA ACEPTABLE CON RESPECTO A LA ATENUACION DEL MOSTO

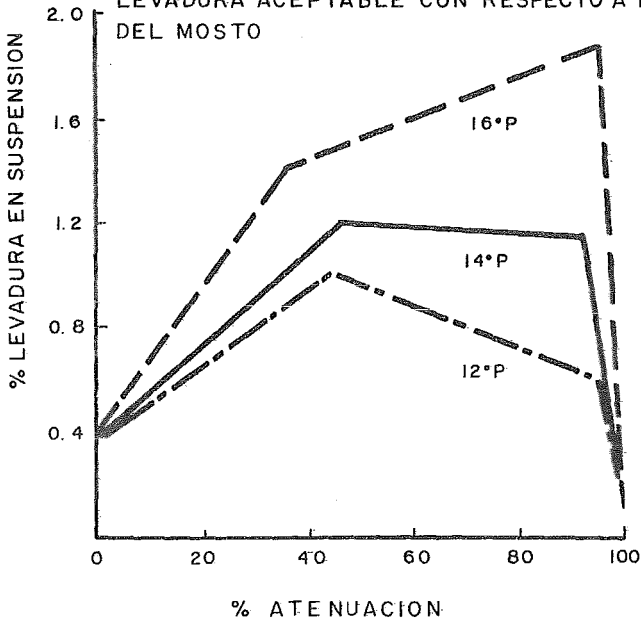


FIG. 2.5

2-4 Análisis de la Cerveza

En la tabla 2-3 se muestra un análisis típico de unas cervezas lager. Estas cervezas fueron procesadas en una planta piloto de acuerdo con el procedimiento de mostos concentrados y se diluyeron con agua libre de oxígeno hasta el nivel de alcohol apropiada antes de la etapa de filtración final. Todas las cervezas se atenuaron completamente con la misma cepa de levadura empleada en el proceso de producción normal. Para enfatizar las características más sobresalientes se muestra la información analítica. Estas cervezas lager fueron producidas cubriendo el intervalo mostrado en la primera línea. Se observa un incremento constante en amino-nitrógeno el cual se debe a la necesidad decreciente de nitrógeno asimilable en fermentaciones de alta gravedad.

El hecho más sobresaliente sin embargo, fue el marcado aumento en estabilidad. Estos resultados favorables se obtuvieron bajo condiciones forzadas de envejecimiento, no obstante, subsecuentes reposos por periodos de más de dos meses confirmaron estos resultados. Además, pruebas de sabor de las cervezas añejas indicaron una preferencia significativa por las muestras de cervezas elaboradas bajo el procedimiento de alta gravedad. Los catadores sienten que los productos de alta gravedad tienen menor pérdida de sabor que las cervezas normales.

Es obvio por lo tanto, que las cervezas producidas por el proceso de alta gravedad, saben diferente que su contraparte de cervezas producidas convencionalmente. Este fenómeno ha llamado la atención de varios investigadores, sus estudios revelaron que las fermentaciones de alta gravedad producen cantidades excesivas de ésteres de acetato. En un estudio reciente se demostró que es posible controlar la

TABLA 2-3
ANALISIS DE CERVEZA LAGER¹

Concentración de mosto (°P)	11.93	14.00	15.75	17.65
Extracto original calculado (°P)	11.70	12.00	11.80	11.90
Alcohol en peso (%)	4.05	4.03	4.02	4.02
α -Amino nitrógeno (ppm)	83.00	97.00	104.00	127.00
pH	4.1	4.1	4.25	4.55

¹después de la dilución.

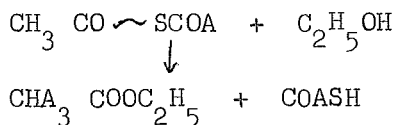
TABLA 2-4
CONGENERES DE SABOR DE LA CERVEZA DESPUES DE LA DILUCION

Concentración de mosto (°P)	11.93	14.00	15.75	17.65
Tritofol (ppm)	4.0	2.0	1.3	0.9
Tirosol (ppm)	45.00	24.00	14.00	12.00
Fenil-etanol (ppm)	36.00	30.00	16.00	13.00
Alcoholes amílicos (ppm)	71.00	63.00	50.00	50.00
Acetato de etilo (ppm)	20.00	22.00	25.00	28.00

producción de ésteres de acetato volátiles producidos por la levadura, oxigenando a altos niveles el mosto. Este tratamiento involucra la introducción de oxígeno en forma de agua saturada de oxígeno en el fermentador. La adición de más del 9% del volumen de mosto como agua oxigenada fue necesaria para el control de ésteres de acetato y para eliminar el espumado excesivo.

Aunque el análisis de un grupo aislado de componentes de sabor puede proporcionar solamente información limitada respecto al espectro total de sabor, se siente que esto podría ser útil para predecir posibles direcciones de sabores en fermentaciones de mostos de alta gravedad y proveer una herramienta confiable cuando se requieran comparaciones con un producto existente. La tabla 2-4 muestra un grupo de congéneres de sabor. La característica más distintiva es la dirección hacia el perfil bajo de sabor en cervezas que fueron producidas de mostos de gravedad elevada pero diluidas al mismo nivel de alcohol. El acetato de etilo, no obstante, fue una excepción en el incremento con la concentración de mosto. A partir de las investigaciones se seleccionó el acetato de etilo como el indicador de ester de acetato; también se sabe que los niveles de acetato de isoamilos responden casi idénticamente a los mismos parámetros.

Las investigaciones de E. Phisterer y G.G. Stewart, sobre el mecanismo de la formación de éster, fueron basadas inicialmente en la siguiente reacción propuesta por Nornstrom:



ellos pensaron que cualquier medio para reducir la combina-

ción de acetil-S-CoA en la célula, ya sea por agotamiento o por inhibición de su síntesis, debería también reducir el nivel de acetato de etilo. La figura 2-6 enfatiza la posición del acetil-S-CoA central en el mecanismo de metabolismo de la célula de levadura, así como el camino especializado para su agotamiento, más propiamente dicho, la biosíntesis de lípidos y ácidos grasos. También es evidente en este esquema, el efecto Crabtree. Este efecto, también conocido como el efecto Pasteur contre-efet, se define como una inhibición de la síntesis de las enzimas respiratorias. Tal inhibición puede observarse bajo las condiciones aeróbicas en cepas de levadura que muestran una preferencia por la fermentación que por la respiración. Altos niveles de glucosa en el medio, parecen ser necesarios para que se manifieste el efecto Crabtree. Bajo tales condiciones, las moléculas de Acetil-S-CoA, son dirigidas en gran número hacia la síntesis de lípidos.

En una serie de experimentos de fermentación a pequeña escala, se notó que se redujeron las cantidades de acetato de etilo cuando se aumentaban las cantidades de miel de glucosa usada como material adjunto. Estas cervezas se atenuaron completamente aún a nivel de adjuntos del 60%. También, un análisis total de lípidos, reveló una acumulación simultánea de estos compuestos en la levadura. (tabla 2-5). Alguna especulación a lo largo de las siguientes líneas, puede ser apropiada para sugerir un papel del efecto Crabtree en la reducción de los niveles de ésteres. Las condiciones para la operación de este efecto (represión catabólica) predomina en las etapas aeróbicas tempranas de la fermentación. La célula de levadura desarrolla el mecanismo metabólico, para la producción de ácidos grasos y lípidos, los cuales pueden ser posiblemente necesarios para propósitos estructurales. La producción de mostos que contengan concentraciones mayores que la normal de glucosa -

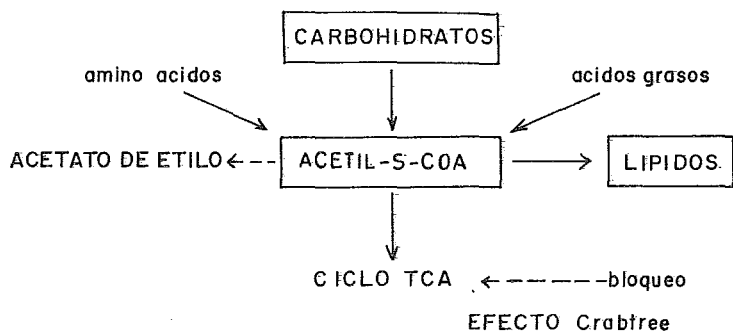


FIG. 2.6 Camino biosintético que muestra la formación de lípidos y el papel central del ACETIL-S-COA.

TABLA 2-5

FERMENTACIONES DE MOSTOS DE ALTA GRAVEDAD CON VARIAS CONCENTRACIONES DE ADJUNTO DE MAIZ.

	Acetato de etilo	Lípidos de lev.	Produc. de lev.
Mosto de 18° P	(ppm)	(% sól. seco)	(g/lt.)
Todo de malta	54	4.2	21.0
20% de adjunto	41	4.4	20.0
40% de adjunto	36	4.7	19.0
60% de adjunto	32	5.0	18.5

(mieles de adjunto) puede prolongar esta condición y puede ser capaz la levadura de "construir un crédito de lípido - mas substancial". Posteriormente en la fermentación bajo - condiciones anaeróbicas, la levadura puede usar este potencial para influir sobre la combinación del acetyl-S-CoA para la síntesis y reduciendo su disponibilidad para la formación de acetato de etilo.

Esto como proposición es solamente especulación, - pero puede ser útil para sugerir subsiguientes áreas de investigación.

Para demostrar lo intrincado de los mecanismos para la formación de ésteres, puede ser de ayuda mencionar - que Anderson y Kirsop encontraron en sus estudios que la mayoría de los ésteres de acetato se formaron cuando disminuyó el crecimiento de la levadura. Estos autores sugieren - que la formación de ésteres y el crecimiento de la levadura son dos procesos competitivos y mostraron evidencia de que podría reducirse la producción excesiva de ésteres, incrementando el crecimiento de la levadura. Por contraste, en la tabla se demuestra que las fermentaciones de alta relación de adjuntos resultan en niveles bajos de ésteres así - como un incremento de la levadura baja. Los resultados de algunos experimentos de fermentación, indican que existe - cuando menos un factor adicional que influencia la formación de ésteres, que es, la síntesis de lípidos.

2-5. Agua de la Dilución.

Puntos de dilución.- En la práctica, hay diferentes etapas del proceso donde se hace la dilución; unas plantas diluyen el mosto en el camino de éste, de la casa de co cimientos a fermentación, otras diluyen antes de la primera filtración, pero la gran mayoría hacen la dilución justo an

tes de la filtración final. Este último punto de dilución aumenta los ahorros que se obtienen hasta el máximo ya que se aumenta la capacidad y eficiencia de los equipos anteriores a este punto.

El agua de dilución debe de prepararse con el mismo cuidado que la cerveza; el agua debe ser:

- a) De calidad potable libre de olores y sabores
- b) Microbiológicamente pura
- c) De contenido mínimo de oxígeno (menos de 0,1 - ppm)
- d) De alcalinidad baja, para no provocar cambios en el pH de la cerveza
- e) Al mismo nivel de temperatura que la cerveza a diluir
- g) Carbonatada al mismo nivel que la cerveza a diluir (no necesario si la dilución se lleva a cabo en la fermentación)
- h) Libre de cloro y clorofenoles
- i) De un contenido de calcio inferior al de la cerveza de lo contrario puede haber problemas de precipitación de oxalatos.

Se debe tratar que la composición química de la cerveza diluida sea tan cercana como sea posible a la composición química de la cerveza normal.

El agua que se usa en la planta cervecera, requerirá de algún tratamiento antes de su uso en el proceso. El tipo de tratamiento variará de una cervecería a otra dependiendo del origen y la calidad del agua.

El equipo comercial que se usa para el tratamiento del agua incluye:

filtros de arena para eliminar los sólidos y la materia orgánica.

Filtros de antracita para el mismo objetivo.

Filtros de carbón activado para eliminar olores, -sabores, cloro y clorofenoles.

intercambiadores para la desmineralización y desalcalinización. El agua de todo abasto público es -tratada de alguna u otra forma.

Un creciente número de plantas cerveceras ya no -confían de la calidad de las aguas municipales ni en la calidad del agua de sus propios pozos, por lo tanto, los filtros de arena y de carbón activado están llegando a ser parte del equipo normal de estas plantas.

Si la planta, como practica general, retiene un residual de cloro en la red de agua, clorando el agua después de su pretratamiento inicial, el agua para la dilución debe tomarse de la salida del filtro de carbon activado, antes -de clorar el flujo principal. En lugares donde el agua de dilución no recibe ningun tratamiento preliminar y es considerada como de calidad satisfactoria para la dilución debe-considerarse alguna forma de filtración.

Existen varios métodos para esterilizar el agua, -de los más importantes son:

Tratamiento con cloro

Ebullición

Ultra-violeta

Ultra-filtración

Tratamiento con ozono

Tratamiento con dióxido de cloro

Tratamiento con cloro.- El cloro es la substancia que se usa con más frecuencia y es muy efectivo; al mismo tiempo, tiene la desventaja de que en algunas aguas puede producir compuestos fenólicos (clorofenol), los cuales tienen un efecto adverso sobre el sabor de la cerveza. El clorofenol se forma más fácilmente si el pH es alcalino. Se ha recomendado que cuando estos problemas son frecuentes y se usa agua de pozo, el pH debe ajustarse entre valores de 6 y 7 para reducir la intensidad del clorofenol. Donde existen problemas de clorofenol deben instalarse filtros de carbón activado.

Ebullición.- Al preparar el agua para dilución, el método tradicional de ebullición puede ser efectivo. Además, la ebullición también reducirá el nivel de bicarbonatos, para así reducir a un mínimo de cambio de pH en la cerveza diluida. Puede usarse un intercambiador de placas regenerativo en el ciclo de calentamiento para conservar energía.

Ultra-violeta.- La esterilización utilizando la radiación de lámpara ultravioleta ha sido práctica común en plantas cerveceras desde hace algunos años. En este proceso, se expone una película de agua a la radiación de una o varias lámparas de cuarzo con un arco de vapor de mercurio. Estas unidades son capaces de destruir el 99.99% de bacterias y virus en agua filtrada. Los organismos más resistentes tales como hongos, esporas, etc. pueden ser destruidos con caudales menores, generalmente con el 70% de flujo máximo de diseño.

La mayoría de las unidades usadas hoy en día tienen un gran espectro (3130 a 1849 Angstrom) de radiaciones-

ultravioletas, las cuales tienen propiedades bactericidas - con una gama amplia de ondas ultravioleta provenientes de - un arco de alta presión.

Ultra-filtración.- La esterilización del agua por este método es estrictamente mecánica, existen membranas comerciales de 0.02 a 0.03 micras. La aplicación de estas - membranas es bien conocida en la industria cervecera.

Tratamiento con ozono.- El ozono es oxígeno en una forma inestable que tiene tres átomos por molécula. Se prepara pasando aire limpio y seco a través de un arco de alto voltaje y la mezcla de aire y ozono resultante se burbujea en el agua limpia y clara.

El ozono es un oxidante fuerte y efectivo en la - eliminación de olores y sabores. Se descompone rápidamente regresando a oxígeno molecular, generalmente en cuestión de minutos; no otorga protección residual al agua, la dosifica cación oscila entre 0.1 y 4.0 ppm con tiempos de contacto de entre 4 y 10 minutos. El gas ozono es tóxico, inestable, - corrosivo y potencialmente explosivo, se deben tomar preca uciones pero no se precisan medidas extraordinarias para su manejo.

Dióxido de cloro.- El dióxido de cloro es muy buen esterilizador pero mucho más costoso que el cloro y a veces es fabricado en el mismo lugar de empleo haciendo reaccio--nar cloro con clorito de sodio. Reacciona muy rápidamente - con materiales oxidables y se usa en aguas municipales para controlar problemas de olor y sabor. El uso de cloro y ozo o no como esterilizantes son medios muy efectivos para contro llar olores y sabores en aguas para elaborar cervezas.

Después del tratamiento preliminar mencionado ante

rriormente, el agua de dilución tiene que ser deareada para reducir su contenido de oxígeno a un nivel no mayor de 0.1-ppm para evitar los problemas que ocasiona el oxígeno sobre el sabor y la estabilidad en frío de la cerveza. Los cerveceros usan, regularmente, tres métodos distintos para dea--rear el agua de dilución, y son:

- a.- Deaereación de agua enfriada en tanques de acu mulación con un lavado de anhídrido carbónico.
- b.- Deaereación por ebullición seguida por carbona tación en línea durante el enfriamiento o por medio de un lavado con anhídrido carbónico.
- c.- Deaereación al vacío seguida por carbonatación y enfriamiento en línea.

La deaereación con lavado de anhídrido carbínico - probablemente es el método más sencillo, el más bajo en consumo de energía y con costos de operación reducidos; desa--fortunadamente también es lento. El tiempo requerido para deaerear y carbonatar el agua puede ser de varios días. Una dosificación lenta de anhídrido carbónico resultará en nive les mayores de oxígeno. Puesto que se necesitan varios - días se requieren varios tanques en salas frías para facilitar un flujo continuo de agua de dilución a la unidad de --mezcla. En el método de deaereación por ebullición el tiempo requerido para deaerear el agua por ebullición en una - caldera u olla de cocimientos, depende hasta cierto punto - de la intensidad de la ebullición, pero ésta no debe ser me nor a 30 minutos.

El agua hervida debe transferirse inmediatamente - a través de un intercambiador de calor regenerativo y preferiblemente debe ser carbonatada en un carbonatador "pin- -point" después del enfriamiento, de ahí debe mandarse a un-

tanque de acumulación bajo contrapresión de gas carbónico.- Dicho tanque debe estar equipado con piedras carbonatadoras las cuales permitirán una corrección del nivel de gas carbónico y mantener una contrapresión adecuada.

Si el agua hervida no es carbonatada durante el trasiego y el enfriamiento, debe ser carbonatada por medio de un lavado de gas carbónico en el tanque de almacenamiento.

Los dos métodos anteriores son estrictamente por lote. Por otro lado, la DEAERACION AL VACIO es un proceso continuo que requiere solo un tanque de reserva mantenido bajo una presión de anhídrido carbónico. Debe de estar equipado con algunas piedras de carbonatación para facilitar un lavado con gas carbónico, ligero pero continuo.

El punto de ebullición del agua disminuye a medida que el vacío se aproxima al cero absoluto. La siguiente tabla de valores relativos para presión absoluta y la temperatura de saturación del agua.

. Puntos de ebullición del agua a altas presiones al vacío.

Presión absoluta mm Hg. (Torr.)	Temperatura ° C.
12.7	14.89
25.4	26.13
50.8	38.41
76.2	46.14
101.6	51.91

Los deaeradores al vacío en la actualidad se emplean en las cervecías y operan a las presiones absolutas que aparecen en la tabla. La temperatura del agua que entra

al deaereador al vacío generalmente es de 1 a 2°C más alta que las temperaturas que aparecen en la tabla.

Una parte del agua que entra al deaereador en forma de neblina fina estará sujeta a una evaporación instantánea y así facilitará un desprendimiento inicial del aire disuelto.

La evaporación instantánea, se considera como una parte importante en la obtención de valores bajos de oxígeno disuelto. Después de la evaporación instantánea inicial, el agua cae en forma de una película delgada sobre la amplia superficie empacada del deaereador.

Estos empaques que pueden ser anillos Rasching o sillitas berls de porcelana o acero inoxidable, proporcionan una gran superficie de contacto para un desprendimiento adicional del aire.

Los equipos actuales para la producción y mantenimiento de vacío en un sistema cerrado, funcionan de acuerdo con tres principios de operación diferentes que son:

Eyectores de chorro de presión

Bombas rotatorias al vacío con anillos de líquido con o sin auxiliares de chorro de vapor, y

Bombas al vacío, tipo seco, reciprocantes.

No existe ningún aparato más sencillo o confiable que el eyector de chorro de vapor para eliminar aire, gases o vapores de equipos al vacío. El eyector no tiene componentes móviles; consiste básicamente, de una tobera que descarga un chorro de vapor de alta velocidad a una cámara de succión donde el gas que se desea evacuar es arrastrado por

el chorro de vapor haciendolo pasar a un difusor en forma de venturi que convierte la energía de velocidad del vapor en energía de presión de la mezcla de vapor y gas. La siguiente tabla indica los rangos comunes de presiones de succión que pueden obtenerse al descargar el vapor a presión atmosférica mediante una serie de chorros de vapor. El número de etapas oscila entre 1 y 5.

Intervalo de presiones de succión para eyectores descargando a presión atmosférica.

Número de etapas	Presión absoluta de operación, mm Hg
1.0	75 y más
2.0	10 a 100
3.0	2 a 15
4.0	0.25 a 3.0
5.0	0.3 y menos

Generalmente se usan entre las etapas, condensadores del tipo de contacto directo (barométricos) o de superficie (coraza y tubos); figuras 2-7 y 2-7a para condensar el vapor de operación y los vapores condensables de la etapa anterior. En esta forma se reduce la carga y por consiguiente el tamaño de los eyectores en la etapa o etapas finales. Para mantener el vacío en el sistema, la descarga del condensador intermedio debe de estar ubicada por lo menos 10.36 metros arriba del nivel del agua del foso. En la figura 2-8 se muestra un arreglo para reducir la altura de los condensadores y las toberas del eyector, usando una bomba en combinación con un condensador barométrico para eliminar los vapores y el agua condensada.

El proceso de refrigeración con chorro de vapor ha venido usándose desde hace 50 años y opera entre 3 y 6 mm -

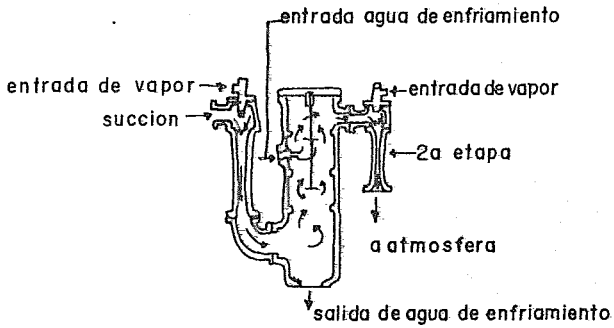


FIG. 2.7 EYECTOR DE DOS ETAPAS CON ENFRIADOR BAROMETRICO

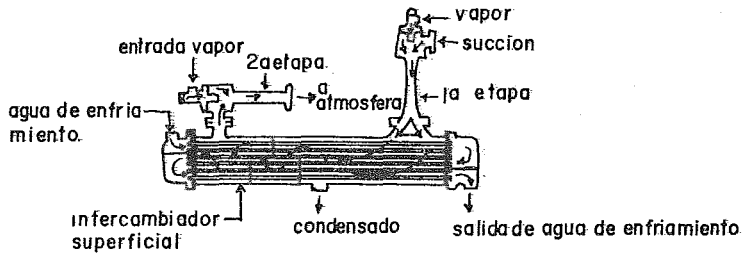


FIG. 2.7a. EYECTOR DE 2 ETAPAS CON ENFRIADOR DE SUPERFICIE

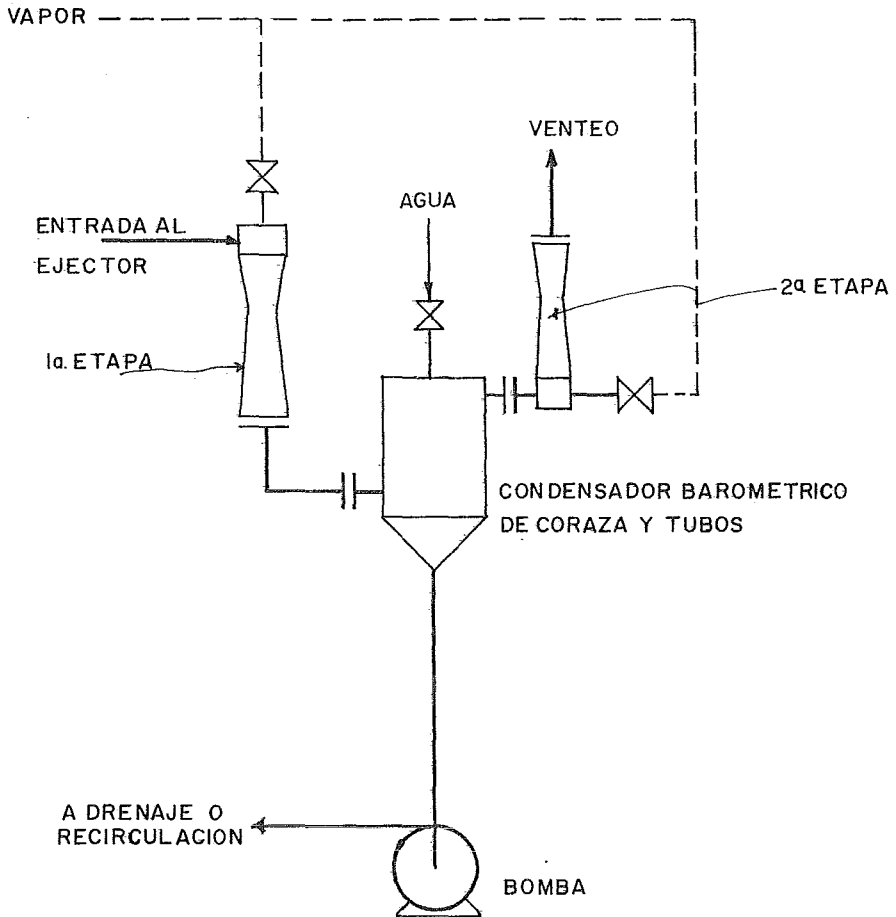


FIG. 2.8 EYECTOR DE DOS ETAPAS CON CONDENSADOR Y BOMBA

Hg de presión absoluta enfriando el agua por evaporación directa en un recipiente al vacío:

El equipo consiste de un sistema de eyectores de - chorros de vapor en tres etapas el cual se muestra en la figura 2-9. La primera etapa es un chorro de gran capacidad de volúmen, operando con vapor de baja presión. La ventaja que se obtiene en esta operación es el enfriamiento del - agua de dilución a temperatura de proceso con niveles de - oxígeno muy bajos.

El sistema de bombas rotatorias al vacío con anillo-- llos de líquido son bien conocidas en la industria cervecera. Algunos sistemas con deaereación utilizan bombas de vacío rotatorias con anillo de líquido de una sola etapa to-- mando la succión de un condensador de superficie como ele-- mento único para mantener el vacío del sistema. Generalmente, el vacío no pasa de 76 mm Hg abs. El agua enfriada que va al condensador ayudará a mantener el vacío. Figura 2-10. Otro arreglo es la combinación de un chorro de vapor de una etapa, un condensador de superficie y una bomba rotatoria - al vacío con anillo líquido de una sola etapa. El chorro - de vapor provee el primer aumento de presión desde la torre de deaereación. El vacío así producido es del orden de - 25.4 mm Hg. Figura 2-11.

También hay disponibles bombas rotatorias al vacío con anillos de líquido en dos etapas, éstas no requieren de un chorro auxiliar ni de un condensador para mantener el vacío en la gama de 25 a 50 mm Hg abs. La temperatura del sello de agua es muy importante, recomendándose por lo gene-- ral, 15°C de temperatura del agua.

El vacío que generan las bombas al vacío recipro-- cantes del tipo seco es menos de 100 mm Hg abs. y su des--

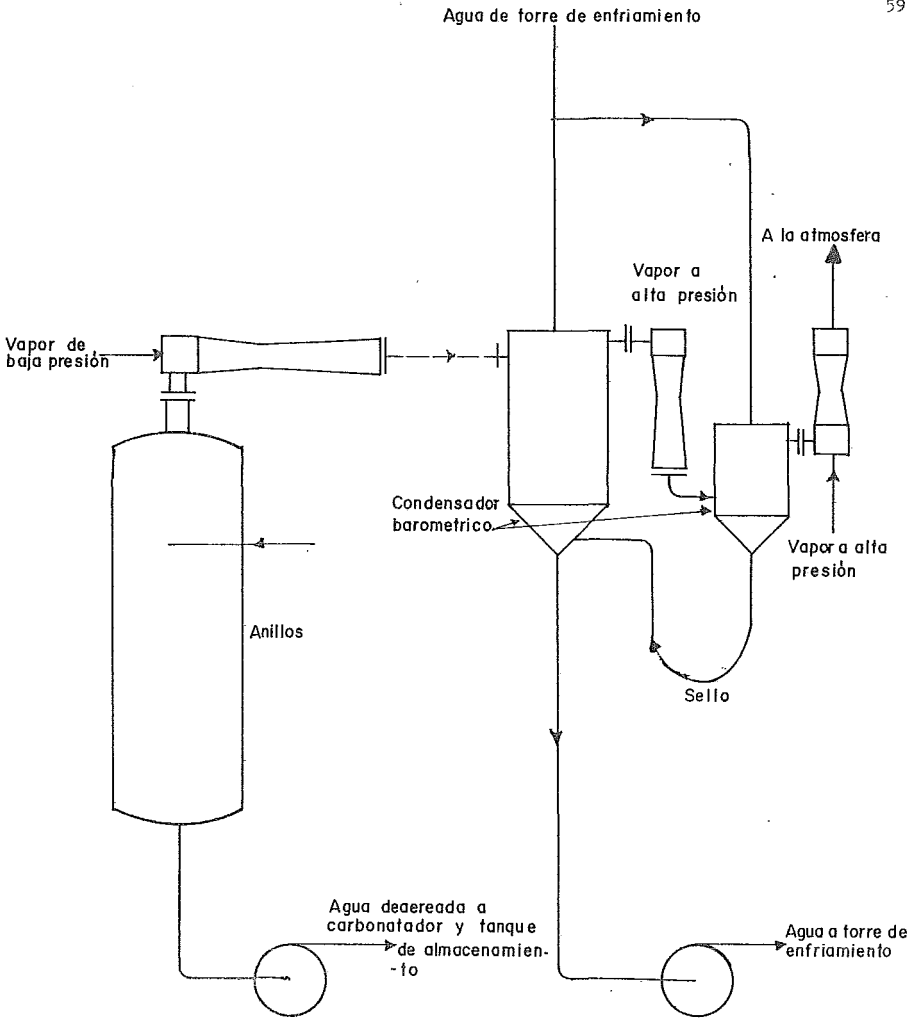


FIG. 2.9 EYECTOR DE 3 ETAPAS CON BOMBA PARA VACIO Y SISTEMA DE AERACION

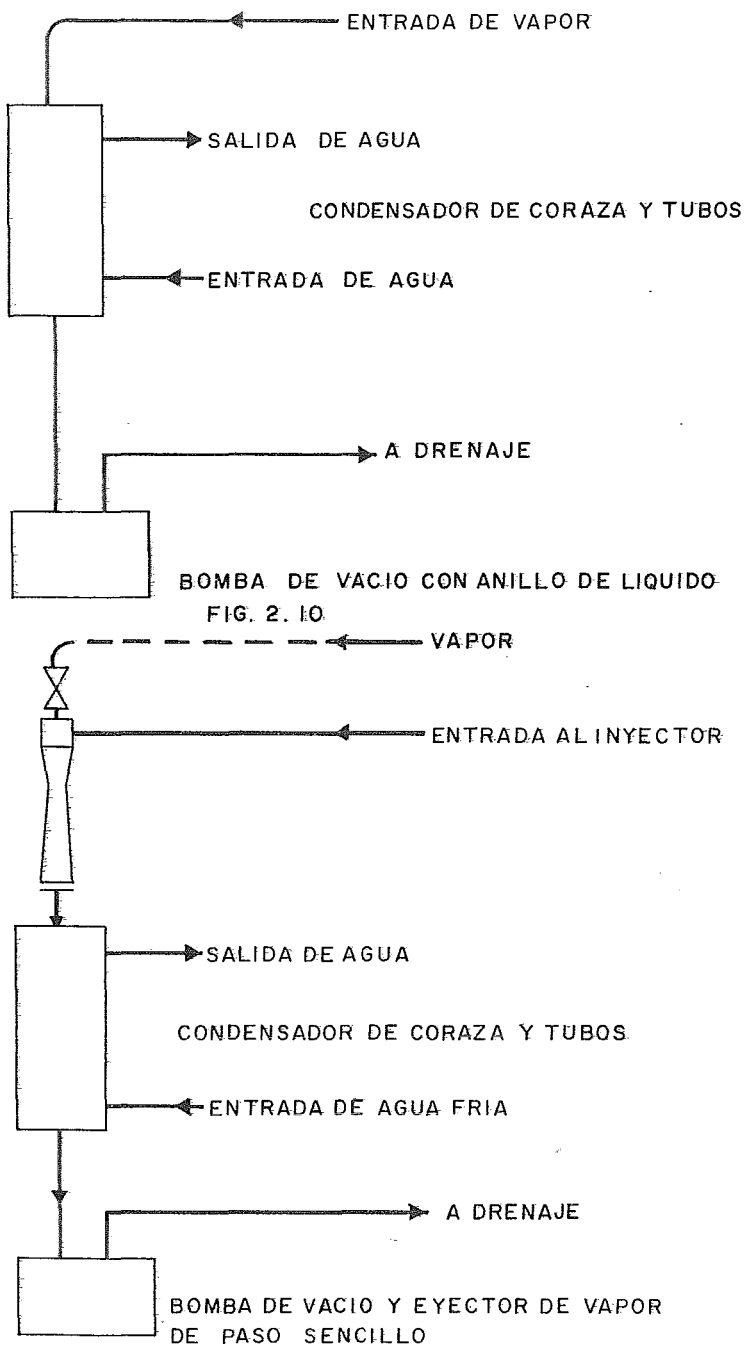


FIG. 2.11

plazamiento está restringido por el diámetro del cilindro, -carrera y velocidad del émbolo. Es necesario que estas bombas operen en seco. Se sugiere un sistema de deaereación - con un eyector de vapor a chorro de dos etapas el cual aparece en la figura 2-12. Cuando sea necesario calentar considerablemente el agua de entrada, deberá de usarse un in-tercambiador de color regenerativo.

El agua de dilución proveniente del sistema deaereador debe carbonatarse aproximadamente al nivel de la cerveza concentrada, tan pronto como sea posible después de la - deaereación para evitar absorción de aire. Posteriormente - se enfría el agua. En la figura 2-13 se muestra el método - de enfriar el agua a temperaturas de 1 a 2°C. El primero - que aparece en la parte superior es un intercambiador de calor regenerativo a placas que se usa cuando el agua tiene - que calentarse arriba de la temperatura ambiente antes de - entrar al deaereador. Se puede esperar una recuperación de energía del 90%. El segundo, que aparece abajo, es un en-friador de coraza y tubos que utiliza un sistema inundado - de amoniaco como refrigerante. Este énfriador es similar a - muchos enfriadores de cerveza que se usan actualmente.

2-6 Dosificación del Agua a la Cerveza Concentrada

Existen varios métodos para controlar la exactitud de la mezcla, los cuales varían desde un control manual sencillo hasta instrumentación automática altamente sofisticada.

El sistema menos costoso consiste en controlar manualmente las válvulas de descarga de las bombas de agua y - cerveza, utilizando indicadores de nivel y tanque aforado - de cerveza y agua con el fin de controlar el flujo. El tan

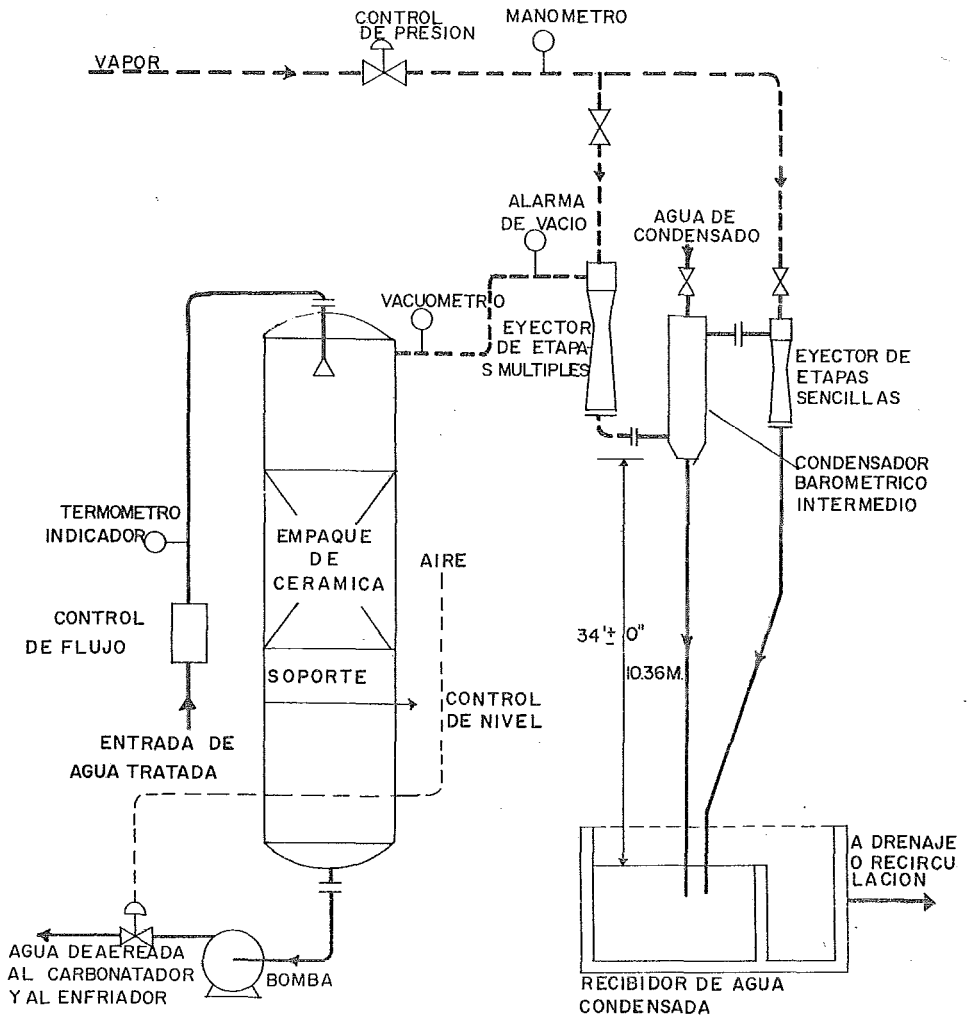


FIG. 2.12 SISTEMA DE AERACION POR VACIO CON EYECTOR DE VAPOR DE DOS ETAPAS

que receptor de cerveza también se afora para controlar más fácilmente la operación. Este método no es muy preciso pero el error generalmente puede mantenerse abajo del 1%.

La siguiente etapa en sofisticación es la instalación de medidores integradores del tipo turbina en la tubería de descarga de las bombas de cerveza y agua. Los flujos de cerveza y agua todavía se controlarían manualmente, mediante las válvulas de descarga de las bombas. Las tolerancias positivas y negativas de los medidores controlarían la uniformidad de la mezcla.

También se usan medidores de flujo de diseño sanitario del tipo rotámetro o magnéticos con controladores registradores. Figura 2-14. Estos a su vez controlan válvulas neumáticas en las tuberías de cerveza y agua. Este sistema mantiene el flujo más o menos constante e independiente de cambios de presión en los lados de succión o descarga de las bombas.

El sistema más sofisticado y costoso aparece en la figura 2-15. Se usan dos medidores de flujo magnéticos para medir el caudal de agua y de cerveza respectivamente. - El flujo de cerveza se considera libre o sin control, mientras que el flujo de agua es controlado de acuerdo a las variaciones en el flujo de cerveza.

Un controlador revelador de proporción recibe la señal del flujo de cerveza y automáticamente coloca en posición el punto de ajuste del agua en el registrador controlador de flujo, el cual, a su vez, ajusta la posición de la válvula de control de agua. Además de la instrumentación indicada, se pueden instalar integradores de flujo para controlar el caudal total de ambos fluidos.

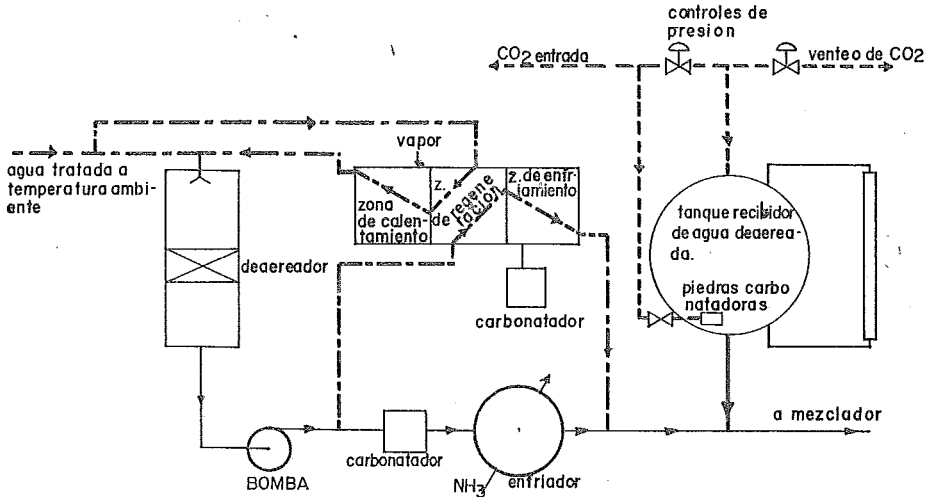
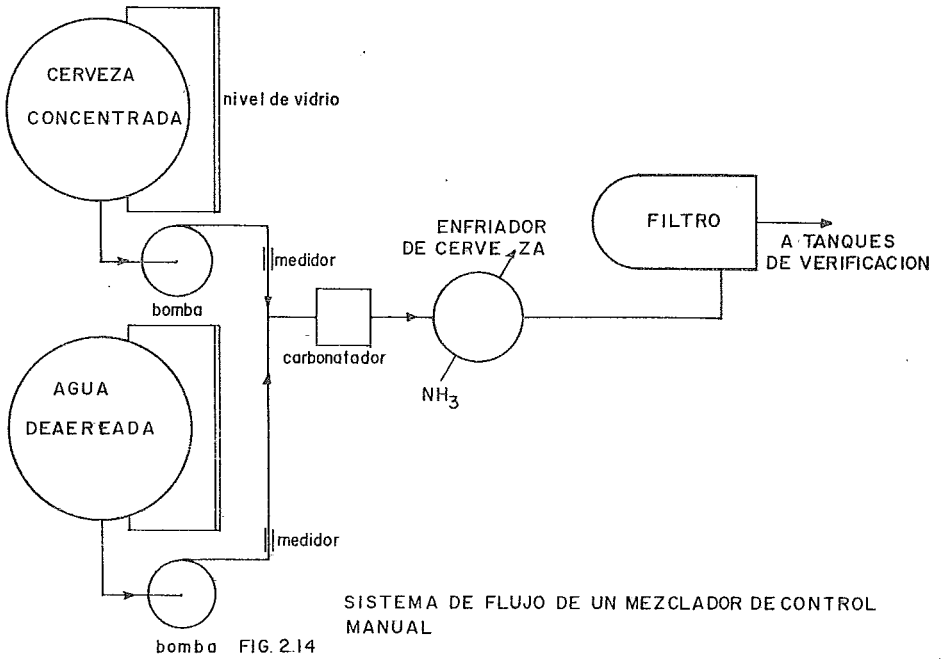


FIG.2.13 CARBONATACION Y ENFRIAMIENTO DEL AGUA DE DILUCION



SISTEMA DE FLUJO DE UN MEZCLADOR DE CONTROL MANUAL

bomba FIG. 2.14

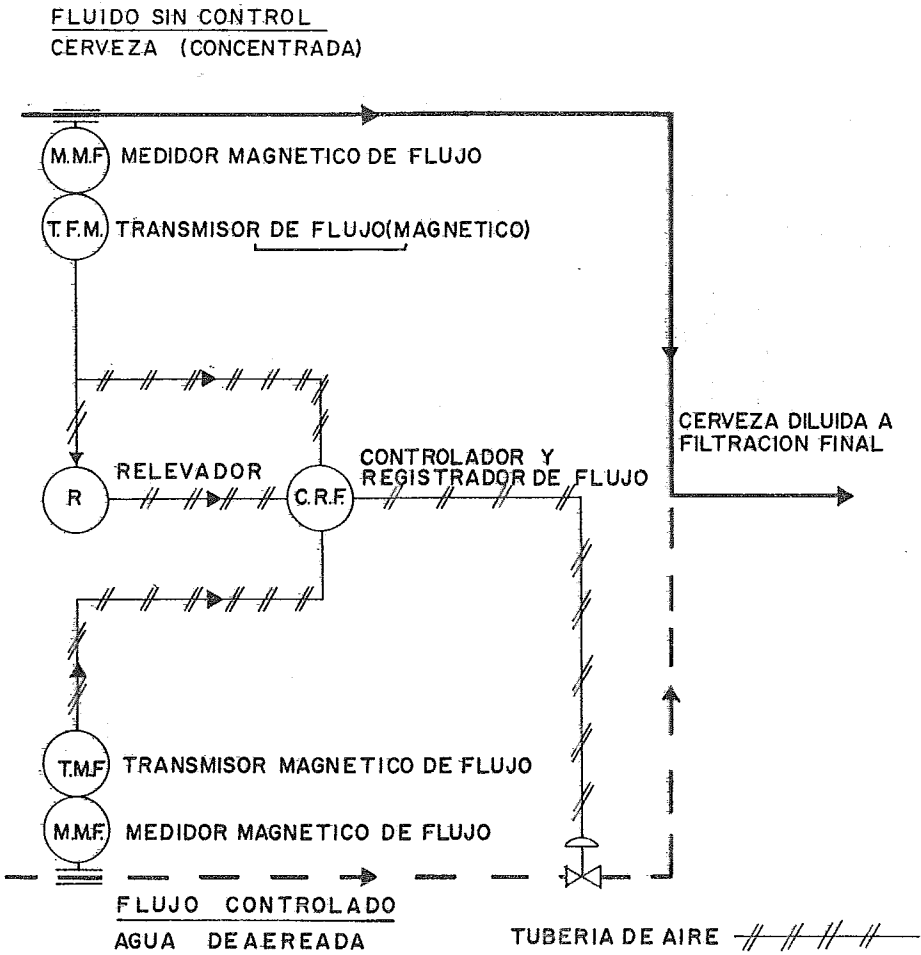


FIG215 DIAGRAMA DE FLUJO DE UN MEZCLADOR CON CONTROL AUTOMATICO

2-7 Ventajas y Desventajas

Se ha encontrado que las cervezas producidas con mostos concentrados permiten:

- a.- Un uso más eficiente de las facilidades actuales de la planta.
- b.- Un costo reducido por hectólitro de cerveza producido.
- c.- Menores costos de mano de obra por hectólitro de cerveza producida.
- d.- El posible uso de mayores proporciones de adjuntos.
- e.- Mejoras en la estabilidad organolépticas y coloidal.
- f.- Mas alcohol por unidad de extracto fermentable.
- g.- Un sabor más suave, de acuerdo a evaluaciones del papel de catado.

Las principales desventajas que se han encontrado con este método son las siguientes:

- a.- Las cervezas producidas son difícilmente duplicables con exactitud con respecto a las cervezas actuales de extracto original normal.
- b.- Se reduce el rendimiento de materias primas (lúpulo y granos).
- c.- Se requiere equipo para procesar un flujo de agua por separado.
- d.- Probablemente se requerirán cambios en materias primas o en el procedimiento de casa de cocimientos.
- e.- Posiblemente sea conveniente cambiar algunos equipos.

CAPITULO 3. INCREMENTO EN LA PRODUCCION AL EMPLEAR EL SISTEMA DE MOSTOS CONCENTRADOS EN UNA PLANTA CERVECERA YA INSTALADA.

3-1 Condiciones actuales de operación

3-1.1 Objetivos de producción.

3-1.2 Balances de materia y energía en cada una de las etapas del proceso

3-2 Elaboración de cerveza con mostos concentrados

3-2.1 Objetivos de producción

3-2.2 Balances de materia y energía en cada una de las etapas del proceso.

3-1 Condiciones actuales de operación

3-1.1 Objetivo de producción

Actualmente, la producción está basada en la elaboración de mostos convencionales (11°P de extracto original) y de un volumen total a la entrada de fermentación (12°C) - de 500 Hl. por cocimiento.

Si consideramos que se hacen 8 cocimientos por día, 6 días a la semana, con 4 cocimientos el séptimo día, tenemos una producción semanal de 52 cocimientos.

Producción mensual:

$$500 \text{ Hl./cocto.} \times 52 \text{ coctos./semana} \times 4.33 \text{ semanas/mes} = \\ 112,580 \text{ Hl./mes.}$$

Si se considera una merma del 5% hasta entregar a-
envasado, la producción neta de cerveza terminada es de:

$$112,580 \text{ Hl./mes} \times .95 = 106,951 \text{ Hl. mensuales.}$$

3-1.2 Balances de materia y energía en cada una de las etapas del proceso.

En esta parte, se describirán las diferentes etapas del proceso, estableciendo las condiciones de operación para cada una de ellas para proceder a realizar los balances de materia y energía.

Estableceremos, primeramente, las cantidades de materia prima con las que se inicia el proceso y seguiremos - su tratamiento e incluyendo reactivos y servicios a través- de las siguientes etapas o equipos que integran el proceso:

- a) Cocedor
- b) Macerador
- c) Extractor
- d) Olla
- e) Tanque de mosto caliente
- f) Enfriador de mosto
- g) Manejo de levadura
- h) Fermentación
- i) Reposo
- j) Filtración
- k) Terminación

Si consideramos que se van a producir 500 Hl. de -
cerveza con una concentración de 11°P, calcularemos la can-
tidad necesaria de extracto por cocimiento:

$$^{\circ}\text{P} \times \text{Pe} = \text{Kg. de extracto/Hl.}$$

$$11^{\circ}\text{P} \times 1.04229 = 11.46519 \text{ Kg. de extracto/Hl.}$$

$$11.46519 \times 500 \text{ Hl.} = 5732.595 \text{ Kg. de extracto/cocto.}$$

Si consideramos una merma de extracto del 4% en ca
sa de cocimientos, tenemos que la cantidad de extracto nece
sario por cocimiento será:

$$5,732.595 / .96 = 5,961.89 \text{ Kg. de extracto/cocto.}$$

El 55% del extracto proviene de la malta con 72.5% de ex- -
tracto b. h.

El 45% del extracto proviene del fino real con 77% de ex- -
tracto b. h.

Malta requerida:

$$\frac{5,961.89 \text{ Kg. de extracto} \times .55}{0.725} = 4,523 \text{ Kg.}$$

Fino real requerido:

$$\frac{5,961.89 \text{ Kg. de extracto} \times .45}{0.77} = 3,485 \text{ Kg.}$$

a) Cocedor

En el cocedor se colocan la totalidad del fino real y además aproximadamente un 18% adicional de malta; se agrega agua y se mantiene la mezcla a 55°C por 20 minutos, aquí las enzimas proteasas de la malta empiezan a actuar sobre las proteínas de la misma, también actúan sobre los péptidos para formar aminoácidos que posteriormente servirán como nutrientes de la levadura. Una vez lograda la acción de las proteasas se procede a licuar los almidones elevando la temperatura de la mezcla lentamente (1°C por min.), permitiendo la acción de las enzimas α y β amilasa que tienen rangos de acción que van desde 65 a 73°C.

Un paso intermedio, es la gelatinización de los almidones del grano que se caracteriza por un aumento de la viscosidad de la mezcla lo cual ocurre a 70°C. Se continúa el calentamiento hasta ebullición para destruir la acción enzimática y favorecer la perfecta licuefacción así como para evitar la reversibilidad del proceso. El agua usada debe tener una concentración de 85 ppm de iones calcio y un pH ligeramente alcalino.

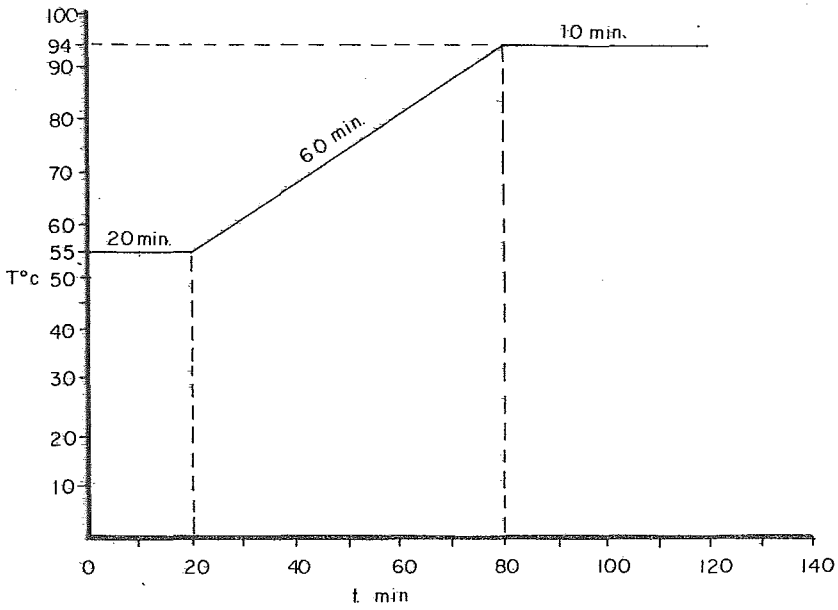


FIG. 3.1 CICLO DE COCCION

Balancé de materia en cocedor:

Fino real: 3,484 Kg.

Malta: $3,484 \times .18 = 523$ Kg.

Carga total: $3,484 + 523 = 4,007$ Kg.

Se necesitan 3.3 litros de agua por cada Kg. de material, -
entonces:

Agua: $4,007 \times 3.3 = 13,223$ lt. = 132.23 Hl.

Si consideramos que 100 Kg de material representan 1 Hl. entonces podemos calcular el volumen total de la mezcla.

$V = 132.23$ H. de agua + 40.07 Hl. de material = 172.3 Hl.

La capacidad del cocedor existente es de 270 Hl. }
por lo que es adecuado para manejar este volumen.

Balace de energia en el cocedor:

Ecuación general: $Q = m_1 C_p (T_2 - T_1) + m_2 \lambda + \text{pérdidas por paredes}$

$m_1 =$ masa total = 17230 Kg.

$m_2 =$ Masa de agua evaporada = $0.05 m_1 = 861.5$ Kg.

$\lambda =$ Calor latente de evaporación del agua = 538 Kcal/Kg.

$C_p =$ Calor específico promedio de la mezcla = 0.89 Kcal/Kg.
°C

$T_1 =$ Temperatura inicial = 55°C

$T_2 =$ Temperatura final = 94°C

Las pérdidas por paredes las consideramos despreciables.

$$Q = 17,230 \times 0.89 (94-55) + 861.5 \times 538 = 1,061,540 \text{ Kcal/cocto.}$$

b) Macerador

En el macerador se coloca la malta y se deja reposar 30 min a 45°C con el objeto de que las peptidasas de la malta actúen sobre las proteínas y péptidos para formar aminoácidos que servirán como nutrientes de la levadura en la fase inicial de la fermentación. También se desdoblan algunas proteínas para evitar el enturbamiento en frío de la cerveza. En este punto se agrega una cantidad determinada de formol para que reaccione con algunos compuestos azufrados que contiene la malta y se formen complejos de alto peso molecular que precipitan en esta fase, de no ser así, pasan solubles en el mosto y pueden provocar la intoxicación de las células de levadura. Aquí se forman los compuestos coloidales de origen proteico que son los responsables de una buena espuma en la cerveza terminada.

El siguiente paso en el macerador, es pasar la carga del cocedor a su temperatura de ebullición, procurando que la temperatura de la mezcla oscile entre 67 y 71°C y así favorecer la acción sacarificadora de la enzima β -amilasa, que es óptima en este intervalo de temperaturas.

Para eliminar el almidón remanente que pueda existir, se eleva la temperatura de la mezcla, desactivando la acción de la β -amilasa y permitiendo que la α -amilasa convierta estos almidones en dextrinas. Si permanece almidón sin convertir, hay problemas posteriores de filtrado; se continúa calentando la mezcla hasta lograr la completa inactivación de las enzimas.

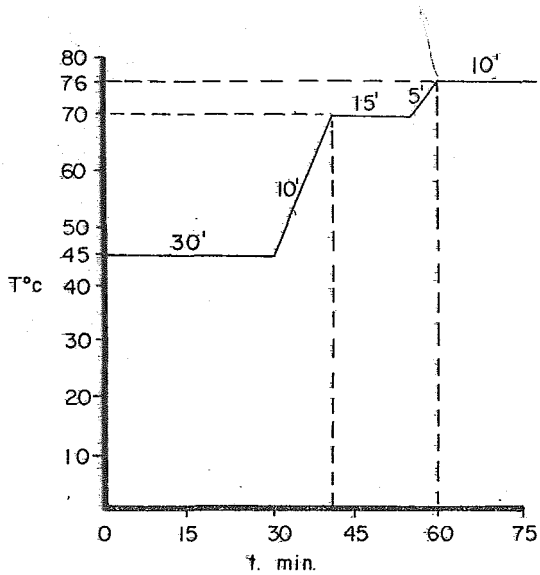


FIG. 3.2 CICLO DE MACERACION

Balance de materia en el macerador:

Malta: 4,523 Kg. - 523 Kg. = 4,000 Kg.

Agua. Se necesitan aproximadamente 3.6 lt. por Kg. de malta para hacer un buen macerado.

Agua = 4,000 Kg. x 3.6 lt./Kg. = 14,4000 lt = 144 Hl.

Material del cocedor: 172.3 Hl.

Considerando que 100 Kg. de material ocupan 1 Hl.- tenemos que el volumen total del macerado es:

$$V = 144 + 40 + 172.3 = 356.3 \text{ Hl.}$$

El macerador existente puede manejar 360 Hl. por - } *

lo que es adecuado para este cocimiento.

Temperatura de mezcla de materiales del cocedor y macerador:

Carga térmica del cocedor:

$$172.3 \text{ Hl.} \times 94^{\circ}\text{C} = 16,196.2 \text{ Hl.} - ^{\circ}\text{C (UT)}$$

Carga térmica del macerador:

$$184 \text{ Hl} \times 45^{\circ}\text{C} = 8,280 \text{ Hl.} - ^{\circ}\text{C (UT)}$$

Temperatura de las mezclas en el macerador:

$$T = \frac{(16,196.2 + 8,280) \text{ Hl.} - ^{\circ}\text{C}}{(172.3 + 184) \text{ Hl.}} = 68.69^{\circ}\text{C}$$

Como se ve, estamos en la temperatura óptima para la acción de la β -amilasa.

Balance de energía en el macerador:

Ecuación general:

$$Q = m_1 C_p (T_2 - T_1) + m_2 C_p (T_4 - T_3)$$

m_1 = masa en el macerador antes de cargar el material del cocedor
 = 18,400 Kg.

m_2 = masa total en macerador = 35,630 Kg.

T_1 = 25°C. Temperatura inicial

T_2 = 45°C. Temperatura de acción de las peptidasas

T_3 = 68.7°C. Temperatura de acción de la -amilasa

T_4 = 76°C. Temperatura de inactivación de enzimas.

C_p = 0.89 Kcal/Kg. °C

$$Q = 18,400 \times 0.89 (45 - 25) + 35630 \times 0.89 (76 - 68.7)$$

$$Q = 559,115 \text{ Kcal.}$$

c) Extractor

Una vez lograda la completa conversión de los almidones en azúcares y dextrinas es necesario separar la parte insoluble del macerado, comunmente llamada masilla hasta - obtener un rendimiento satisfactorio (normalmente del 96%)- sin frenar el ritmo de producción.

Las características del extractor existente son - las siguientes:

Diámetro = 6 mt.

} *

Area de filtración = 28.27 m^2

El macerado se recibe en el extractor, inundando - previamente las placas filtrantes del falso fondo con agua - y con el sistema de cuchillas en posición tal que permita - la distribución del material en toda el área filtrante, se - deja reposar el material para que se asiente la masilla y - obtener el lecho filtrante.

Se inicia la filtración, recibiendo el mosto en el colector (grant), recirculándose hasta una claridad satisfactoria para no arrastrar masilla a la olla. Se prosigue la filtración hasta agotar lo que se llama primer mosto, to do esto se lleva 1 hora aproximadamente; aquí se empieza a rociar con agua a 76°C la masilla para extraer el mosto retenido en ésta hasta que se logre una concentración en el colector de 1.5°P . El tiempo de lavado del mosto en la masilla es de 1 hora 20 min.; después de terminada la extracción del mosto se procede a sacar la masilla del extractor y preparar a este para recibir el siguiente cocimiento. - El tiempo total de operación del extractor es de 3 horas.

Balance de materia en el extractor.

Extracto total = 5,961.89 Kg.

Carga total inicial = 35,623 Kg.

Primeramente calcularemos la cantidad de extracto que hay que recuperar de la masilla. Consideramos que por cada Kg. de malta se producen 1.88 lt. de masilla y por cada Kg. de fino real 0.93 lt. de masilla.

$$V = 4,523 \times 1.88 + 3,484 \times 0.93$$

Volumen de masilla = 11,743.36 lt.

Volúmen del primer mosto = $356.23 \text{ Hl.} - 117.43 \text{ Hl.} = 238.8 \text{ Hl.}$

Extracto en el primer mosto: Consideraremos un primer mosto con una concentración de 15.5°P , cuyo peso específico es -1.06096 ;

$$V \times P_e \times ^{\circ}\text{P} = 238.8 \times 1.06096 \times 15.5 = 3,926 \text{ Kg.}$$

Extracto a recuperar de la masilla:

$$5,961.89 - 3,926 = 2,035.89 \text{ Kg.}$$

Si consideramos que el 4% del extracto total se queda en la masilla tenemos que el extracto real recuperable es:

$$2,035.89 - (5,961.89 \times 0.04) = 1,797.42 \text{ Kg.}$$

Agua. El agua que se usa para lavado de masilla - está muy relacionada con el volúmen utilizable de la olla - (560 Hl.), el agua evaporada en el transcurso de llenado de la misma (63 Hl) y el volúmen del primer mosto (238.8 Hl.).

$$\text{Agua} = 560 + 63 - 238.8 = 384.2 \text{ Hl.} \quad ?$$

lo que nos da una relación por Kg. de extracto a recuperar-de:

$$\frac{38,420 \text{ lt.}}{1,797,42 \text{ Kg.}} = 21.37 \text{ lt. de agua/Kg. de extracto}$$

d) Olla

Con el objeto de aumentar la eficiencia de extracción del mosto, éste se hierve durante toda la operación de llenado. La ebullición y evaporación de agua se sigue en todo el tiempo de operación de la olla, incluso cuando se -

está vaciando. Aquí se concentra y esteriliza el mosto, se precipitan las proteínas de alto peso molecular, se extraen los compuestos del lúpulo que dan el sabor amargo a la cerveza (isomerización de los ácidos α principalmente).

Como mencionamos arriba, en la olla se agrega el lúpulo en cantidad tal que nos de el grado de amargor deseado en la cerveza terminada, también se agrega sulfato de zinc (2 ppm) para favorecer el metabolismo de la levadura - en fermentación, el pH del mosto se mantiene a 5.5 y la concentración de sulfato de calcio a 120 ppm para favorecer la precipitación de las proteínas y los taninos.

Balance de materia en la olla:

Extracto. Aquí entra la cantidad total de extracto menos el extracto retenido en la masilla.

$$5,961.89 - (5,961.89 \times 0.04) = 5,732.6 \text{ Kg.}$$

Concentración del mosto: En el momento que la olla está llena (560 Hl.) la concentración es:

$$\frac{5,732.6 \text{ Kg. de extracto}}{560 \text{ Hl.}} = 10.23 \text{ Kg. Ext./Hl.}$$

que corresponde a una concentración de 9.86°P.

Al evaporarse 20 Hl. la concentración es:

$$\frac{5,732.6 \text{ Kg. de extracto}}{540 \text{ Hl.}} = 10.61 \text{ Kg. Ext./Hl.}$$

que corresponde a una concentración de 10.22°P

Agua. El agua que entra a la olla es el volumen total del -



agua que se usa para lavado de masilla: 384.2 Hl.

Agua evaporada. Se suman los volúmenes de agua evaporada durante el llenado, operación y vaciado de la olla:

$$63 + 20 + 20 = 103 \text{ Hl.}$$

Lúpulo:

Se desea obtener un mosto con 26 ± 1.5 unidades de amargo (ppm de ácidos α), que al ser fermentado se reduzca a un valor de 18 ± 1.5 unidades de amargo; si tomamos que la eficiencia de extracción de compuestos amargantes del lúpulo es de 54%, la concentración de ácidos en la olla debe ser:

$$\frac{26}{0.54} = 48.148 \text{ ppm}$$

para cocimiento de 500 Hl. de mosto frío se necesitan:

$$\frac{X}{50,000 \text{ lt.}} = 48.148 \frac{\text{mg}}{\text{lt.}} \quad X = 2,407 \text{ gr. de ácidos } \alpha$$

Se dispone de los siguientes lúpulos:

Lúpulo concentrado, 43% de ácidos .

Lúpulo normal o gránulos, 4.3% de ácidos .

Si se agrega el 70% de ácido α de lúpulo concentrado y el 30% restante de lúpulo en gránulos tenemos que:

$$\frac{2,407 \times 0.7}{0.43} = 3,918 \text{ g. } 3.918 \text{ Kg. de lúpulo concentrado.}$$

$$\frac{2,407 \times 0.3}{0.043} = 16,793 \text{ g. } 16.793 \text{ Kg. de lúpulo en gránulos.}$$

Balance de energía en la olla:

Tiempo de trabajo = 2.33 horas

Cantidad de agua que se eleva de 76 a 94°C = 62,300 Kg.

Cantidad de agua evaporada = 10,300 Kg.

$$\text{Ecuación general: } Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = m C_p (T_2 - T_1)$$

$$Q_1 = 62,300 \text{ Kg.} \times 0.89 \text{ Kcal/Kg}^\circ\text{C} (94 - 76)^\circ\text{C} = 998,046 \text{ Kcal.}$$

$$Q_2 = m_2 \lambda = 10,300 \text{ Kg.} \times 538 \text{ Kcal/Kg.} = 6,141,400 \text{ Kcal.}$$

$$Q_3 = \text{pérdidas por paredes de la olla.}$$

La olla está fabricada con lámina de cobre de 0.16 cm. de espesor.

$$V = 65 \text{ m}^3$$

$$h = 5.17 \text{ m}$$

$$D = 4.00 \text{ m.}$$

$$\text{Area total de paredes} = 31.1 \text{ m}^2$$

El 80% del área total de la olla está aislada con 5 cm. de fibra de vidrio.

DIM
 BUSCAR DATOS DE
 AREA VERTICAL

Balance de energía para la porción de la olla no aislada -
(pérdida por paredes):

$$\text{Ecuación general: } Q_{na} = U \times A \times \Delta T$$

$$U = 1/R_t = 1/(R_1 + R_2 + R_3 + \dots)$$

$$U = \frac{1}{1/h_o + L/K + 1/h_i}$$

✓ h_o = Coeficiente de película del aire que circula alrededor de la olla, tomando una velocidad de éste de 8 Km./hr.
= 806.4 Kcal/hr m² °C.

K = Conductividad térmica del cobre = 32,434 Kcal-cm/hr m² °C.

✓ h_i = Coeficiente de película del mosto en la olla = 2,453 - Kcal/hr m² °C.

$$U = \frac{1}{1/806.4 + 0.16/32,434 + 1/2,453} = 605.12 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ °C}$$

$A = 6.22 \text{ m}^2$ (20% del área total)

$T = (94 - 80)^\circ\text{C} = 14^\circ\text{C}$.

$$Q_{na} = 605.12 \times 6.22 \text{ m}^2 \times 14 = 52,694 \text{ Kcal/hr.}$$

Para la porción de la olla que está aislada tenemos:

$$Q_a = U \times A \times \Delta T$$

$$U = \frac{1}{L/K_{\text{cobre}} + L/K_{\text{fibra de vidrio}}}$$

$K_{\text{fibra de vidrio}} = 6.94 \text{ Kcal-cm/hr m}^2 \text{ °C}$

$$U = \frac{1}{0.16/32,434 + 5/6.94} = 1.3664 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$A = 23.88 \text{ m}^2 \text{ (80\% del \u00e1rea total)}$$

$$\Delta T = (94 - 40)^\circ\text{C} = 44^\circ\text{C}$$

$$Q_a = 1.3664 \times 23.88 \times 44 = 1,435 \text{ Kcal/hr.}$$

$$Q_3 = Q_{na} + Q_a = (52,694 + 1,435) \text{ Kcal/hr} = 54,129 \text{ Kcal/hr} \times 2.33 \text{ hr} =$$

$$Q_3 = 126,120 \text{ Kcal.}$$

$$Q_t = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 7,265,566 \text{ Kcal.}$$

e) Tanque de mosto caliente

El objetivo principal del tanque de mosto caliente es lograr una eficiente separaci\u00f3n del trub formado en la olla de cocimientos evitando su arrastre a fermentaci\u00f3n. En este tanque, se recibe el mosto de la olla en un tiempo mayor de 30 min., us\u00e1ndose para este paso tuber\u00edas de di\u00e1metro apropiado y de radios de curvatura amplios para evitar la disgregaci\u00f3n del trub. Si las condiciones de operaci\u00f3n lo permiten, se puede dejar reposar el mosto para lograr una mejor separaci\u00f3n.

Las caracter\u00edsticas principales del tanque de mosto caliente son:

- Forma cil\u00edndrica
- Entrada tangencial del mosto con un \u00e1ngulo de 20 a 30 grados.
- Velocidad de entrada del mosto de 15 a 20 m/seg.
- Merma de material menor de 0.25%.

~~DINA~~

-- No aislado, construido en material resistente al choque-térmico (de preferencia en acero inoxidable).

De aquí se manda al enfriador de mosto a una temperatura de 90°C.

Concentración del mosto:

$$\frac{5,732. \text{ Kg. de extracto}}{530 \text{ Hl.}} = 11.0249 \text{ Kg. Ext./Hl.}$$

que corresponde a una concentración 10.6°P.

f) Enfriador de mosto

El enfriado del mosto se lleva a cabo en un enfriador de placas, empleando como medio de enfriamiento, agua - tratada para uso en cervecería que es usada como agua de co ci m i e n t o. El agua pasa por un enfriador de amoniaco de don de sale a 2°C; el mosto entra a 90°C y sale a 11°C. El mos to sufre una contracción de volúmen por efecto del cambio - de temperatura, siendo éste de 4%, quedando entonces 500 - Hl.

Concentración del mosto:

$$\frac{5,732.6 \text{ Kg. de extracto}}{500 \text{ Hl.}} = 11.46519 \text{ Kg. de Ext./Hl.}$$

lo que corresponde a una concentración de 11°P.

Balance de energía en el enfriador.

Se considera que el agua de entrada al enfriador de amoniaco está a 25°C.

Temperatura de salida 2°C = temperatura de entrada al enfriador de mosto.

Relación de agua mosto = 1.3

Cantidad de mosto 500 Hl.

Cantidad de agua = $500 \text{ Hl} \times 1.3 = 650 \text{ Hl} = 65,000 \text{ Kg}$.

De acuerdo con los datos anteriores, calcularemos las toneladas de refrigeración necesarias para enfriar esta agua:

$$Q = m C_p \Delta T = 65,000 \text{ Kg} \cdot 1.0 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} \times (23^{\circ}\text{C}) = 1,495,000 \text{ Kcal}.$$

1 tonelada de refrigeración equivale a 3,024 Kcal; por lo tanto:

$$\frac{1,495,000}{3,024} = 494 \text{ toneladas de refrigeración/cocto.}$$

Para enfriar el mosto de 90 a 11°C necesitamos:

$$Q = m C_p \Delta T = 50,000 \text{ Kg} \times 0.89 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} \times 79^{\circ}\text{C} = 3,515,500 \text{ Kcal}.$$

Esta es la cantidad de calor que necesita levantar el agua del mosto caliente, en base a esto, calcularemos la temperatura de salida del agua del enfriador:

$$Q_{\text{H}_2\text{O}} = Q_{\text{mosto}} = 3,515,500 \text{ Kcal} = 65,000 \text{ Kg} \cdot 1.0 \text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C} \cdot (T_2 - 2^{\circ}\text{C})$$

de donde $T_2 = 56^{\circ}\text{C}$

Esta agua se aprovecha para los servicios en el cocedor, el macerador y el extractor.

g) Manejo de levadura

Se debe tener sumo cuidado en el manejo de levadura para evitar contaminaciones, con este propósito, se lava con una solución de dióxido de cloro buscando una concentración de 30 ppm de cloro libre; los recipientes que se usan deben estar perfectamente limpios y ser fabricados en acero inoxidable.

Debido a que la levadura que se recibe de los tanques de fermentación puede variar en su porcentaje de sólidos, debe analizarse antes de su uso y ajustar el volumen de levadura correspondiente.

A continuación describiremos la cantidad de levadura que se inyecta al mosto, que es la que ha demostrado resultados más satisfactorios en cuanto a pruebas de catado y análisis de los componentes de la cerveza terminada.

Se emplean 0.80 lt. de levadura con 15% de sólidos por Hl. de mosto frío, por lo que para un cocimiento de 500 Hl. se necesitan:

$$0.80 \times 500 = 400 \text{ lt. de levadura al } 15\%.$$

Esta cantidad corresponde a una población aproximada de 12×10^6 células de levadura por ml. de mosto.

h) Fermentación

Para lograr una fermentación normal, es necesario aerear el mosto a un nivel tal que no se alteren las condiciones normales responsables del metabolismo de las células de levadura. Por medio de ensayos realizados, se ha encontrado que un nivel de 8 a 12 ppm de oxígeno disuelto en mos

to es satisfactorio. Niveles del 30% de saturación de oxígeno dan buenos resultados en reproductividad de levaduras, en velocidad de fermentación y en contenido de células muertas al final de la fermentación, (ver fig. 3-3).

Generalmente, es más conveniente sobre-aerear el mosto para evitar los problemas que puede causar una aereación deficiente.

Los factores que influyen en la aereación del mosto son:

- Densidad del mosto; la alta densidad del mosto decrece la solubilidad del oxígeno.
- Temperatura del mosto; la solubilidad del oxígeno decrece con el incremento de la temperatura.
- Turbiedad del mosto; el aumento de turbiedad disminuye la solubilidad del oxígeno.
- Superficie de contacto entre el mosto y el aire; las burbujas de tamaño pequeño dan mayor área de contacto.

Se cuenta con equipo para manejar $0.1 \text{ m}^3/\text{min}$. a una presión de 3.15 Kg/cm^2 .

La curva de fermentación que se sigue ($^{\circ}\text{P}-^{\circ}\text{C}$ vs días) está diseñada para controlar la producción de alcoholes superiores y de diacetilo. Por pruebas efectuadas se ha encontrado que el control de la producción de alcoholes superiores se logra controlando la temperatura de arranque de la fermentación; como se observa en la fig. 3-3 la temperatura de fermentación máxima es de 16°C la cual se alcanza después de obtener el 55-60% de la atenuación final, con-

CURVA DE FERMENTACION PARA MOSTOS DE 11°P
(proceso convencional)

°P
Y
TEMP. °C

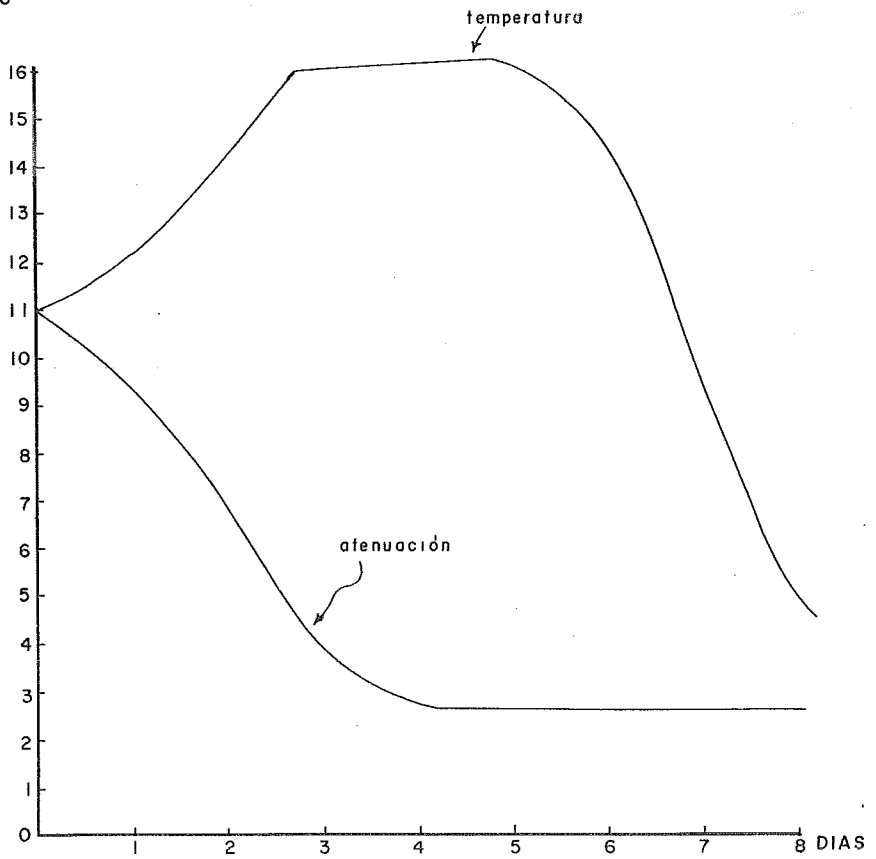
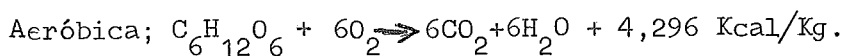


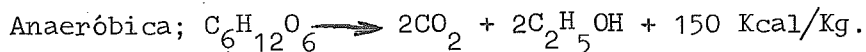
FIG. 3.3

cepto que se recomienda usar en procesos acelerados sin cambiar los componentes propios de la cerveza. La integración de °C-días de fermentación es de 107; este valor se considera suficiente para la reducción completa del diacetilo. Si guiendo estas condiciones de fermentación, la cerveza obtenida logrará se de calidad uniforme con una edad total de - 16-18 días.

→ Las reacciones principales de fermentación son:



La fermentación aeróbica representa el 2% de la - fermentación total.



— ~~Existe formación de~~ pequeñas cantidades de glicerina, ácido acético, ácido láctico, ésteres, aldehidos, ceto-nas, etc., también hay formación de ciertos compuestos de - azufre.

Actualmente se dispone de 39 tanques de fermenta-ción con una capacidad cada uno de 800 Hl., ocupándose para esta producción 33 de estos quedando 6 para maniobras de - limpieza, llenado, vaciado y mantenimiento. Los tanques estan construidos en acero al carbón y recubiertos interior-mente con una resina epóxica para evitar la corrosión de - las paredes, están equipados con un serpentín en la parte interior por donde circula la salmuera de glicol al 15% con - lo que se logra regular la temperatura del mosto durante la fermentación; también cuenta con un sistema de recuperación de gas carbónico para su tratamiento y uso posterior y con válvulas de seguridad y alivio para evitar problemas de so-brepresión.

→ Balance de materia en fermentación.

Aire inyectado: $0.015 \text{ m}^3/\text{min.}$, 20°C , 3.15 Kg./cm^2

Tiempo de inyección: 110 min.

Volúmen de mosto: 50,000 lt.

Volúmen total de aire inyectado = $0.015 \text{ m}^3/\text{min} \times 110 \text{ min} \times 1,000 \text{ lt/m}^3$

$1,650 \text{ lt de aire} \times 0.21 \text{ lt. de } \text{O}_2/\text{lt. de aire} = 346.5 \text{ lt de } \text{O}_2$

$$\frac{346.5}{50,000} = .00593 \text{ lt. de } \text{O}_2/\text{lt. de mosto.}$$

Para calcular la concentración de oxígeno inyectado al mosto en ppm, estimaremos la densidad del oxígeno a estas condiciones.

$$P V = n R T, \quad n = M/PM;$$

$$P V = M/PM R T, \quad M/V = P (PM)/R T = D$$

$$D = \frac{3.06 \text{ atm} \times 32 \text{ g./g.-mol}}{293 \text{ K} \times 0.082 \text{ lt-atm/g.-mol K}} = 4.075 \text{ g./lt.}$$

La concentración de aire en el mosto es:

$$0.00693 \text{ lt. de } \text{O}_2/\text{lt. de mosto} \times 4.075 \text{ g./lt.} = 0.02823 \text{ g.-de } \text{O}_2/\text{lt. mos.} = 28.23 \text{ ppm.}$$

Esta cantidad esta muy por arriba del valor de 8-12 ppm que se desea tenga el mosto, pero es aceptable ya que se desea tener la máxima seguridad de lograr el nivel de saturación; el oxígeno no disuelto se desprende a la atmosfera.

Producción de alcohol y gas carbónico.

De la ecuación de Gay-Lussac: $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2CO_2 + 2C_2H_5OH$

PM glucosa = 180

PM CO_2 = $44 \times 2 = 88$

PM alcohol = $46 \times 2 = 92$

1 Kg. de extracto (glucosa) produce: $88/180 = 0.49$ Kg. de CO_2 y $92/180 = 0.51$ Kg. de alcohol.

Partiendo de $11^\circ P$ de extracto original y terminando la fermentación a $2.8^\circ P$ tenemos:

$11^\circ P = 11.46519$ Kg. de extracto/Hl.

$2.8^\circ P = 2.82562$ Kg. de extracto/Hl.

Extracto fermentado = 8.63947 Kg./Hl.

Alcohol producido = 8.63947 Kg. de ext./Hl. $\times 0.51$ Kg. de alcohol/Kg. ext. = 4.4 Kg. de alcohol/Hl.

CO_2 producido = 8.63947 Kg. de ext./Hl. $\times 0.49$ Kg. de CO_2 /Kg de ext. = 4.233 Kg. de CO_2 /Hl.

Las cantidades de alcohol y gas carbónico producidos practicamente son menores que las arriba indicadas ya que no se toman en cuenta ciertos subproductos de la fermentación tales como glicerol, ésteres, cetonas, etc. En el caso del CO_2 , además, debe considerarse que el sistema de recuperación se conecta al tanque, 20 horas después de empezada la fermentación principiando la recolección a $9.9^\circ P$ y terminando a $3.2^\circ P$.

CO₂ producido prácticamente:

9.9°P 10.273527 Kg. ext./Hl.

3.2°P 3.234304 Kg. ext./Hl.

Extracto fermentado = 7.039223 Kg.

Practicamente se considera que por cada Kg. de extracto fermentado se producen 0.4 Kg. de CO₂.

7.039223 Kg de ext./Hl. x 0.4 Kg. CO₂/Kg. de ext. = 2.815 - Kg CO₂/Hl.

Producción de levadura en fermentación.

-- Cantidad de levadura que se usa para inocular mosto = 0.8 lt/Hl.

-- Volumen de llenado de tanques de fermentación = 800 Hl.

-- Levadura por tanque = 800 x 0.8 = 640 lt.
(toda la levadura se refiere al 15% de sólidos)

-- No. de veces que se obtiene la cantidad que se usa = 4 - veces.

-- Cantidad de levadura que se obtiene por tanque = 640 x 4 = 2,560 lt.

-- Levadura sobrante de fermentación = 2,560 - 640 = 1,920 - lt.

-- Células de levadura que deben pasar a reposo = 10 x 10⁶ - Cél/ml.

-- Volumen de cerveza que pasa a reposo = 80,000 + 640 - 2,560 = 78,080 lt.

-- Células de levadura que pasan a reposo:

$$\frac{78,080 \text{ lt}}{\text{tanque}} \times \frac{1 \times 10^3 \text{ ml}}{\text{lt.}} \times \frac{1 \times 10^7 \text{ cel}}{\text{ml.}} = 7.808 \times 10^{14} \text{ cél./tanque}$$

-- Células contenidas en un ml. de levadura al 15%:

$$1,6 \times 10^9 \text{ cél./ml. de lev.}$$

-- Volúmen de levadura que pasa de fermentación a reposo:

$$\frac{7.808 \times 10^{14} \text{ cél./tanque}}{1.6 \times 10^9 \text{ cél./ml. lev.}} = 4.88 \times 10^5 \text{ ml/tanque} = 488 \text{ lt./tanque}$$

-- Levadura aprovechable en fermentación:

$$\frac{2,560 - 640 - 488}{800} = 1.79 \text{ litros/Hl.}$$

Balance de energía en fermentación.

1 Kg. de extracto fermentado produce teóricamente 150 Kcal, por las pérdidas de calor al eliminar el CO_2 , se considera un valor práctico de 134 Kcal/Kg de extracto fermentado, en tonces:

$$Q_f = 8.63947 \text{ Kg. de ext/Hl.} \times 134 \text{ Kcal/Kg. de ext.} = 1,157.7 \text{ Kcal/Hl.}$$

Calor de fermentación aprovechado para elevar la temperatura de 11 a 16°C.

$$Q_a = 100 \text{ Kg/Hl} \times 0.92 \text{ Kcal/Kg. } ^\circ\text{C} \times 5^\circ\text{C} = 460 \text{ Kcal/Hl.}$$

Calor necesario para bajar la temperatura de 16 a 5°C:

$$Q_b = 100 \text{ Kg/Hl} \times 0.92 \text{ Kcal/Kg} \cdot ^\circ\text{C} \times 11^\circ\text{C} = 1,012 \text{ Kcal/Hl}.$$

Refrigeración necesaria para el ciclo de fermentación:

$$Q_r = Q_f + Q_b - Q_a = 1,709.7 \text{ Kcal/Hl} \times 500 \text{ Hl} = 854,850 \text{ Kcal/cocto.}$$

$$\frac{854,580}{3,024} = 282.7 \text{ toneladas de refrigeración/cocto.}$$

i) Reposo

El reposo sirve para la maduración de la cerveza y para la floculación de la levadura que pasa de fermentación. Esto último se logra en forma más acelerada por la acción - de aditivos tales como el TU-160, el cual tiene la particularidad de inactivar las células de levadura, haciéndolas - flocular y de evitar el enturbiamiento en frío formando gru mos de levadura y proteínas y precipitándolos. De los 10×10^6 células de levadura/ml. de cerveza que pasan de fermentación a reposo, sólo quedan al final 1.5×10^6 células/ml.; lo anterior, desde luego, se ve muy favorecido por la tempe ratura que guarda la cerveza durante su reposo, la cual es- de -1 a 0°C .

Los tanques de reposo están diseñados de tal forma que toda la levadura que se precipite en el fondo, se reten ga por medio de una pichancha y evitar un arrastre de sólidos a la filtración. Para evitar el aire que pueda absor-- ber la cerveza y para eliminar la retención de componentes- volátiles, se somete a un lavado con gas carbónico, el cual se inyecta a la entrada de reposo. Aquí se agregan reactivos antioxidantes tales como el eritorbato de sodio y el bi sulfito de sodio.

Se considera una práctica normal, catar la cerveza en reposo para detectar cualquier desviación en sabor o aroma y tomar las medidas correctivas necesarias.

Refrigeración necesaria para enfriar la cerveza de 5 a 0°C y mantener la cerveza a esta última temperatura en reposo.

$$Q = 100 \text{ Kg/Hl.} \times 0.92 \text{ Kcal/Kg.}^\circ\text{C} \times 5^\circ\text{C} = 460 \text{ Kcal/Hl.}$$

Se considera normalmente que la cantidad calor absorbido durante reposo representa 80 Kcal/Hl. entonces:

$$Q_r = 460 + 80 = 540 \text{ Kcal/Hl.} \times 500 \text{ Hl.} = 270,000 \text{ Kcal/cocto.}$$

$$\frac{270,000}{3,024} = 89.28 \text{ toneladas de refrigeración.}$$

j) Filtración

La operación de filtración se lleva a cabo en un filtro a presión que emplea como medio de filtración mallas finas de acero inoxidable las cuales sirven como soporte a una delgada película de precapa (fibra de asbesto) que se forma mediante una circulación de suspensión de cerveza y fibra de asbesto. Se considera que esta precapa está bien formada cuando a la salida del filtro, la cerveza presenta una turbiedad de 35° ASBC.

Debido a que la levadura es un sólido compresible, y para evitar el taponamiento de los orificios de la precapa, se le agregan a la cerveza antes de su filtración tierras diatomáceas que son muy resistentes a la compresión; la dosificación y el grado de partícula de estas tierras, -

está en relación directa a la cantidad de sólidos por separar y a la claridad deseada. La filtración se detiene cuando el nivel de flujo de cerveza filtrada es tan pequeño que resulta antieconómica proseguirla; esto se controla por la presión de operación del filtro.

También se le dosifica a la cerveza, en esta etapa, carbón activado para separar los compuestos de azufre y los ésteres, reactivos antioxidantes y colorante. Aquí se enfría la cerveza de aproximadamente 4 a -1°C para favorecer la filtración.

Actualmente se cuenta con una superficie de filtración de 40 m^2 que puede filtrar 180 Hl/hr.

Refrigeración necesaria en filtración.

$$Q = 100 \text{ Kg./Hl} \times 0.92 \text{ Kcal/Kg.}^{\circ}\text{C} \times 5^{\circ}\text{C} = 460 \text{ Kcal/Jl.} \times 500$$

$$\text{Hl} = 230,000 \text{ Kcal/cocto}$$

$$\frac{230,000}{3,024} = 76 \text{ Toneladas de refrigeración/cocto.}$$

h) Terminación

Actualmente se cuenta con una capacidad en bodegas de terminación de 7.500 Hl. distribuidos en 22 tanques. Estos tanques tienen un sistema de seguridad (tapones perlick) con el fin de evitar riesgos de deformaciones por sobrepresión; se mantienen a presión de 1 Kg/cm^2 para favorecer la retención del CO_2 inyectado, la presión se conserva hasta que se manda la cerveza a envasado.

Estos tanques están aforados para propósitos fiscales y para auxilio de los inspectores.

Se considera que la cantidad de calor absorbido - por la cerveza en terminación representa 50 Kcal/Hl, entonces:

$$50 \text{ Kcal/Hl} \times 500 \text{ Hl.} = 25,000 \text{ Kcal/cocto.}$$

$$\frac{25,000}{3,024} = 8.26 \text{ toneladas de refrigeración}$$

Las características principales de la cerveza terminada las resumimos en la tabla 3-1 anexa.

TABLA 3-1

CARACTERISTICAS DE LA CERVEZA TERMINADA

Turbidez, (grados ASBC)	50
Valor de la espuma, (método Sigma)	110
Color, en grados Lovibond, celda de 1.25 cm.	3.5 ± 0.25
Diacetilo, en mg/lt.	0.20
Dióxido de azufre (total), en mg/lt.	10.00
Sulfuro de hidrógeno, en mg/lt.	0.005
Grados de amargor, en UA	18.0 ± 1.5
Alcohol en peso, %	3.50 ± 0.10
Extracto real %	4.15 ± 0.20
Extracto original, %	11.00 ± 0.20
Extracto aparente, %	2.50 ± 0.20
Azúcares reductores como maltosa, %	1.15 ± 0.20
Acidez total como ácido láctico, %	0.14 ± 0.02
Valor del pH	4.25 ± 0.15
Proteínas, %	0.28 ± 0.03
Reacción al yodo	Negativa
Fierro, en mg/lt.	0.20
Calcio, en mg/lt.	70 ± 10
Sodio, en mgl/lt.	85 ± 10
Dióxido de carbono en peso, %	0.49 ± 0.03
Aire, c.c./lt.	2.1

3-2 Elaboración de cerveza con mostos concentrados.

3-2.1 Objétivo de producción.

Se producirán cocimientos de 500 Hl. de cerveza de 14.5°P de extracto original, diluyéndola después con agua - deaerada y carbonatada hasta una concentración de 11°P.

3-2.2 Balances de materia y energía según las condiciones de operación en cada una de las etapas del proceso.

En esta parte, igual que en el sistema convencional, describiremos las diferentes etapas del proceso y estableceremos las condiciones de operación efectuando los balances de materia y energía; donde sean similares al proceso convencional lo indicaremos así.

Estableceremos, primeramente, las cantidades de materia prima que se van a utilizar, siguiendo su tratamiento, el de aditivos y servicios a través de las siguientes - etapas o equipos de proceso:

- a) Cocedor
- b) Macerador
- c) Extractor
- d) Olla
- e) Tanque de mosto caliente
- f) Enfriador de mosto
- g) Manejo de levadura
- h) Fermentación
- i) Reposo
- j) Mezcla de agua-cerveza
- k) Filtración
- l) Terminación

Se van a producir 500 Hl. de cerveza con una concentración de 14.5°P.

$$^{\circ}\text{P} \times \text{Pe} = \text{Kg. ext./Hl.}$$

$$14.5^{\circ}\text{P} \times 1.05898 = 15.35521 \text{ Kg. de ext./Hl} \times 500 \text{ Hl.} = 7,677.6 \text{ Kg. ext.}$$

La proporción de materiales en el mosto será:

35% proveniente de malta
 20% " " cebada
 45% " " fino real.

Extracto base húmeda:

Malte 72.5%
 Cebada 62.0%
 Fino real 77.0%

Considerando una merma total de extracto de 10% tenemos:

$$\frac{7,677.6}{0.9} = 8,530.66 \text{ Kg. de extracto/cocto.}$$

Malta necesaria:

$$\frac{8,530.66 \times 0.35}{0.725} = 4,118 \text{ Kg.}$$

Cebada necesaria:

$$\frac{8,530.66 \times 0.2}{0.62} = 2,752 \text{ Kg.}$$

DIAGRAMA DE ELABORACION DE CERVEZA

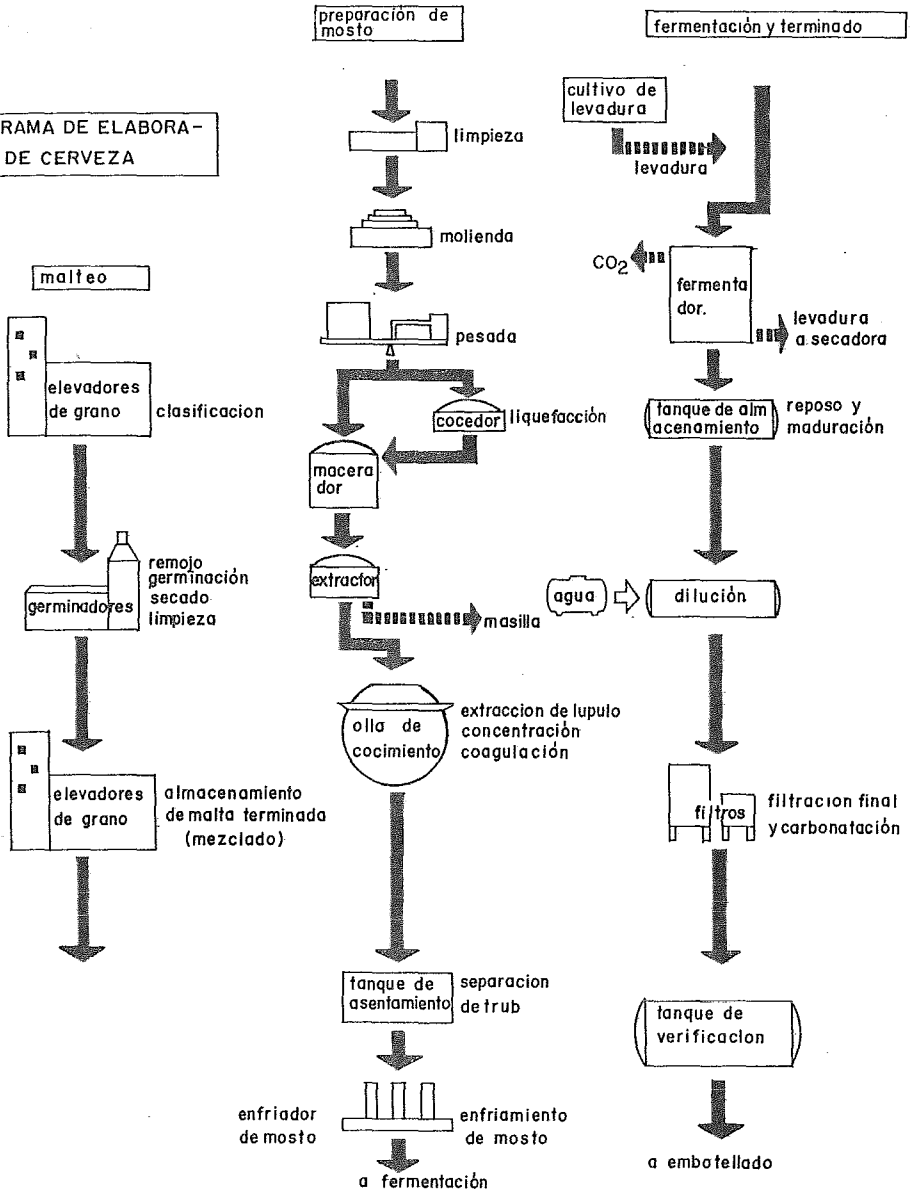


FIG. 3.4 DIAGRAMA DE FLUJO PARA ELABORACION DE CERVEZA DE MOSTO CONCENTRADO

Fino real necesario:

$$\frac{8.530.66 \times 0.45}{0.77} = 4,985 \text{ Kg.}$$

a) Cocedor

En el cocedor se coloca unicamente el fino real y el agua necesaria. Aquí la variante principal es que se usa la enzima comercial KINASA-HT que presenta un espectro de acción correspondiente al de la α amilasa, esto debido a la alta relación de adjuntos-malta que se usa en el proceso ya que las enzimas de la malta serán insuficientes. La curva de cocción sufre una modificación, ya que por no tener proteínas que desdoblar (de la malta) se elimina este paso; ahora se empieza el ciclo a 60°C, se sube la temperatura a 80°C y se le da un reposo de 15 min. y seguidamente se pone la mezcla a ebullición.

La concentración de iones calcio se eleva a 125 ppm y el pH del agua debe aumentarse a 8.

Balance de materia en el cocedor:

Fino real: 4,985 Kg.

Agua: Se consideran 4.25 Hl. de agua por cada 100 Kg. de material.

$$\frac{4.25 \text{ Hl. de agua}}{100 \text{ Kg.}} \times 4,985 \text{ Kg.} = 211.9 \text{ Hl de agua.}$$

Volúmen necesario en cocedor: 211.9 + 49.85 = 261.75 Hl.

El cocedor existente es adecuado para manejar este volumen ya que tiene una capacidad de 270 Hl.

La KINASA-HT se agrega a razón de 0.5 g./Kg. de fino real:

$$\text{KINASA-HT} = 0.5 \times 4,985 = 2.492 \text{ Kg./cocto.}$$

Balace de energía en el cocedor:

$$Q = m_1 C_p (T_3 - T_1) + M_2$$

$$m_1 = 26,175 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 0.05m_1 = 1,309 \text{ Kg.}$$

$$T_3 = 94^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 60^\circ\text{C}$$

$$C_p = 0.9 \text{ Kcal/Kg. }^\circ\text{C}$$

$$A = 26,175 \times 0.9 \times 34 + 1,309 \times 538 = 1,408,484 \text{ Kcal/cocto.}$$

b) Macerador

En el macerador se colocan la malta y la cebada y el agua necesaria; aquí la variante es que se usa la enzima comercial BREW (N) Zime que contiene, principalmente, proteasa y amilasa, las cuales forman aminoácidos y dextrinas. Debido a la alta estabilidad térmica de esta enzima comercial, se logran licuar los almidones insolubles del grano de cebada.

Los materiales se someten inicialmente a una temperatura de 35°C para lograr la solubilización del grano de cebada, después a 50°C para permitir la peptonización y la formación de aminoácidos; una vez logrado esto, se agrega -

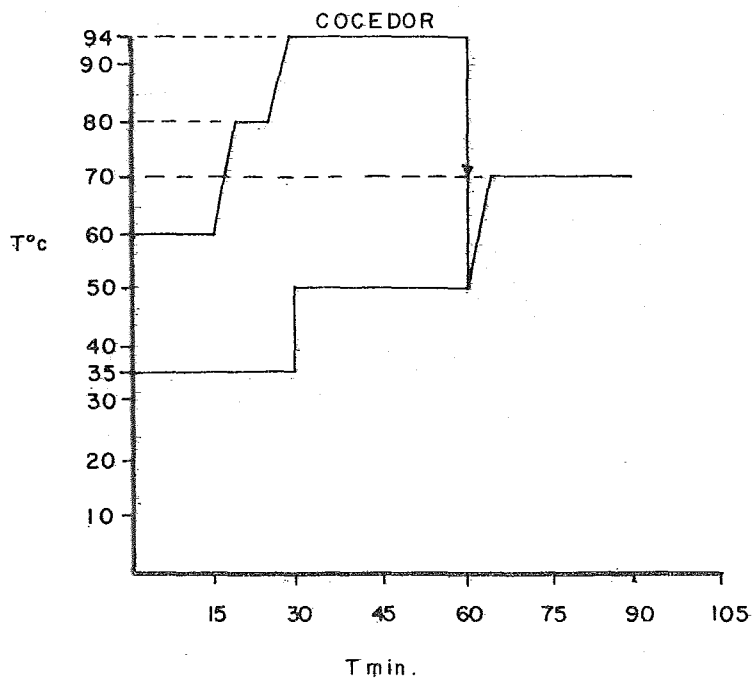


FIG. 3.5 CICLO DE COCCION Y MACERACION PARA MOSTOS CONCENTRADOS

al macerado el material del cocedor, estabilizándose la mezcla a 68-72°C para permitir la acción de la α amilasa, posteriormente se eleva la temperatura de la mezcla a 76°C para inactivar la acción de las enzimas.

Balance de materia en el macerador:

Malta: 4,118 Kg.

Cebada: 2,752 Kg.

Agua: Se usa agua a razón de 3.5 Hl./100 Kg. de material.

Agua: 3.5 Hl/100 Kg x 6,870 Kg = 240.45 Hl.

Volúmen total de la mezcla en el macerador:

240.45 + 68.7 + 261.75 (cocedor) = 570.9 Hl.

Se deberá adquirir un nuevo macerador capaz de manejar este volúmen, ya que el existente es insuficiente (360 Hl).

Enzima BREW (N) ZIME; ésta se usa a razón de 1 g./Kg. de cebada.

BNZ = 1 g./Kg. de cebada x 2,752 Kg. de cebada = 2.752 Kg.

Balance de energía en el macerador:

$$Q = m_1 C_p (T_2 - T_1) + m_2 C_p (T_4 - T_3)$$

$$m_1 = 30,915 \text{ Kg.}$$

$$m_2 = 57,090 \text{ Kg.}$$

$$T_1 = 35^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 50^\circ\text{C}$$

$$T_3 = 70^\circ\text{C}$$

$$T_4 = 76^\circ\text{C}$$

$$Q = (30,915 \times 0.9 \times 15) + (57,090 \times 0.9 \times 6) = 725.638 \text{ Kcal/cocto.}$$

c) Extractor

La extracción se lleva a cabo similarmente al proceso convencional, únicamente que se debe considerar que - las mermas de extracto serán mayores ya que no se dispone - del tiempo necesario para lavar la masilla hasta niveles de recuperación máxima y consideraremos una pérdida de extracto del 10% en vez del 4% en el proceso convencional. Existen maneras de recuperar este extracto y recircularlo al cocedor en forma de agua de cocimiento, pero no las consideraremos en este trabajo.

Balance de materia en el extractor.

Carga total de material: 57,090 Kg.

Extracto total: 8,530.66 Kg.

Calcularemos el volúmen de masilla:

Malta = 4,118 Kg. x 1.88 lt. masilla/Kg. de malta = 7,741.84
lt.

Fino real = 4,985 Kg. x 0.93 lt. masilla/Kg. de Fino real -
14,636.05 lt.

Cebada = 2,752 Kg. x 2.0 lt. masilla/Kg. de cebada 5,504 -
lt.

Total de masilla = 17.88 m³

Volumen del primer mosto = 570.9 Hl - 178.8 Hl. = 392 Hl.

Extracto en el primer mosto: Consideraremos una concentra--
ción del primer mosto de 16°P, cuyo peso específico es -
1.06291:

V x Pe x °P = 392.1 x 1.06291 x 16 = 6,668.27 Kg.

Extracto a recuperar en la masilla:

8,530.66 - (8,530.66 x 0.1) - 6,668.27 = 1,009.32 Kg.

Agua: el agua que se usa para lavado de masilla es:

560 (V olla) + 63 (agua ev.) - 392.1 (1er. mosto) = 230.9 -
Hl.

Relación de agua por Kg. de extracto a recuperar:

$\frac{23,090 \text{ lt}}{1,009.32} = 22.87 \text{ lt. de agua/Kg. de extracto}$

Que es una relación aceptable.

Espesor de la cama filtrante.

$H = \frac{\text{volúmen de masilla}}{\text{Area de filtración}} = \frac{17.88 \text{ m}^2}{28.27 \text{ m}^2} = 0.63 \text{ m}$

Se considera, para una buena extracción, un espe--
sor de la cama filtrante de 30 a 40 cm., por lo que se debe

cambiar el extractor para manejar este volumen de masilla;-
calcularemos el diámetro necesario para el nuevo extractor:

$$A = \frac{V}{H} = \frac{17.88 \text{ m}^2}{0.305 \text{ m}} = 58.63 \text{ m}^2 = \frac{D^2}{4}$$

$$D = \frac{4 \times 58.63}{} = 8.63 \text{ m}$$

Debe seleccionarse un extractor de 8.5 a 9.0 m de diámetro, el cual nos dé un tiempo de operación máximo de - 3 horas hasta el desalojo de la masilla y preparación del - extractor para recibir el siguiente cocimiento.

d) Olla

En la olla se sigue exactamente el mismo procedi--
miento que en el proceso convencional, unicamente que la do
sificación de lúpulo y reactivos debe hacerse teniendo en -
mente el volumen de cerveza ya diluida. También baja la -
eficiencia de extracción de los componentes amargantes del-
lúpulo.

Balance de materia en la olla.

Extracto = 7,677.6 Kg.

Concentración del mosto:

cuando la olla está llena: $\frac{7,677.6 \text{ Kg. ext.}}{560 \text{ Hl.}} = 13.71 \text{ Kg. ext. /Hl.}$

que corresponde a una concentración de: 13.05°P

Al evaporarse 20 Hl. la concentración es:

$$\frac{7,677.6 \text{ Kg. de ext.}}{540 \text{ Hl.}} = 14.21 \text{ Kg. ext./Hl.}$$

que corresponde a una concentración de 13.5°P

Agua: el agua que entra a la olla representa el volúmen total del agua que se usa para lavado de masilla: 230.9 Hl.

Agua evaporada: 103 Hl.

Lúpulo

El lúpulo se dosifica para obtener $31^+ 1.5$ unidades de amargo en el mosto, que al ser fermentado y diluida la cerveza se obtenga en ésta $18^+ 1.5$ unidades de amargo; - la eficiencia en la extracción de los compuestos amargantes del lúpulo es de 45%, la concentración de ácidos α en la olla debe ser:

$$\frac{31}{0.45} = 68.9 \text{ ppm, para 500 Hl. se necesitan 3.445 Kg. de ácidos}$$

al igual que en el proceso convencional se disponen de dos clases de lúpulo:

Lúpulo concentrado, 43% de ácido

Lúpulo normal o gránulos 4.3% de ácidos

Se utilizan el 75% de ácidos necesarios de lúpulo-concentrado y el resto de lúpulo en gránulos, entonces:

$$\frac{3.445 \times 0.75}{0.43} = 6.0 \text{ Kg. de lúpulo concentrado}$$

$$\frac{3.445 \times 0.25}{0.043} = 20.0 \text{ Kg. de lúpulo en gránulos}$$

Balance de energía en la olla:

Es el mismo balance que para el proceso convencional.

$$Q = 7,265,566 \text{ Kcal/cocto.}$$

e) Tanque de mosto caliente

El tanque de mosto caliente tiene las mismas características que en el proceso convencional:

$$\text{Concentración de mosto: } \frac{7,677.6 \text{ Kg. de ext.}}{520 \text{ Hl.}} = 14.74 \text{ Kg.ext./Hl.}$$

que corresponde a una concentración de 13.98 °P.

f) Enfriador de mosto:

El enfriador de mosto es el mismo que el usado para el proceso convencional, la temperatura de salida del mosto es de 10 °C.

Concentración de mosto:

$$\frac{7,677.6 \text{ Kg. ext.}}{500 \text{ Hl.}} = 15.355 \text{ Kg. de ext./H.}$$

que corresponde a una concentración de 14.5 °P

Balance de energía en el enfriador.

Las toneladas de refrigeración necesarias para enfriar el agua son las mismas que para el proceso convencional: 494 T. ref./cocto.

Para enfriar el mosto de 90 a 10°C necesitamos:

$$Q = 50,000 \text{ Kg.} \times 0.9 \text{ Kcal/Kg.}^\circ\text{C} \times 80^\circ\text{C} = 3,600,000 \text{ Kcal.}$$

En base a esto la temperatura de salida del agua del enfriador será:

$$T_2 = 57.3^\circ\text{C.}$$

g) Manejo de levadura

El manejo de levadura se hace similarmente que en sistema de mostos convencionales.

En este caso se emplean 1.0 lt. de levadura con 15% de sólidos por Hl. de mosto frío, por lo que para 500 - Hl. se necesitan:

$$1.0 \times 500 = 500 \text{ lt. de levadura al 15\%}$$

h) Fermentación

Para lograr una buena fermentación, es necesario, en mosto concentrado aerear el mosto profundamente desde la salida del enfriador, ya que la solubilidad del oxígeno disminuye con la concentración del mosto.

La temperatura de inicio de la fermentación es de $10^{\circ}\text{C}.$; y la curva de fermentación que se sigue es la que ha demostrado la obtención de cervezas de mejor calidad sin desviaciones en aroma y sabor, la cantidad de levadura que se usa es potencialmente mayor para asegurar la correcta fermentación. El proceso de fermentación tiene un tiempo de duración de 8 días, (ver fig. 3-6).

Se dispone del mismo número de tanques de fermentación pero utilizados más eficientemente.

Balance de materia en fermentación:

Partiendo de 14.5°P de extracto original y terminando la fermentación a 3.4°P tenemos:

$$14.5^{\circ}\text{P} = 15.35521 \text{ Kg. ext./Hl.}$$

$$3.4^{\circ}\text{P} = 3.4452888 \text{ Kg. ext./Hl.}$$

$$\text{Extracto fermentado: } 11.909922 \text{ Kg. ext./Hl.}$$

$$\text{Alcohol producido} = 11.909922 \text{ Kg. ext./Hl.} \times 0.51 \text{ Kg. alcohol/Kg. ext.} = 6.07 \text{ Kg. de alcohol/Hl.}$$

$$\text{CO}_2 \text{ producido} = 11.909922 \text{ Kg. ext./Hl.} \times 0.49 \text{ Kg. de CO}_2 \text{/Kg. ext.} = 5.83 \text{ Kg. de CO}_2 \text{/Hl.}$$

Si la recolección de CO_2 empieza a 13.0°P y termina a $3,6^{\circ}\text{P}$ y consideramos un valor práctico de $0.4 \text{ Kg. de CO}_2 \text{/Kg. de ext.}$ calcularemos la cantidad de CO_2 producido prácticamente:

$$13.0^{\circ}\text{P} = 13.65871 \text{ Kg. ext./Hl.}$$

$$3.6^{\circ}\text{P} = 3.650796 \text{ Kg. ext./Hl.}$$

CURVA DE FERMENTACION PARA MOSTOS DE 14,5° P
(proceso de mostos concentrados)

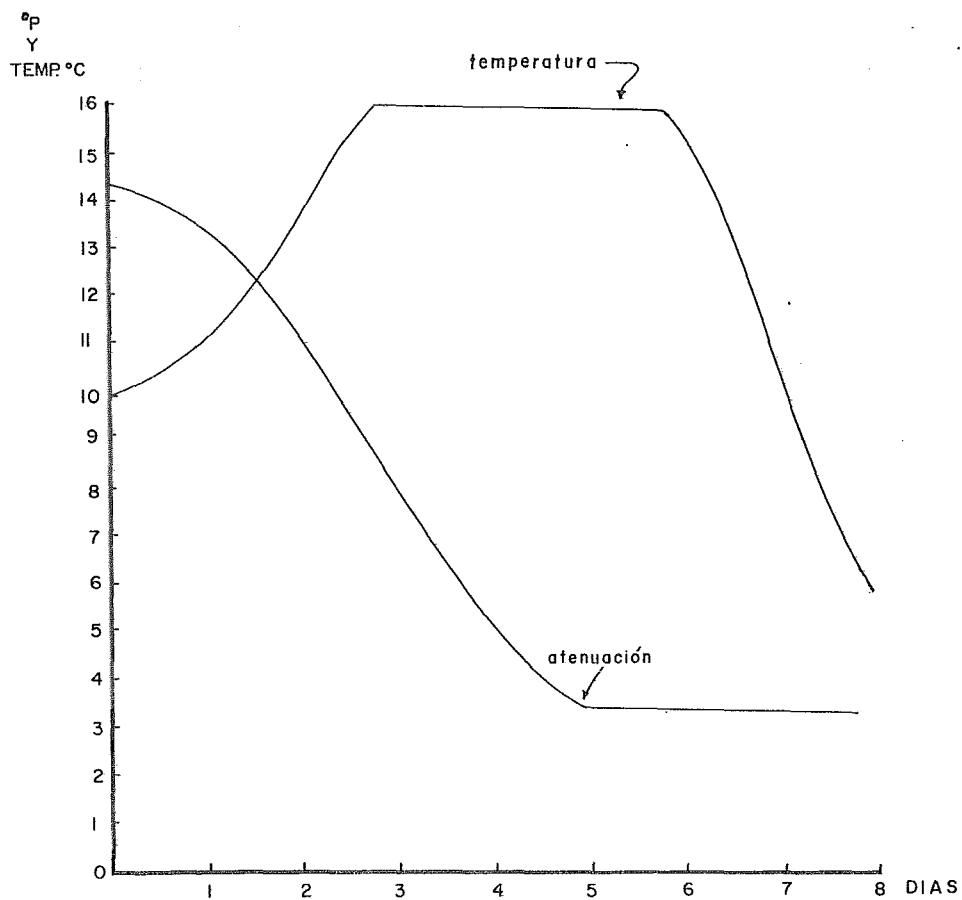


FIG. 3.6

Extracto fermentado = 10.007914 Kg./Hl.

$10.007914 \times 0.4 = 4.0031$ Kg. de CO_2 /Hl.

Balance de energía en fermentación.

$Q_f = 11.909922 \times 134$ Kcal/Kg. de ext. = 1,596 Kcal/Hl.

Calor de fermentación aprovechado para elevar la temperatura de 10 a 16°C.

$Q_a = 100$ Kg./Hl. $\times 0.93$ Kcal/Kg.°C $\times 6^\circ\text{C} = 558$ Kcal/Hl.

Calor necesario para bajar la temperatura de 16 a 6°C.

$Q_b = 100$ Kg./Hl. $\times 0.93$ Kcal/Kg. °C $\times 10^\circ\text{C} = 930$ Kcal/Hl.

Refrigeración necesaria para el ciclo de fermentación:

$Q_f + Q_b - Q_a = 1,968$ Kcal/Hl. $\times 500$ Hl. = 984,000 Kcal/cocto.

$\frac{984,000}{3,024} = 325.4$ toneladas de refrigeración/cocto.

Producción de levadura en fermentación

La producción de levadura representa aprox. 1.333-veces la producida en el sistema convencional, o sea:

$1.79 \times 1.333 = 2.39$ lt./Hl.

i) Reposo

El reposo se lleva a cabo igualmente que en el pro

ceso convencional, únicamente hay que dosificar los reactivos necesarios tomando en cuenta el volumen de cerveza diluida y cuidar al máximo las mermas de cerveza ya que al ser cerveza concentrada, las pérdidas son potencialmente mayores.

Las necesidades de refrigeración en reposo, son prácticamente las mismas que para el proceso convencional, o sea, 89.28 ton. de ref.

j) Mezcla de agua-cerveza

El agua usada para la dilución debe ser tratada para la elaboración de cerveza, con un nivel de aire disuelto menor de 1.0 ppm, con un contenido de CO₂ igual o mayor que el de la cerveza concentrada y a una temperatura de 2°C. El agua deaerada se debe almacenar y conservar a contrapresión de CO₂ con el fin de evitar que se introduzca aire al agua.

Balance de materia en mezclador.

Partiendo de la base de producir 500 Hl. de cerveza concentrada por cocimiento, calcularemos el agua necesaria para producir cerveza diluida tomando en cuenta el ritmo de trabajo de envasado.

Factor de dilución:

$$\frac{14.5 \text{ P} \times 1.05898}{11^\circ \text{ P} \times 1.04229} = 1.339$$

Cerveza diluida: 500 Hl. x 1.339 = 669.5 Hl./cocto.

Flujo mínimo: 32.0 Hl./hr.

Flujo máximo: 320.0 Hl./hr.

Diámetro de la línea: 0.038 m.

El equipo de deaereación y carbonatación de agua - debe cumplir, también estos requerimientos de capacidad.

k) Filtración

El proceso de filtración se lleva a cabo igualmente que en el sistema de mostos convencionales, teniendo especial cuidado en la adición de colorante, ya que se disminuye considerablemente el color de la cerveza al hacer la dilución con agua.

l) Terminación

La terminación de la cerveza se lleva en forma normal, teniendo en cuenta que es un volumen mayor.

Se estima, también, que la cantidad de calor absorbido por la cerveza, representa 50 Kcal/Hl.

$$50 \text{ Kcal/Hl.} \times 669.6 \text{ Hl./cocto.} = 33,475 \text{ Kcal/cocto.}$$

$$\frac{33,475}{3,024} = \text{toneladas de refrigeración/cocto.}$$

Cerveza terminada: se considera una merma de cerveza de 2.5% desde reposo a terminación:

$$669.5 \times 0.975 = 652.75 \text{ Hl/cocto} \times 225 \text{ coctos/mes} = \underline{\underline{146,868 \text{ Hl./mes}}}$$

CAPITULO 4. COSTOS

- 4-1 Costos actuales de producción
- 4-2 Costos de producción aplicando -
el sistema de costos concentra--
dos.
- 4-3 Comparación de costos y amortización
del equipo.

4-1 Costos actuales de producción

Aquí calcularemos el costo por hectólitro de cerveza producida tanto de materias primas, como de reactivos, - servicios y mano de obra para elaboración de cerveza de 11- grados Plato.

a.- Materias primas:

Malta: $9.046 \text{ Kg/Hl} \times 4.885 \text{ \$/Kg} = 44.19 \text{ \$/Hl.}$

Fino Real: $6.968 \text{ Kg/Hl} \times 2.782 \text{ \$/Kg} = 19.38 \text{ \$/Hl.}$

Lúpulo Concentrado: $0.007836 \text{ Kg/Hl} \times 475.66 \text{ \$/Kg} = 2.94 \text{ \$/Hl}$

Lúpulo en gránulos: $0.033586 \text{ Kg/Hl} \times 63.92 \text{ \$/Kg} = 2.15 \text{ \$/Hl}$

Agua tratada para Elaboración:

Agua cruda: $1.3 \text{ Hl de Agua/Hl mosto} \times 1.15 \text{ \$/Hl agua-cruda} = 1.495 \text{ \$/Hl.}$

Tratamiento: $0.787 \text{ \$/Hl mosto.}$

Costo total: $0.787 + 1.495 = 2.282 \text{ \$/Hl.}$

Costo total de materias primas: $70.942 \text{ \$/Hl.}$

b.- Reactivos:

Sulfato de Calcio: $0.02262 \text{ Kg/Hl} \times 25.00 \text{ \$/Kg} = 0.565 \text{ \$/Hl.}$

Formaldehido: $0.00351 \text{ Kg/Hl} \times 8.69 \text{ \$/Kg} = 0.30 \text{ \$/Hl.}$

Sulfato de zinc: $0.0002 \text{ Kg/Hl} \times 16.50 \text{ \$/Kg} = 0.003 \text{ \$/Hl.}$

Estabilizador Enzimático (TU-160): $0.0005 \text{ Kg/Hl} \times 423.526 -$
 $\text{\$/Kg} = 0.211 \text{ \$/Hl.}$

Eritorbato de Sodio: $0.002 \text{ Kg/Hl} \times 131.56 \text{ \$/Kg} = 0.263 \text{ \$/Hl.}$

Bisulfito de Sodio: $0.001625 \text{ Kg/Hl} \times 16.50 \text{ \$/Kg} = 0.027 \text{ \$/Hl.}$

Colorante: $0.0077 \text{ Kg/Hl} \times 9.735 \text{ \$/Kg} = 0.075 \text{ \$/Hl}$.

Tierras Filtrantes:

Fibra Flo-5B: $0.034 \text{ Kg/Hl} \times 8.05 \text{ \$/Kg} = 0.273 \text{ \$/Hl}$.

Hyflo-Super Cel: $0.090 \text{ Kg/Hl} \times 4.76 \text{ \$/Kg} = 0.428 \text{ \$/Hl}$.

Carbón activado: $0.020 \text{ Kg/Hl} \times 19.30 \text{ \$/Kg} = 0.386 \text{ \$/Hl}$.

Costo total de Reactivos: $2.261 \text{ \$/Hl}$.

c.- Servicios:

Vapor: Consumo en Coededor: $1,061,540 \text{ Kcal./cocto.}$

" " Macerador: $559,115$ "

" " Olla: $7'265,566$ "

" Total: $8'886,221$ "

Consumo de Kcal/Hl = $17,772.44 \text{ Kcal./Hl}$.

Costo del vapor: $0.14 \text{ \$/1000.00 Kcal}$.

Costo de vapor/Hl: $17,772.44 \text{ Kcal/Hl} \times 0.14 \text{ \$/1000.00 Kcal}$
 $= 2.49 \text{ \$/Hl}$.

Costo de energía para motores:

Caballaje total: $375 \text{ HP} + 10\% = 412.5 \text{ HP}$

$412.5 \text{ HP}/500 \text{ Hl} = 0.825 \text{ HP/Hl}$

$0.825 \text{ HP/Hl} \times 0.76 \text{ Kw-hr/HP} = 0.627 \text{ Kw-hr/Hl}$.

$0.627 \text{ Kw-hr/Hl} \times 0.25 \text{ \$/Kw-hr} = 0.156 \text{ \$/Hl}$.

Costo de refrigeración:

Consumo total de toneladas de refrigeración por Hl. =
 1.900 T.R./Hl .

Si consideramos que se necesitan en promedio 2.5 HP/
T.R. tenemos que:

$$1.900 \text{ T.R./Hl} \times 2.5 \text{ HP/T.R.} = 4.75 \text{ HP/Hl.}$$

$$4.75 \text{ HP/Hl} \times 0.76 \text{ Kw-hr/HP} = 3.61 \text{ Kw-hr/Hl.}$$

$$\text{Costo de refrigeración: } 3.61 \text{ Kw-hr/Hl} \times 0.25 \text{ \$/Kw-hr} = \\ 0.902 \text{ \$/Hl.}$$

$$\text{Costo de agua para limpieza y usos varios: } 2.25 \text{ Hl agua/Hl-} \\ \times 1.15 \text{ \$/Hl agua} = 2.587 \text{ \$/Hl.}$$

$$\text{Costo de mantenimiento: } 1.10 \text{ \$/Hl de mosto.}$$

$$\text{Costo de artículos de limpieza: } 2.05 \text{ \$/Hl de mosto}$$

$$\text{Total costo de Servicios: } 9.285 \text{ \$/Hl.}$$

d.- Mano de obra.

Número de operarios = 34 por día

$$\text{Costo de mano de obra por día normal} = 21,045.20 \text{ \$/día normal}$$

$$\text{" " " " " " " Tiempo extra y domingos} = 35,965.00 \\ \text{\$/t.e.}$$

Días normales por mes 26

Domingos al mes 4

$$\text{Costo de mano de obra por día normal/mes} = 547,175.20 \text{ \$/mes}$$

$$\text{" " " " " " " Domingos/mes} = 143,860.00 \text{ "}$$

$$\text{Costo de mano de obra total por mes} = 691,035.20 \text{ "}$$

$$\text{Costo de administración y supervisión/mes} = 115,000.00 \text{ "}$$

$$\text{Total} = 806,035.20$$

Prestaciones (se considera un 50% del costo total) 403,017.60
\$/mes.

Costo global por mes de empleados y operarios 1'208.052.80
\$/mes

Costo/Hl = 1'209,052.80 \$/112,580 Hls. = 10.74 \$/Hl.

e.- Recuperaciones por venta de subproductos (masilla, levadura y gas Carbónico).

Masilla:

Los residuos de las maltas usadas para la elaboración de los cocimientos se venden a razón de: 1,900.00 \$/coco to., por lo tanto:

Recuperación por venta de masilla/Hl $1,900.00/500 =$
3.8 \$/Hl.

Levadura:

Se recuperan 1.79 Kg de levadura/Hl. de mosto Aprox.

Recuperación por venta de levadura: $1.79 \times 0.025 \text{ $/Kg} =$
0.0447 \$/Hl.

Gas Carbónico:

Se dispone para su venta de 1.99 Kg/Hl a un precio de -
0.80 \$/Kg, por lo tanto:

Recuperación por venta de gas Carbónico = $1.99 \text{ Kg/Hl} \times$
 $0.80 \text{ $/Kg} = 1.592 \text{ $/Hl.}$

Recuperación global total por venta de subproductos: -
5.4367 \$/Hl.

RESUMEN DE COSTOS

Materias primas	70.942	\$/Hl
Reactivos	2.261	"
Servicios	9.285	"
Administ., superv. y M. de O.	10.740	"
Recuperación por subprod.	-5.437	"
Costo total por hectólitro	87.791	"

4-2 Costos de producción aplicando el sistema de mostos - concentrados.

Aquí calcularemos el costo de producción de un héc tólitro de cerveza a partir de mostos concentrados y por se parado se hará un estudio del costo del equipo adicional ne cesario para emplear este método.

Materias primas;

Malta: 8.236 Kg/Hl x 4.885 \$/Kg = 40.233 \$/Hl

Cebada: 5.504 " x 2.600 " = 14.310 "

Fino Real: 9.970 Kg/Hl x 2.782 " = 27.736 "

Lúpulo Concentrado: 0.012 Kg/hl x 375.66 \$/Kg = 4.508 \$/Hl.

Lúpulo granulado: 0.04 Kg/Hl x 63.92 \$/Kg = 2.557 \$/Hl.

Agua tratada para elaboración:

1.6 Hl agua/Hl mosto x 1.937 \$/Hl = 3.099 \$/Hl.

Costo total de materias primas: 92.443 \$/Hl. mosto

Reactivos:

Sulfato de calcio: 0.03403 Kg/Hl x 25.00 \$/Kg = 0.85 \$/Hl.

Formaldehido: 0.00557 Kg/Hl x 8.69 \$/Kg = 0.048 \$/Hl.

Sulfato de zinc: 0.0002 Kg/Hl x 16.50 \$/Kg = 0.0033 \$/Hl.

Estabilizador enzimático (TU-160): 0.0006 Kg/Hl x 423.526 -
\$/Kg = 0.254 \$/Hl.

Eritorbato de sodio: 0.0025 Kg/Hl x 131.56 \$/Kg = 0.329 \$/Hl

Bisulfito de sodio 0.002 Kg/Hl x 16.5 \$/Kg = 0.033 \$/Hl

Colorantes 0.0183 Kg/Hl x 9.735 \$/Kg = 0.172 \$/Hl

Tierras filtrantes:

Fibra Flo-5B 0.043 Kg/Hl x 8.05 \$/Hl = 0.35 \$/Hl

Hyflo-Super Cel 0.113 Kg/Hl x 4.76 \$/Hl = 0.537 \$/Hl

Carbón activado 0.025 Kg/Hl x 19.30 \$/Kg = 0.438 \$/Hl

Enzimas comerciales:

KINASA H-T 0.004984 Kg/Hl x 148.8 \$/Kg = 0.742 \$/Hl

BREW (N) Zime 0.005 Kg/Hl x 277.75 \$/Kg = 1.527 \$/Hl

Costo total de reactivos: 5.328 \$/Hl

Servicios:

Vapor: Consumo en cocedor: 1,408,484 Kcal/cocto.

" " macerador: 725,638 "

" " Olla 7,265,566 "

" Total 9,399,688 "

Consumo de Kcal/Hl = 18,799 Kcal/Hl

Costo por vapor: 0.14 \$/1,000 Kcal

Costo de vapor/Hl 18,799 Kcal/Hl x 0.14 \$/1000
Kcal = 2.631 \$/Hl.

Costo de energía para motores:

Caballaje total actual: 373 HP

" adicional nuevo macerador 15 "

" " " extractor 5 "

" Sistema de mezcla agua-cer. 15 "

" Sistema deaerador de agua 15 "

" Total 425 "+10%=467.5HP

$$467.5 \text{ HP}/500 \text{ Hl} = 0.935 \text{ HP}/\text{Hl}$$

$$0.935 \text{ HP}/\text{Hl} \times 0.76 \text{ Kw-hr}/\text{HP} = 0.71 \text{ Kw-hr}/\text{Hl}$$

$$0.71 \text{ Kw-hr}/\text{Hl} \times 0.25 \text{ $}/\text{Kw-hr} = 0.1775 \text{ $}/\text{Hl}$$

Costo de refrigeración:

$$\text{Consumo total de refrigeración por Hl.} = 2.043 \text{ Ton.} - \text{ref.}/\text{Hl.}$$

$$2.043 \text{ T.R.}/\text{Hl} \times 2.5 \text{ HP}/\text{T.R.} = 5.1 \text{ HP}/\text{Hl.}$$

$$5.1 \text{ HP}/\text{Hl} \times 0.76 \text{ Kw-hr}/\text{HP} = 3.876 \text{ Kw-hr}/\text{Hl.}$$

$$3.876 \text{ Kw-hr}/\text{Hl} \times 0.25 \text{ $}/\text{Kw-hr} = 0.969 \text{ $}/\text{Hl.}$$

$$\text{Costo de agua para limpieza y usos varios: } 2.25 \text{ Hl agua}/\text{Hl} \\ \times 1.15 \text{ $}/\text{Hl agua} = 2.587 \text{ $}/\text{Hl.}$$

$$\text{Costo de mantenimiento: } 1.20 \text{ $}/\text{Hl.}$$

$$\text{Costo de artículos de limpieza: } 2.05 \text{ $}/\text{Hl.}$$

$$\text{Costo total de servicios: } 9.615 \text{ $}/\text{Hl.}$$

Mano de obra:

El costo de mano de obra y supervisión se considera - el mismo que para mostos convencionales: 10.74 \$/Hl.

Recuperaciones por venta de subproductos (masilla, levadura y gas carbónico).

Masilla:

Los residuos de materiales usados para la elaboración de los cocimientos se venderán a razón de 2,550 \$/coc-to o sea:

Recuperación por venta de masilla: $2,550.00 \text{ \$/500} =$
 $5.1 \text{ \$/Hl.}$

Levadura:

Se recuperan 2.39 Kg de levadura/Hl de mosto:

Recuperación por venta de levadura: $2.39 \times 0.025 \text{ \$/Kg}$
 $= 0.0597 \text{ \$/Hl.}$

Gas carbónico:

Se dispone para su venta de 2.78 Kg/Hl a un precio de-
 $0.80 \text{ \$/Kg.}$

Recuperación por venta de gas carbónico: $2.224 \text{ \$/Hl.}$

Recuperación total por venta de subproductos: $7.387 \text{ \$/Hl.}$

RESUMEN DE COSTOS

Materias primas	92.443	\\$/Hl.
Reactivos	5.328	"
Servicios	9.615	"
Mano de obra y supervisión	10.740	"
Recuperación por subproductos	-7.387	"
Costo total	110.739	"

Este es el costo total de producción por hectólitro de cerveza concentrada (14.5°P), aplicaremos el factor de dilución para obtener el costo de producción por hectólitro de cerveza convencional (11°P)

$$\frac{110.739 \text{ \$/Hl. (14.5°P)}}{1.339 \text{ Hl (11°P)/Hl (14.5°)}} = 82.702 \text{ \$/Hl de cerveza de 11°P.}$$

Costo de adquisición e instalación de equipos adicionales - para la producción de mostos concentrados.

Macerador

Se adquirirá un macerador con capacidad de 600 Hl. marca Steinecker, con superficie de instalación de 3.5 m. - de diámetro por 6.3 m de altura y con motor de 30 HP, 8 polos, TCCV, con reductor a 200 RPM acoplado a flecha y agitador.

Costo	\$ 1,979,000.00
Instalación	\$ 250,000.00
Total	\$ 2,229,000.00

Extractor

Se adquirirá un extractor marca Steinecker con las siguientes características:

Diámetro: 9.0 m
 Espesor del fondo: 0.8 cm
 Espesor del cuerpo: 0.635 cm
 Espesor de la cubierta: 0.47 cm
 HP en la flecha para sacar la mezcla: 22
 Número de navajas: 23
 Número de tubos: 12

Costo	\$ 2,850,000.00
Instalación	\$ 360,000.00
Total	\$ 3,210,000.00

Sistema mezclador de agua-cerveza

Sistema digital agrupado para mezclar dos componentes líquidos en forma continua marca Foxboro Blendtrol serie 99P; completo con accesorios, consiste de:

Indicador de flujo y totalizador

Unidad de relación

Medidor de flujo

Transmisor de flujo

Válvula de control de flujo de agua

Válvula de control de flujo de mezcla agua-cerveza

Medidor de flujo tipo turbina

Gabinete metálico para montaje de instrumentos.

Costo \$ 563,000.00

Bomba sanitaria para cerveza marca Ladish Triclover con motor de 7.5 HP, 2 polos, TCCV; 600 LPM, 3.5 Kg/cm².

Costo \$ 110,000.00

Bomba sanitaria para agua marca Ladish Triclover con motor de 7.5 HP, 2 polos, TCCV; 480 LPM, 3.5 Kg/cm²

Costo \$ 105,000.00

Costo total del sistema: \$ 778,000.00

Instalacion: \$ 110,000.00

Total \$ 878,000.00

Sistema deaerador-carbonatador de agua

Paquete deaerador de agua Wittermann-Hasselberg-- construido en acero inoxidable 304 con flujo continuo de agua deaerada de 107 Hl/hr con un contenido de oxígeno disuelto de 0.6 a 1.0 ppm máximo; incluye: Cámara de vacío, calentador de agua, bomba para agua deaerada, bomba para vacío, tablero de control, válvulas, reguladores, manómetros, vacuómetros, termómetros, etc.

Costo \$ 895,000.00

Intercambiador de calor a placas para presiones de trabajo de 10.5 Kg/cm² higiénico, totalmente en acero inoxidable 304, compuesto de dos secciones; una sección para precalentar de 25 °C a 39°C, 114 Hl/hr de agua tratada, mediante 109 Hl/hr de agua deaerada que proviene del deaerador a 43.5°C debiendo salir a 27°C. La segunda sección para enfriar de 27°C a 1°C ésta misma agua mediante solución acuosa de glicol. Incluye todos los accesorios necesarios.

Costo \$ 621,000.00

Carbonatador Wittermann-Hasselberg tipo "pin point" en acero inoxidable, completo con accesorios normales y de capacidad para carbonatar 107 Hl/hr de agua deaerada.

Costo \$ 70,000.00

Costo total del sistema	\$1,586,000.00
Instalación	\$ 200,000.00
Total	\$1,786,000.00

Resumen de costos por equipo:

Macerador	\$ 2,229,000.00
Extractor	3,210,000.00
Sistema mezclador agua-cerveza	878,000.00
Sistema deaerador-carbonatador	1,786,000.00
Subtotal	8,103,000.00
Imprevistos (10%)	810,300.00
Total	9,913,300.00

4-3 Comparación de costos y amortización del equipo.

Costo de producción de cerveza de 11°P por el sistema convencional:

\$ 87.791 por hectólitro

Costo de producción de cerveza de 11°P por el sistema de mostos concentrados:

\$ 82.702 por hectólitro

Diferencia entre los dos sistemas: \$ 5.089 por hectólitro.

Atendiendo únicamente a esta última cifra y a la producción mensual esperada calcularemos el ahorro mensual que se obtendrá:

$$5.089 \text{ \$/Hl} \times 146,868 \text{ Hl/mes} = 747,411.25 \text{ \$/mes.}$$

Costo del equipo a adquirir: 9,913,300.00 \$

Tiempo de amortización del equipo:

$$\frac{9,913,300.00 \text{ \$}}{747,411.25 \text{ \$/mes}} = 13.26 \text{ meses.}$$

El razonamiento arriba expuesto no incluye el costo de amortización del equipo mismo, o sea, que el tiempo de amortización real será ligeramente superior.

CONCLUSIONES

Como se ha demostrado en el desarrollo anterior de este trabajo, la opción de implantar el sistema de mostos concentrados en una planta cervecera ya instalada, realmente ofrece las ventajas previstas tanto de incremento de producción como de abatimiento de costos unitarios de producción, además de aumento de la productividad y del aprovechamiento cabal del equipo instalado.

Resumiremos a continuación, los siguientes hechos:

Aumento de producción:	+ 33%
Aumento de productividad:	+ 30%
Disminución de costo unitario de producción:	- 6%

La amortización de equipos adicionales se puede hacer en un tiempo relativamente corto.

El producto que se ha obtenido siguiendo el método de producción de mostos concentrados es equiparable en sabor, aroma, color, estabilidad, etc. al producto obtenido con el sistema convencional.

Por otro lado, las desventajas relativas que se observan son:

Pérdidas por mermas de materiales:	+ 5%
Aumento de consumo de energía:	+ 15%

Tomando en cuenta los puntos aquí descritos, se recomienda ampliamente la implantación de este sistema en cualquier planta elaboradora de cerveza.

BIBLIOGRAFIA

1. Jean de Clerk
A Textbook of Brewing
Vol. I, Chapman & Hall, Ltd. London (1957).
2. Bruce W. Hackstaff
Varios aspects of high gravity brewing
MBAA Technical quarterly,
Vol. 15, No. 1, p. 1-6, 1978.
3. E. Pfisterer and G.G. Stewart.
High gravity brewing.
The brewers digest.
p. 34-49. June 1976.
4. O.O. Schaus
Brewing with high gravity worts.
MBAA Technical quarterly.
Vol. 8, No. 1, p. 7-10, 1974.
5. Alan A. D. Comrie
Brewing water
The brewers digest.
O. 86-90. July 1967.
6. Michael X. Poirier
Practical ideas for cost savings in a brewery.
MBAA Technical Quarterly.
Vol. 12, No. 4, p. 249-252, 1975.
7. Lange N. A.
Handbook of chemistry.
McGraw-Hill Book Co. (1961)

8. Perry J. H.
Manual del Ingeniero Químico
U. T. E. H. A. México (1959).
9. G. Van Gheluwe and Z. Valyi.
Potential techniques for improving brewhouse yield.
MBAA Technical quarterly.
Vol. 13, No. 3, p. 172-176, 1976.
10. Gabriel Velasco Fernández
El lúpulo y su valoración
Cuadernos del instituto de ciencias,
Universidad Veracruzana (1964).
11. Tratamiento de agua en las cervecerías.
Wallerstein laboratories, New York (1961).