

63  
2 ej



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**EVALUACION DE LOS PRINCIPALES ADJUNTOS  
UTILIZADOS EN LA ELABORACION DE CERVEZA**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de  
**INGENIERO QUÍMICO**

P r e s e n t a

**ELEAZAR MALDONADO DIAZ**



## **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 está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

# I N D I C E

## INTRODUCCION

Naturaleza de los adjuntos y motivo de su uso	1
Objetivo	2

## 1 GENERALIDADES

Malta	4
Elaboración de malta	9
Agua en el proceso cervecero	11
Lúpulo	14

## 2 PROCESO CERVECERO

Diagrama de bloques simplificado	25
Limpieza del grano	26
Diagrama de flujo de reclamo de malta y arroz de silos	27
Molienda	28
Diagrama de flujo de molienda de malta y arroz	29
Maceración	31
Influencia de variables en la maceración	34
Cocedor de cereales	36
Diagrama de flujo de disolución y bombeo de grits	37
Filtración de mosto	38
Diagrama de flujo de cocedores, maceradores, fil- tros, ollas, recuperación de agua y tanques de sosa	44
Olla de cocimientos	45
Tanques de mosto caliente	47
Diagrama de flujo de tanques de mosto caliente	48

Enfriadores de mosto	49
Fermentación	49
Diagrama de flujo de enfriamiento de mosto, enfriadores de agua helada y bombas de Verif-Ferm.	50
Diagrama de flujo de tinas para inoculación de levadura y cuarto de cultivo	52
Reposo o maduración	56
Filtración final de la cerveza	61
Envasado	65
Llenado de botellas	68
Pasteurización	69
Etiquetado	72
Almacenamiento y distribución	72
<b>3 ADJUNTOS</b>	
Definición y uso	73
Carbohidratos en los adjuntos	78
Lípidos	80
Polifenoles	81
Proteínas en los adjuntos	82
Arroz	83
Maíz	84
Sorgo	85
Cebada	86
Trigo	89
Azucar	89
<b>ADJUNTOS CERVECEROS QUE NO SON DE GRANOS</b>	
Soya	90
Productos de papa	91

Mandioca o yuca	91
<b>4 PARTE EXPERIMENTAL Y RESULTADOS</b>	
Introducción	92
Materias primas	94
Equipo	96
Diagrama de flujo de la planta piloto	97
Procesamiento de prueba	98
Gráfica de ciclo de operación en el cocedor	100
Gráfica de ciclo de operación en el macerador	101
Gráfica de ciclo de operación del agua de riego	102
Gráfica de ciclo de operación en el filtro	103
Gráfica de ciclo de operación en la olla	104
Reactivos	105
Procedimiento para FAN	105
Cálculos	106
Observaciones	106
Materias primas utilizadas	107
Tablas de cantidades de extractos de materias primas y de cantidades de materias primas	111
 Resultados	
Valores del FAN obtenidos al variar el % de ad- juntos	113
<b>5 CONCLUSIONES</b>	114
 <b>BIBLIOGRAFIA</b>	116

## INTRODUCCION

Naturaleza de los adjuntos y motivo de su uso.

Desde el inicio de la fabricación de cerveza en los Estados Unidos de Norte América, se evidenció que las maltas hechas con cebadas estadounidenses se diferenciaban de las europeas ya que contenían niveles de nitrógeno más elevados y tenían cáscaras más gruesas. Debido a estas diferencias -- cuando se utilizaban en la fabricación de cerveza hecha exclusivamente con malta, se obtenían cervezas con una estabilidad física pobre. No obstante, la cáscara más gruesa proporcionó un medio más eficiente para la filtración y los elevados niveles de nitrógeno causaban una mayor actividad enzimática. Los cerveceros pronto captaron que la mayor actividad diastásica podía convertir una cantidad mayor de almidón que la contenida en la malta, de manera que podían utilizarse otros materiales conteniendo almidón para obtener más extracto a un menor costo que el obtenido de una carga que solo contenía malta. También se observó que las proteínas de cereales tales como el maíz y el arroz no se solubilizaban mayormente durante la maceración, por lo cual podían emplearse para diluir el elevado contenido de nitrógeno soluble de la malta y producir una cerveza con mayor estabilidad física.

La mayoría de los cerveceros en todo el mundo utilizan actualmente alguna forma de adjunto como suplemento de la -- malta. Estos adjuntos varían en su composición en lo que se refiere a los carbohidratos, al nitrógeno, a los lípidos y a los minerales que contienen; utilizándose para regular la -- composición del mosto resultante cuyas propiedades se modifi can deliberadamente mediante la incorporación de adjuntos -- cerveceros dentro de la carga y esto influye a su vez en las propiedades de la cerveza.

Aunque los adjuntos se usan principalmente porque el ex tracto que proporcionan cuesta menos que el de malta, se obtienen también otras ventajas adicionales. Su uso produce -- cervezas de un color más claro, con un "sabor menos saciador", "más vigorizante"; "con mayor luminosidad; mejor estabilidad fí sica y "cualidades óptimas de aceptación de enfriamientos. Es tos atributos adquieren mucha importancia al usarse latas co mo envase. Adicionalmente la utilización de adjuntos permite aumentar la producción de cerveza cuando la sala de cocimien tos tiene una capacidad limitada, especialmente cuando se em plean azúcares y jarabes que pueden adicionarse directamente en la olla de cocimientos eliminándose las operaciones de ge latinización y maceración. (" ") terminología de catado.

Objetivo de la tesis.

El objetivo de esta tesis es evaluar la máxima cantidad de adjuntos de grits y arroz que se pueda utilizar en la ela boración de cerveza, llevando a cabo una fermentación adecua

da en el proceso sin detrimento de la calidad del producto - final.

La palabra *grits* es un vocablo inglés que en español -- quiere decir sémola. En Cervecería Modelo se conoce como --- *grits* a una mezcla de sémola refinada de maíz y sorgo.

La cantidad de proteínas totales, el nitrógeno formol o el amino nitrógeno libre (PAN) presente en el mosto, permite estimar la cantidad de nutrientes necesarios para una fermen tación correcta por la levadura, siendo el mejor criterio el basado en el PAN, por lo cual es el utilizado en el presente trabajo para validar la consecución del objetivo planteado.

## CAPITULO 1

## GENERALIDADES

La malta, el agua y el lúpulo son las materias primas fundamentales para la elaboración de cerveza, su influencia en el proceso se menciona practicamente desde sus orígenes.

Malta.

La cebada es la materia prima con la cual se prepara la malta cervecera.

1. Variedades de cebada

Generalmente son dos los tipos de cebada que se utilizan para la elaboración de malta: hexística (6-hileras) y dística (2-hileras). Existen opiniones diversas con relación a las cualidades respectivas de cada tipo. En general la cebada de 2-hileras es más gruesa y con una cascara más ajustada y delgada que la de 6-hileras. Produce una malta que tiene una mayor calidad de extracto, color más claro y menor contenido de enzima que la hexística. Aproximadamente del 20 al 25 % del total de malta usada por la industria cervecera es elaborada a partir de cebada dística.

Las espigas de la cebada pueden tener ya sea seis hileras o dos hileras de granos. En la cebada hexística hay tres

granos en cada nudo en lados alternados de la espiga, dando como resultado seis hileras de granos. En la cebada dística únicamente se desarrolla un grano en cada nudo en lados alternados de la espiga y resultan dos hileras de granos. El número de hileras es una característica estable y permite la fácil identificación de la planta en crecimiento. Después de que se ha cosechado y trillado, pueden también ser identificados fácilmente los granos individuales. En las variedades de seis hileras, dos tercios de los granos tienen un aspecto retorcido; esto es debido a que son granos de costado o laterales y no tienen un suficiente espacio para un desarrollo simétrico, tienen que traslapar y se retuercen a medida que crecen al lado del grano central. En la cebada de dos hileras no hay granos laterales, todos los granos son rectos y asimétricos. Los granos de la cebada dística son más simétricos y anchos que los granos centrales de la cebada hexística y no se ahuecan tan marcadamente, estas características permiten la identificación de cebadas hexísticas y dísticas en las mezclas.

"The Barley Variety Dictionary" publicado por la asociación para el mejoramiento de la cebada de malteo, enumera la mayoría de las variedades y da una explicación completa de las características de los granos, que son útiles para la identificación de las variedades aunque sean del mismo número de hileras.

La selección de la cebada ha dado como resultado un mejoramiento en rendimiento y calidad, las actuales son más resistentes a las plagas, más gruesas, con mayor contenido de enzima y extracto y más fáciles de maltear que sus predece-

soras; también rinden más kilogramos por hilera.

La industria maltera, ha venido aumentando y por lo mismo ha auspiciado programas para el desarrollo sistemático de nuevas variedades de cebada en el cual han participado el -- Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) realizando la parte genética y agrícola de las nuevas variedades, el Instituto Mexicano de Investigaciones Técnicas (IMIT) llevando a cabo la evaluación de estas nuevas variedades e Impulsora Agrícola S.A. quien tiene a su cargo la reproducción de las variedades a escala comercial.

Actualmente la industria cervecera mexicana se surte para sus necesidades de producción con maltas de buena calidad en general.

La cantidad de malta usada en la industria cervecera ha tenido un incremento anual de más o menos 4.3 % durante los últimos 10 años, sin embargo este crecimiento comparado con el de la producción de cerveza es un 28 % menor. Se presume que para el año de 1985 habrá un consumo del orden de dos---cientas setenta mil toneladas siendo el incremento anual de aproximadamente 3.1 % lo que corresponde a un crecimiento -- inferior en 26 % al comparado con el de la producción de cerveza. Lo anterior es atribuible a un incremento en el consumo de adjuntos el cual ha sido en promedio del orden de 11 % anual.

En 1978 el consumo de adjuntos en la industria cervece-

ra fue de 161,000 toneladas, el incremento anual promedio es de 5.2 %. Se estima que en 1985 el consumo de adjuntos será de 230,000 toneladas, 3.4 veces superior al del año 1969, -- mientras que el consumo de malta para 1985 será 1.7 veces superior al de 1969.

La proporción de malta a adjuntos disminuyó de un 70 % en 1969 a un 57 % en 1978, esta proporción ha variado muy -- lentamente hasta la fecha; pero es probable que a futuro se esté usando 50 % de malta y 50 % de adjuntos.

Al relacionar el consumo de malta por hectólitro de cerveza se observa que el valor de 11.3 kgs. para 1969 bajó a -- 9.5 kgs. en 1978, actualmente este consumo anda alrededor de 9.0 kgs. de malta por hectólitro de cerveza producida.

## 2. Importación de cebada

La importación de cebada de los años 1969 a 1972 se mantuvo a niveles bajos de no más de 2,000 toneladas por año, -- siendo ya significativa el año de 1973 en que llegó a más o menos 56,000 ton. y en 1975 se alcanzaron cifras del orden -- de 153,000 ton. En los años 1976 y 1977 volvió a disminuir -- la importación a cifras relativamente bajas; sin embargo en 1978 hubo necesidad de importar 83,000 toneladas de cebada.-- De aquí la importancia tanto de utilizar cada vez mayor cantidad de adjuntos cerveceros, como de aumentar la producción de cebada en el país, ya actualmente México sufre una grave

escasez de divisas para poder importar productos en general.

### 3. Calidad de la cebada

a) Aspecto. Idealmente, la cebada debe ser gruesa, de tamaño homogéneo y de un color uniforme claro. Debe estar libre de: moho, manchas (especialmente en el extremo del germen) y de semillas extrañas. Debe tener un número mínimo de granos rotos y pelados. En la práctica pueden verse granos de cebada verdes e inmaduros provenientes de campos que fueron cosechados demasiado pronto. Su color normal varía entre paja y canela, reflejando las diversas condiciones de humedad y de lluvia en las etapas posteriores del crecimiento. - El ataque por microorganismos en el campo puede producir zonas oscuras o decoloradas y cuando éstas se presentan en el extremo del germen (extremos oscuros), puede quedar afectada su vitalidad. En los años en que prevalecen condiciones húmedas al momento de efectuar la cosecha, puede verse moho, el cual aparece como puntos oscuros en la arruga ventral. - Estos mohos pueden impartir sabores y olores desagradables y se ha señalado a especies de "Fusarium" como causantes del derramamiento brusco de la cerveza, también llamada cerveza salvaje.

#### b) Análisis

1. Germinación. El aspecto más importante en el análisis de la cebada de malteo es la germinación. Para producir malta, la cebada debe germinar; normalmente una germinación de 95 % es el nivel más bajo aceptable. La cebada debe tam-

bién germinar uniformemente para producir malta de buena calidad. La cebada recién cosechada no germinará debido a que se encuentra en estado latente ya que existen inhibidores naturales dentro del grano que impiden la germinación, los cuales se descomponen ya sea por el transcurso del tiempo o por bajas temperaturas. Todas las malteras comprueban la desaparición del estado latente antes de comenzar el malteo de una nueva cosecha de cebada.

2. Humedad. El contenido de humedad de la cebada es extremadamente importante. Normalmente resultan inaceptables - humedades superiores a 13.5 %.

3. Tamaño del grano. La cebada se separa de acuerdo con su variedad y su tamaño para constituir diferentes fracciones de malteo.

4. Proteína. El contenido protéico total de la cebada - probablemente es el índice más importante para predecir la - calidad general de la malta, la cebada con mayor contenido - de proteínas se traduce en menor cantidad de extracto, mayor contenido enzimático, mayor diferencia de partículas gruesas y finas en la molienda, mayor cantidad de proteína soluble y en general un malteo más difícil.

Elaboración de malta.

1. Consideraciones generales

El malteo es la germinación controlada de la cebada durante la cual se forman las enzimas y se modifican suficientemente las reservas alimenticias de manera que puedan ser hidrolizadas adicionalmente durante la maceración.

El malteo consta de tres etapas, en la primera, denominada remojo, la cebada limpia y clasificada es sumergida en agua hasta que alcanza el contenido apropiado de humedad. En la segunda, denominada germinación, la cebada remojada se desarrolla bajo condiciones controladas. En la tercera etapa, de secado, la cebada germinada se seca mediante aire caliente y se detiene su desarrollo. En todas ellas resulta necesario un control completo de la temperatura, de la humedad y del flujo de aire.

## 2. Análisis y calidad de malta

La calidad de la malta se establece conforme a sus especificaciones y por su rendimiento durante el proceso de fabricación de cerveza. Las especificaciones de la malta están diseñadas para asegurar la recepción de embarques uniformes de todos los proveedores. Las especificaciones reflejan la filosofía industrial de la cervecería y por lo tanto difieren entre sí.

Todas las cervecerías especifican malta bien modificada y se controlan fijando límites a la diferencia de finos-gruesos, a los grados de desarrollo y a los intervalos de proteí

na soluble y/o proteína soluble sobre proteína total. También especifican la retención de granos en la malla de 7/64 de pulgada y la cantidad de granos que retiene y deja pasar la malla del laboratorio de 5/64 de pulgada, con objeto de controlar el diámetro de partícula. Es común especificar niveles de enzimas fijando mínimos o intervalos de alfa y beta-amilasa. Se fijan límites para el color y para la humedad. El cumplimiento en general de estas especificaciones normalmente -- produce una malta de buena calidad, que está libre de problemas de procesamiento.

Agua en el proceso.

#### 1. Introducción

La calidad del agua ha sido reconocida durante siglos como un factor importante para determinar la calidad de la cerveza. Las cervecerías se ubicaban donde la calidad del agua era consistente y muy frecuentemente se extraía de fuentes -- subterráneas donde su composición permaneciera relativamente constante y resguardada de la contaminación por medio de los estratos geográficos.

Desgraciadamente las fuentes de agua se están contaminando a nivel mundial en una tasa creciente, pequeñas cantidades de metales tóxicos, detergentes, herbicidas, pesticidas e hidrocarburos de petróleo están ingresando no solo en aguas superficiales sino también dentro de aguas de fuentes subterráneas. Por tal motivo se debe tener un estricto control de calidad sobre el agua de proceso cualquiera que sea su proceden

cia.

Dependiendo del uso que dentro de la cervecería se vaya a dar al agua, varían las características deseables en la misma.

## 2. Fuentes de agua

Una provisión segura de agua es una consideración básica al elegir la ubicación de cualquier planta industrial, pero para una cervecería, tanto la calidad como la cantidad del agua resultan igualmente importantes.

En general el agua de superficie tiene más sólidos suspendidos, menos sólidos disueltos, más contaminación biológica, menos dureza, más  $\text{CO}_2$ , más  $\text{O}_2$  y más variable, según la estación del año, que el agua de pozo o manantial.

## 3. Agua para elaboración de cerveza

El agua para la elaboración de cerveza deberá estar libre de contaminantes biológicos, sabores y olores, no tener turbidez o materia orgánica, no estar contaminada con drenajes ni con fierro, debe tener bajo contenido de sílice y de alcalinidad.

La alcalinidad eleva el pH y por lo tanto afecta adversamente las reacciones enzimáticas durante el macerado, disminuyendo así la eficiencia de extracción, aumentando la so-

lubilización de material polifenólico y sabores amargos indeseables, origina coagulaciones pobres de complejos protéicos, aumentos en la coloración del mosto, problemas con la licuefacción y sacarificación, filtraciones lentas del mosto, contrarresta los efectos del ión calcio, aumenta la isomerización de las resinas del lúpulo y en el agua de riego en especial la alcalinidad es perjudicial debido a la carencia de reguladores.

El ión calcio disminuye el pH debido a la formación de proteínatos, con la liberación correspondiente de iones hidrógeno y principalmente debido a la formación de fosfatos primarios ácidos a partir de los fosfatos secundarios básicos. El calcio también favorece la gelatinización del almidón al proteger a la enzima alfa-amilasa de las altas temperaturas, al disminuir el pH da mejor estabilidad biológica y mejor sabor, elimina los oxalatos, es necesario para la floculación de la levadura, estimula la actividad enzimática y por lo tanto mejora la filtración y la eficiencia, da mayores coagulaciones. Un exceso de calcio puede precipitar demasiados fosfatos. Se recomiendan 300 a 400 ppm de  $\text{CaSO}_4$  en mosto y aproximadamente 80 ppm de ión calcio en la cerveza.

Los cloruros dan a la cerveza un sabor más suave, apariencia de mejor cuerpo, se acostumbra de 150 a 300 ppm.

Los sulfatos dan a la cerveza un sabor más seco, se tienen generalmente entre 200 a 300 ppm en la cerveza.

El sodio no afecta las características de la cerveza; - sin embargo, en cantidades mayores de 300 ppm tiende a impar tir un sabor a cerveza descompuesta.

El fierro es indeseable en el agua de elaboración por-- que degenera la levadura y la hace perder su poder fermenta-- tivo.

El magnesio es necesario pues actua como coenzima en la fermentación, en concentraciones mayores de 15 ppm tiende a impartir sabor astringente; los sulfatos y cloruros de magne-- sio son laxantes.

La sílice retarda la fermentación y se ha encontrado -- que forma parte de la turbidez por frio.

El zinc en concentraciones de 1 ppm ayuda como estimu-- lante de la fermentación y origina mayor producción de célu-- las jovenes de levadura, ocasiona una mayor eliminación de - sulfuro de hidrógeno durante la fermentación y podría así ha-- cer a la cerveza más resistente al sabor a podrida; en con-- centraciones de 5 ppm aumenta la adherencia de espuma a las paredes del vaso, pero ocasiona un sabor astringente.

Lúpulo.

#### 1. Cultivo

El lúpulo es una planta trepadora perene, de la cual se

utiliza únicamente la flor femenina. Esta enredadera será soportada por guías de alambre con alturas hasta de 7 metros.

El cultivo requiere de cuidados considerables, el clima al principio del crecimiento debe ser soleado templado, en tanto que en las etapas finales de maduración debe ser frío y no estar sujeto a fuertes vientos. La composición del suelo es crítica y éstos deben ser ricos y fuertemente fertilizados ya que existen consumos considerables de nitrógeno --- (100 Kg/Ha.), calcio (85 Kg/Ha.), potasio (75 Kg/Ha.) y fósforo (15 Kg/Ha.).

Cada variedad de lúpulo tiene diferente resistencia a los ataques por virus, hongos o insectos. Para evitar problemas con virus y hongos, se les rocía con solución de estreptomomicina y se mantiene siempre una capa protectora de oxicluro de cobre.

Para controlar el desarrollo de insectos se emplea insecticida a base de fósforo (pirofosfato tetraetílico, malatión, paratión, etc.).

En E.U. y Europa Continental se evita el cultivo de la planta masculina para evitar la fecundación de la flor femenina (una sola planta masculina puede fecundar más de 200 -- plantas femeninas).

La semilla, cuando se ha fecundado a la flor femenina,

puede llegar a constituir hasta el 30 % del peso del cono. - La semilla no contribuye a la calidad del lúpulo y por regla general los lúpulos sin semilla tienen más resinas y aceites esenciales, en cambio la semilla puede ocasionar problemas - con la espuma de la cerveza.

Las resinas se forman a principios de Agosto en las --- glándulas de lupulina situadas en el cono, primero se forman los ácidos beta y unos días después se forman los ácidos alfa. El desarrollo de los ácidos termina a fines de Agosto, - iniciándose entonces la síntesis de los aceites esenciales.

Una vez lograda la maduración de los conos éstos deben cosecharse a más tardar en 10 días, de no ocurrir así, los - conos se fragilizan, se secan y tienden a abrirse, con lo -- cual se pueden dañar y perder lupulina por el viento, los pájaros o al recolectarse. Cuando los lúpulos se han secado, - se empacan comprimiéndolos hasta una densidad de 108 Kg. /m<sup>3</sup> (90 Kg. /paca).

## 2. Selección

Las únicas sustancias que son exclusivas del lúpulo y - que no se encuentran en ninguna otra planta, son las resinas y los aceites esenciales. El valor que se da a cada lúpulo - dependerá en gran parte del contenido de las mismas. Estas - sustancias se encuentran presentes en las glándulas de lupulina y por lo tanto el examen de la base de los conos revisa la mayor importancia ya que ahí se encuentran dichas glán

dulas. El contenido de estas sustancias fluctúa con la variedad, por ejemplo los ácidos alfa pueden variar de 2 a 12 % y los aceites esenciales de 0.5 a 1.5 %.

Cuando se esta realizando el análisis físico, se deben vigilar las siguientes características:

1. Elasticidad: Al comprimir algunos conos en la palma de la mano, no deben quebrarse ni apelmasarse.

2. Color: Debe ser verde/amarillento.

3. Lustre: Debe ser homogéneo y brillante.

4. Material extraño: Debe tener un bajo contenido de conos rotos, tallos y hojas.

5. Olor: Debe ser limpio, intenso, no tener olores extraños como heno (falta de secado), malta (alta temperatura en el secado) o ácido valérico (añejado).

6. Lupulina: Debe ser abundante en la base del cono, -- dar sensación de pegajosa, tener un color amarillo /anaranjado.

### 3. Composición Química.

La composición química del lúpulo está representada en la tabla siguiente:

## Análisis promedio

Resinas totales:	15 %
Aceites esenciales:	1 %
Proteína (N x 6.25):	15 %
Cenizas:	8 %
Pectinas:	2 %
Lípidos y ceras:	3 %
Taninos:	4 %
Monosacáridos:	2 %
Celulosa, lignina:	40 %
Agua:	10 %
	<hr/> 100 %

Con excepción de las resinas y los aceites esenciales - que se encuentran en la lupulina, el resto de las sustancias se encuentran en los pétalos y tejidos fibrosos de todos los vegetales.

Durante la ebullición del mosto en la olla, se solubilizan los principios amargos, los aceites esenciales, los monosacáridos, los taninos y las proteínas.

La mayor cantidad de taninos presentes en el mosto proviene de la malta, sin embargo, las fracciones protéicas presentes muestran mayor afinidad hacia los taninos del lúpulo, posiblemente debido al mayor grado de polimerización de los mismos. Esto constituye la base para utilizar extractos de -

lúpulo sin la fracción soluble en agua a fin de obtener mayor estabilidad coloidal, debido a que las proteínas son forzadas a combinarse con los polifenoles de la malta y por lo tanto se disminuye su cantidad.

Los aceites esenciales constituyen de 0.5 a 1.5 % del peso del lúpulo, son compuestos formados principalmente por hidrocarburos del tipo mircenos, terpenos, sesquiterpenos, etc. que representan el 80 % de los mismos, el resto está formado por alcoholes, cetonas y ésteres, menos volátiles y más efectivos como saborizantes en el mosto. Hasta la fecha se han identificado más de 200 componentes en los aceites esenciales.

El mircenos es un catalizador de los ácidos alfa y por lo tanto su eliminación favorecerá la preservación de los principios amargos.

El contenido de ácidos alfa cambia según la variedad de lúpulo desde 2 hasta 12 %. Se considera que su distribución así como su contenido total, son características que permiten identificar a una especie determinada, igualmente se ha establecido que en todos los casos el contenido de adhumulona será constante para cada variedad y del orden del 17 % de los ácidos alfa totales. El contenido de cohumulona varía de 20 a 50 % y en forma inversa el contenido de humulona constituye de 30 a 60 % de los ácidos alfa totales. El porcentaje existente de prehumulona y poshumulona, es despreciable.

Las variedades más comunes de lúpulo se han dividido en 4 grupos de acuerdo a la distribución de cada uno de los ácidos alfa:

<u>Grupo</u>	<u>Variedades</u>	<u>% Humulona</u>	<u>% Cohumulona</u>	<u>% Adhumulona</u>
I	Hallertau	60	20	17
	Saaz			
II	Fuggles	50	30	17
	Northern Brewer			
III	Oregon	40	40	17
	Yakima			
	Bullion			
IV	British Columbian	30	50	17
	Cluster			

#### 4. Isomerización

Generalmente se ha creído que la adhumulona y la cohumulona imparten a la cerveza características más amargas que la humulona y por lo tanto, si se desea una mayor eficiencia de isomerización, se deben emplear lúpulos con un alto contenido de cohumulona. Según el Dr. Rigby, la isomerización de cada fracción de los ácidos alfa es la misma y por tanto, la proporción de cada isómero existente en el mosto, es igual que la proporción del correspondiente ácido existente en el lúpulo. La diferencia en el grado de eliminación de cada fracción durante el proceso dependerá del grado de ionización que posea y debido a ello en la fermentación se eliminará más isohumulona, por ser ésta la fracción más ionizada, --

siendo entonces adsorbida o eliminada con la espuma. Esta situación ocasiona que se aumente el porcentaje de isocohumulo na presente en la cerveza, la cual por tener una mayor constante de ionización, se encontrará más disociada y dará un -sabor más amargo al no ser adsorbida por los coloides presentes.

La eficiencia de isomerización en la olla de cocimien--tos dependerá de varios factores, entre los cuales se tienen:

1. El pH existente en el mosto durante la ebullición. A medida que el pH sea más alcalino, existirá una mayor isome-rización de los ácidos alfa.

2. La concentración de lúpulo en el mosto. Para un mis-mo lúpulo en igual volumen de mosto, a menor concentración, aumenta el porcentaje de isomerización.

3. La duración de la ebullición. La curva de isomeriza-ción sube muy rápidamente en poco tiempo. Si se grafica se -observa que en 15 min. de ebullición inicial isomeriza el 50 % de la cantidad isomerizada después de 2 hrs.

4. La presencia de partículas en suspensión. El aumento en la superficie de contacto tendrá un efecto catalítico so-bre la conversión de los ácidos alfa.

5. La composición química del mosto. Se ha encontrado -que a mayor contenido de proteína en el mosto, ocurre una me

nor isomerización.

6. La temperatura de ebullición. La velocidad de la isomerización aumenta con una mayor temperatura de ebullición.

## 5. Extracto de lúpulo

Actualmente existen extractos de lúpulo tanto isomerizados como no isomerizados, dentro de este último grupo pueden existir variedades, según la cantidad de sustancias solubles en agua que se mezclen con el extracto obtenido previamente con un solvente orgánico.

Los solventes más comúnmente empleados para obtener las resinas y los aceites esenciales son: hexano, metanol y cloruro de metileno. De ellos, el metanol es el más polar y miscible en agua, esto significa que al extraer las resinas y los aceites esenciales extraerá también parte de las sustancias solubles en agua.

Se consideran las siguientes ventajas al emplear extractos de lúpulo en lugar de utilizar directamente la flor:

1. Contenidos constantes de ácidos alfa independiente--mente del contenido original en la flor, lo cual hace más --simple y consistente el control del sabor amargo en la cerveza, evitando cambios de fórmulas y mezclas en cocimientos.

2. Posibilidad de controlar a satisfacción el contenido

de taninos y demás sustancias extractables en agua.

3. Posibilidad de efectuar las mezclas de diferentes variedades de lúpulo en forma consistente y de esta manera utilizar un solo producto en cocimientos.

4. Menor oxidación de los ácidos alfa en un mayor tiempo de almacenaje sin que ocurran deterioros en la calidad original.

5. Menor costo por concepto de transporte, almacenaje y refrigeración.

6. Utilización más eficiente de los principios amargos.

7. Posibilidad de no adquirir lúpulos con contenidos bajos de ácidos alfa, lo que dará mayor flexibilidad ante las variedades originales en el macerado.

## CAPITULO 2

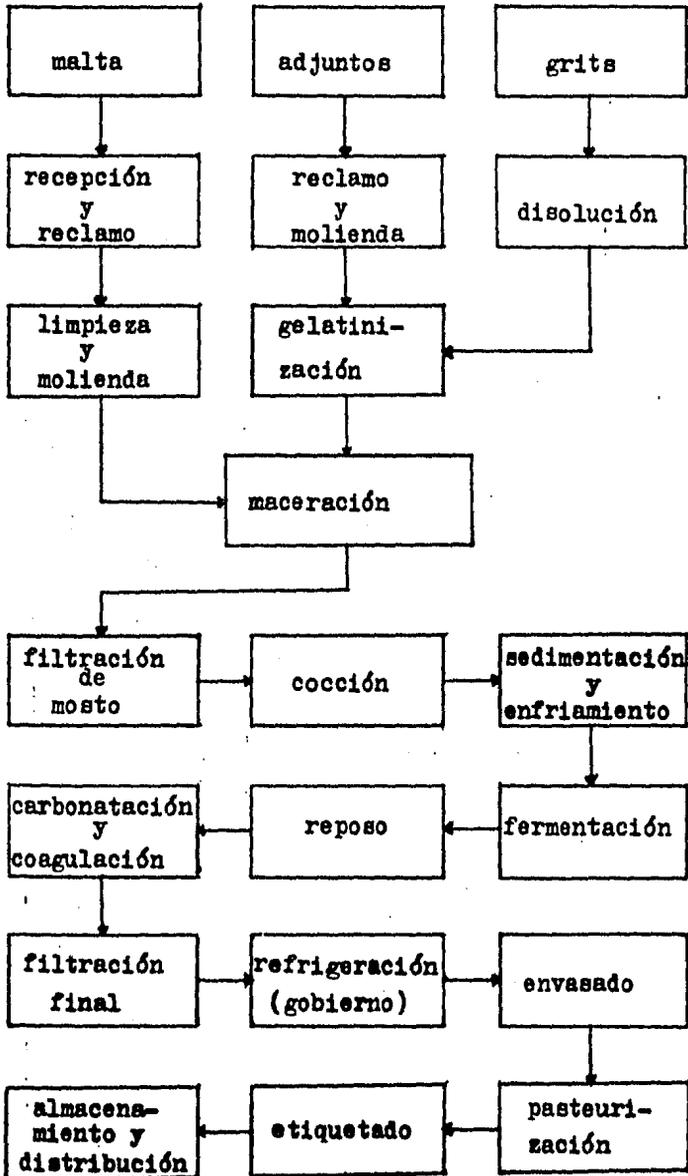
### PROCEOS CERVECERO

El proceso de elaboración de cerveza propiamente dicho, comienza con el segundo de los sistemas enzimáticos importantes que forman parte de la fabricación de la misma: La maceración. El primer sistema enzimático es el --malteo y el tercero la fermentación.

El malteo se realiza extraplanta siendo la recep---ción y reclamo de malta la operación inicial.

El diagrama de bloques simplificado hace resaltar - la secuencia total de operaciones como introducción a su resumen descriptivo.

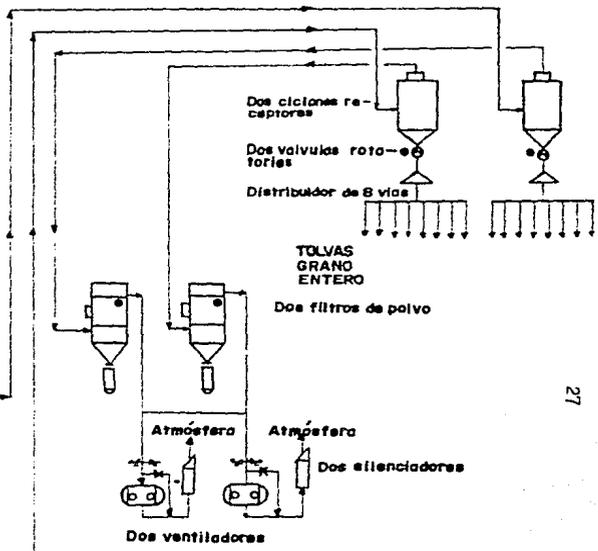
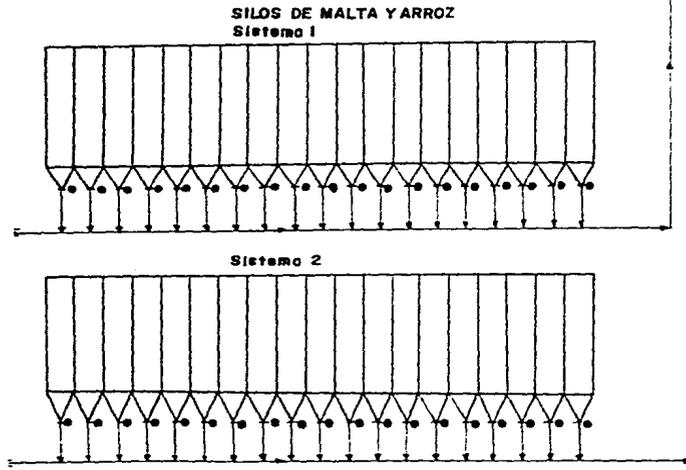
## DIAGRAMA DE BLOQUES SIMPLIFICADO



## Limpieza del grano.

Las partículas sólidas con tamaño diferente a la malta tales como: piedras, hilos, metales, cascarillas rotas, raicillas, etc. se deben eliminar para evitar que interfieran en la uniformidad de la molienda y/o con la calidad del mosto. También debe eliminarse el polvo para evitar contaminación microbiológica ya que contiene bacterias, esporas de hongos, basuras, etc. así como riesgo de explosión en los molinos por el contenido de celulosa y, el daño a las mucosas del personal.

La operación se efectúa empleando una cribadora, la más usual es la de zarandas inclinadas, las cuales oscilan a 300 rpm. con amplitud de 1 a 3 centímetros. Estas zarandas tienen diferente claro en las mallas superior e inferior y contienen pelotas de hule entre las mismas, las cuales evitan la obturación de la malla inferior que es la de menor claro, eliminándose así las partículas más grandes y más pequeñas de la malta al deslizarse ésta sobre las zarandas. Dependiendo del ángulo de inclinación se puede aumentar o disminuir la capacidad de limpieza, la eficiencia de la misma será inversamente proporcional a la producción. La cribadora cuenta con imanes para atrapar las partículas metálicas y proteger así el equipo de molienda de una explosión si se produjera una chispa en los rodillos en presencia de una alta concentración de polvo en ausencia de oxígeno. A la salida de la cribadora se cuenta con una sección de aspiración, en donde se elimina el polvo y parte de la cascarilla rota que pasan



27

CERVECERIA MODELO S.A. de C. V.	
ELABORACION COCIMIENTOS	
DIAGRAMA DE FLUJO RECLAMO DE MALTA Y ARROZ DE SILOS.	
Fecha: 2 Mayo.1985	Elaboro: E. M. D.

a unos filtros de mangas donde se separan recolectándose y - el aire sale al exterior libre de partículas.

#### Molienda.

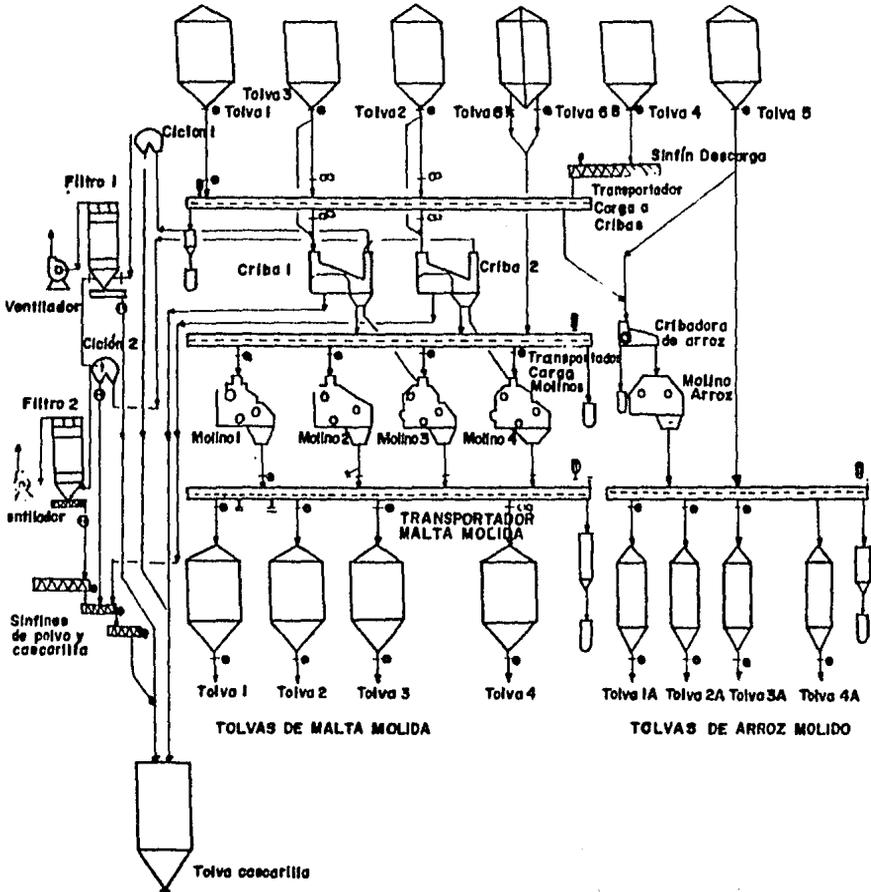
Esta operación se debe regular en tal forma que el grano se abra permitiendo la salida del endospermo sin romper - la cascarilla, generalmente se lleva acabo en molinos de rodillos, éstos se ajustan para obtener una distribución de tamaños de partícula tal, que permita una amplia superficie para la obtención del extracto y un lecho filtrante constituido por cascarilla sin fragmentar excesivamente.

Existen molinos con 2, 4, 5 o 6 rodillos, mientras más modificadas sean las maltas con las que se opere, se requerirá un menor número de ellos.

La malta se dosifica uniformemente mediante un rodillo distribuidor de canales profundas a lo largo del primer par de rodillos. Estos son ligeramente estriados con las canales suaves y redondeadas para desgarrar la cascarilla sin pulverizarla, giran a menor velocidad que los otros pares de rodillos. Uno de los rodillos se mueve por banda y el otro por engranes, éste último descansa sobre un sistema de resortes tal que si acaso llegara algún objeto duro, el rodillo se abre para permitir el paso del objeto y evitar daños.

Los rodillos del último par son más estriados, giran -- más rápidamente y a diferentes velocidades uno del otro con

TOLVAS DE GRANO ENTERO (MALTA)



CERVECERIA MODELO S.A. de C.V.	
ELABORACION COCCIENTOS	
DIAGRAMA DE FLUJO	
MOLIENDA DE MALTA Y ARROZ	
Fecha: 2 Mayo 88	Elaboró: E.M.B.

el fin de obtener una mejor molienda de la sémola. Entre cada par de rodillos se encuentran mallas para separar las diferentes fracciones de la molienda y dirigirlas al siguiente par de rodillos o a la tolva de malta molida.

Los molinos con tres pares de rodillos tienen la ventaja de no someter al grano a tratamientos muy fuertes. La harina obtenida del primer par se extrae de la parte inferior de la primera criba y se envía a la tolva para evitar que interfiera con la molienda en los otros rodillos. En este primer par se obtienen 4 fracciones: cascarilla, sémola gruesa, sémola fina y harina. Las sémolas gruesa y fina, pasan directamente del nivel intermedio de la primera criba a la segunda criba, de donde se llevan al tercer par de rodillos.

La cascarilla con la fracción del grano adherido en el extremo distal, pasa del nivel superior de la primera criba hacia el segundo par de rodillos, en donde se vuelven a obtener las cuatro fracciones ya mencionadas. La cascarilla y la harina obtenidas del segundo par de rodillos se envían directamente a la tolva por los niveles superior e inferior de la segunda criba. Las sémolas gruesa y fina se llevan por el nivel intermedio de la segunda criba hasta el tercer par de rodillos en donde se obtienen sémola gruesa, sémola fina y harina, las cuales van a la tolva de malta molida.

En la parte inferior del molino, abarcando toda la longitud de la zona de caída del grano, se tienen muestreadores para evaluar esta operación. El grado de molienda debe ser -

controlado de acuerdo a las características de la malta, al equipo utilizado para la maceración así como el tipo de filtro que se utilice para separar el mosto del grano agotado.

### Maceración

La maceración consiste en mezclar las proporciones apropiadas de malta y adjuntos en agua caliente y someterlos a una serie de ciclos de calentamiento y de reposo. Las sustancias así solubilizadas en el agua se denominan de manera conjunta, el extracto. La solución del extracto en agua se denomina mosto o en etapa de proceso, mosto "dulce".

Durante esta parte del proceso se continúan y terminan las reacciones enzimáticas que principiaron en el malteo, dado que las condiciones de pH y temperatura serán más cercanas al óptimo de los principales sistemas enzimáticos presentes en el grano. En el desarrollo de esta operación se busca solubilizar la mayor cantidad posible de los constituyentes valiosos de la materia prima, obteniéndose el extracto que contiene; mono, di y trisacáridos, dextrinas, pentosanas, proteínas y productos de la hidrólisis de estas sustancias, componentes minerales, polifenoles, ácidos orgánicos, reguladores de pH, vitaminas y biofactores, etc.

Dependiendo de las relaciones de dilución empleadas, de la alcalinidad del agua utilizada y de los ciclos tiempo/temperatura, se favorecen o retardan las actividades enzimáticas y así se puede modificar la composición química del mosto resultante.

El equipo empleado en esta operación puede tener diferentes formas (cilíndrico, rectangular, de fondo esférico, cónico o con pendiente única), existiendo también variaciones en las velocidades, formas de agitación y en el tipo de calentamiento empleado (vapor directo, chaquetas separadas, serpentines, etc.), todos estos factores se toman en consideración al programar el sistema de trabajo y las condiciones de operación para optimizar la actividad de las enzimas formadas durante la germinación de la malta.

Los sistemas de maceración más comunes son:

1. Sistema de macerado de infusión (es común en Inglaterra).
2. Sistema de macerado de decocción (Europa Central).
3. Sistema de macerado mixto (común en América).

El macerado de infusión lleva adjuntos pregelatinizados o jarabes porque toda la maceración se realiza en un solo equipo elevando gradualmente la temperatura para pasar por las distintas zonas de actividad enzimática, hasta tener la consistencia apropiada y una temperatura final de aproximadamente  $65^{\circ}\text{C}$ . La cual se mantiene constante por periodos de tiempo desde  $1/2$  hasta varias horas.

Las enzimas de la malta atacan al endospermo produciendo mosto dulce. El ataque de las enzimas se realiza principalmente sobre el almidón y sus productos degradados, el rom

pimiento del material nitrogenado presente en las capas exteriores del endospermo ocurre también en pequeñas proporciones.

Este proceso se lleva a cabo en un recipiente con fondo perforado o ranurado para que actúe como cedazo.

Para lavar el grano gastado y extraer todo el mosto dulce se utiliza agua caliente (75 a 78°C), asperjándola sobre la superficie del macerado.

El sistema de decocción difiere del macerado de infusión en varios aspectos; la malta usada tiene un endospermo que ha sufrido menos degradación y requiere por consiguiente mayor acción enzimática en el macerado. La malta es molida más finamente y mezclada con agua a 35°C. La proteólisis y degradación del almidón ocurren en un reposo de pocas horas. Una tercera parte de este macerado, se lleva a otro recipiente en donde se realiza la peptización, sacarificación y conversión, se lleva a ebullición y se regresa al recipiente original. Elevándose la temperatura hasta aproximadamente 50° centígrados, a la cual las enzimas amilo y proteolíticas trabajan efectivamente.

Nuevamente, después de una pausa a esta temperatura una tercera parte del macerado es separada y procesada en la misma forma que la primera, regresándola al macerado principal con lo cual la temperatura se eleva aproximadamente a 65°C, en la cual la amilólisis se realiza rápidamente. El proceso -

se vuelve a repetir con otra parte del macerado, con lo cual se obtiene una temperatura de aproximadamente 72 a 75°C a la cual la actividad enzimática se detiene.

El mosto es separado del grano gastado en un filtro para mosto, el más común es el "Lauter Tub".

El tercer sistema llamado mixto o de doble macerado tiene algunas semejanzas con el de infusión y el de decocción y es el que se usa en Cervicería Modelo. Su principal ventaja es que permite el uso de adjuntos sin gelatinizar y por lo tanto hace más económico el proceso. Se realiza en dos recipientes, en el primero llamado cocedor, se realiza la gelatinización de los adjuntos, en el segundo llamado macerador, se realiza la peptonización y regulando el recibo de la masa gelatinizada del cocedor se realiza la licuefacción, sacarificación y la conversión.

Los productos de la hidrólisis enzimática llevada a cabo en el macerador presentes en el mosto que son atacados -- por las enzimas son: almidones, proteínas, hemicelulosas, gomas, polifenoles, reguladores de pH y ácidos orgánicos, grasos y nucleicos.

Influencia de variables en la maceración.

La temperatura se debe aumentar lentamente para no dañar a las enzimas, la agitación deberá ser alta en el calentamiento para tener una adecuada dispersión y evitar zonas -

con temperaturas altas, en cambio durante las pausas la agitación deberá ser lo más lenta posible para evitar golpear y dañar la cascarilla. En general la temperatura no deberá aumentar más de 1 a 2°C por minuto.

La temperatura óptima para conseguir los objetivos en la maceración dependientes de las características físicas y químicas del mosto y de la cerveza a obtener, son:

<u>Objetivo</u>	<u>Temperatura Óptima</u>
Rápida conversión del almidón	70-72°C
Mayor cantidad de azúcares reductores	60-62°C
Mayor cantidad de azúcares fermentables	65°C
Solubilización máxima de nitrógeno formol	45-50°C
Aumentar nitrógeno permanentemente soluble	50-55°C
Solubilización máxima de nitrógeno coagulable	55-60°C
Mayor cantidad de reguladores de pH	30-40°C
Reducir la viscosidad	30-45°C

Valores de pH que favorecen algunos de los objetivos -- buscados en la maceración:

<u>Objetivo</u>	<u>pH Óptimo</u>
Conversiones más rápidas	5.3-5.6
Mayor cantidad de extracto	5.1-5.4
Mayor cantidad de reguladores de pH	5.1-5.3
Mayor cantidad de azúcares fermentables	5.2-5.5
Mayor cantidad de nitrógeno permanentemente soluble y nitrógeno formol	4.6-5.0

En cálculos de volumen se considera que 100 Kg de malta y/o grits son equivalentes a 0.50 Hl y 100 Kg de arroz corresponden a 0.80 Hl.

Para cálculos caloríficos se considera que 100 Kg de material son equivalentes a 0.44 Hl.

El cp promedio de malta y adjuntos se considera 0.42 cal/g°C.

En el cocedor de cereales se emplean de 150 a 180 l de agua por cada 50 Kg de materias primas.

En el macerador se emplean inicialmente de 125 a 150 l de agua por cada 50 Kg de materias primas y en caso necesario para nivelar temperaturas de mezcla hasta 180-210 l/50Kg.

#### Cocedor de cereales

La malta tiene un alto poder enzimático, pudiendo usarse cereales no maltosos como fuentes de almidón más económico que el proveniente de la malta, entre los cereales más comúnmente usados se encuentran el maíz, el sorgo y el arroz, de los dos primeros se obtiene una sémola refinada llamada - grits.

A los cereales utilizados en la elaboración de cerveza así como otros materiales fuente de carbohidratos, se les conoce como adjuntos. Actualmente solo se usan como adjuntos -



en la Cervecería Modelo, grits y arroz. El arroz se almacena en silos y se reclama igual que la malta para verificar su peso de acuerdo a la formulación que se esté usando, después se muele y se lleva a la tolva de arroz molido y de ésta pasa al cocedor donde se procesa junto con el grits.

El grits se almacena en bodegas en sacos de 50 Kg, cada bodega está equipada con dos tanques cilíndricos de acero inoxidable de 90 Hl con agitadores, en estos tanques se disuelve el grits y se bombea al cocedor donde se mezcla con el arroz.

Debido a que tanto el arroz como el grits no han sido previamente gelatinizados, éstos son sometidos en el cocedor de cereales a dicho proceso el cual consiste en un ciclo de calentamiento que queda registrado en una curva de temperaturas y tiempos, con lo cual gelatinizan los almidones favoreciendo la acción de las enzimas, que se agregan para facilitar la ligera licuefacción que ocurre, con lo cual disminuye la viscosidad del gel de almidón formado, que es el que básicamente tiene valor para la elaboración de la cerveza pudiendo ser atacado por las diastasas al pasar al macerador.

#### Filtración de mosto

Después de la maceración el mosto dulce se separa de los sólidos, mediante el colado o filtración. El mosto es un líquido transparente de color paja con un aroma maltoso característico y sabor dulce. Los sólidos separados se convier

ten en un subproducto denominado afrecho cervecero o bagazo, que se utiliza como forraje para ganado.

Existen varios tipos de filtros cuya función es la de separar el mosto del grano gastado, el más utilizado por los cerveceros de América se conoce con el nombre de Lauter-tub.

Este filtro consta de un cilindro de gran diámetro en comparación a su altura. Actualmente casi la totalidad de ellos se construyen de acero inoxidable. La tapa del filtro es de forma cónica o esférica.

El fondo del filtro puede ser plano, inclinado o construido con varios valles concéntricos con lomos intermedios. Dentro del fondo se encuentra colocado un sistema de captación de mosto de tubos múltiples; normalmente dispuestos en anillos concéntricos que conducen a través de un sistema de válvulas, por las cuales el mosto es llevado a un recipiente de captación denominado colector, así como un sistema de chorros de agua, por el cual puede enjuagarse el sistema de captación de mosto y el piso del filtro. Suspendido encima del fondo verdadero hay un falso fondo de planchas de bronce o acero inoxidable ramuradas de manera muy precisa cuidadosamente encajonadas para formar un piso muy llano y a nivel, encima del cual viene a reposar la masa.

El filtro está equipado con un eje de construcción pesada colocado al centro de la tina y conectado ya sea por arri

ba o por abajo, con un propulsor de velocidad múltiple, que permite hacerlo girar, elevar y bajar. Conectados radialmente desde el eje principal y extendiéndose casi hasta la pared vertical hay 2 o 3 brazos o pescantes rígidos. Conectados verticalmente hacia abajo de los brazos hay cuchillas o rastrillos de filtración móviles, de acero inoxidable o bronce espaciadas y perpendiculares al brazo. Las cuchillas de cada brazo están interconectadas por una barra de operador, de manera que puedan rotarse parcialmente en el eje vertical durante la filtración (tangenciales a la pared de la tina), o descarga, (inclinadas 45 grados).

La tina está equipada con un sistema de lavado de tubos concéntricos suspendidos del techo de la misma, por encima de la posición más elevada del eje central. Los anillos de riego están perforados con numerosos orificios pequeños en el radio inferior o equipados con boquillas para asperjar el agua uniformemente a través de toda el área superficial del lecho de masa en la tina.

Para operar el filtro, la tina se esteriliza con agua hirviendo, se enjuaga perfectamente y se calienta hasta la temperatura de la masa o ligeramente por arriba de la misma, mediante riego o inyección de agua caliente por el fondo a través del sistema de captación del mosto proporcionando un cojin para la masa mediante el llenado de la tina hasta ligeramente por encima del nivel del falso fondo; esto evita que la masa que ingresa impacte directamente el falso fondo con la resultante obturación de las ranuras con masa compactada.

La masa es llevada dentro de la tina de filtración suavemente y se distribuye de manera uniforme a través de todo el piso del filtro. La masa fluye fácilmente, pero se puede ayudar a la pronta distribución y nivelación del lecho mediante elevación del eje central a una velocidad moderada -- con las cuchillas a  $45^{\circ}$  o elevando lentamente los rastrillos en posición de filtración. Cualquiera que sea el método empleado, los brazos deben quedar en su posición máxima superior una vez que haya ingresado toda la masa, a fin de formar el lecho filtrante.

Para ayudar en el establecimiento del lecho de filtración se circula el mosto, reubicando así las partículas finas que se pasan inicialmente de las planchas filtrantes. En algunas cervecerías, se deja que se sedimente la masa después de que se nivela y no se inicia la circulación del mosto hasta unos 15 a 30 minutos después que la masa haya ingresado del todo. En otras, se inicia la circulación del mosto casi inmediatamente que se ha iniciado el transporte de la masa dentro del filtro.

Un lecho de filtración debidamente establecido debe consistir en una capa delgada de partículas finas pastosas inmediatamente encima de las planchas, con una capa gruesa de corpúsculos de endospermo de tamaño gradualmente creciente -- con partículas de cáscara adheridas y finalmente una capa superior de fragmentos grandes de cáscara.

Después que se ha establecido el lecho filtrante y el -

mosto ha logrado claridad, se detiene la circulación y se desvía el "primer mosto" a la olla de cocimientos. El flujo de mosto debe controlarse a una velocidad tal que mantenga el equilibrio hidráulico dentro del sistema.

Junto con la descarga del efluente se inicia el riego, antes que el nivel del mosto alcance la parte superior del lecho, sin que el mismo llegue a secarse hasta que se haya completado el riego.

El agua de riego actúa en varias formas dentro de la separación de mosto: lo diluye y reduce su viscosidad, lo esparce y distribuye intersticialmente, entre las partículas del lecho filtrante manteniendolo permeable y reduce el extracto remanente en los granos.

El volumen total de agua de riego usado para una masa es computado de manera que llene, combinado con el volumen del primer mosto, la olla de cocción hasta el nivel deseado, dejando el lecho relativamente seco al cortar el flujo de efluente a la olla.

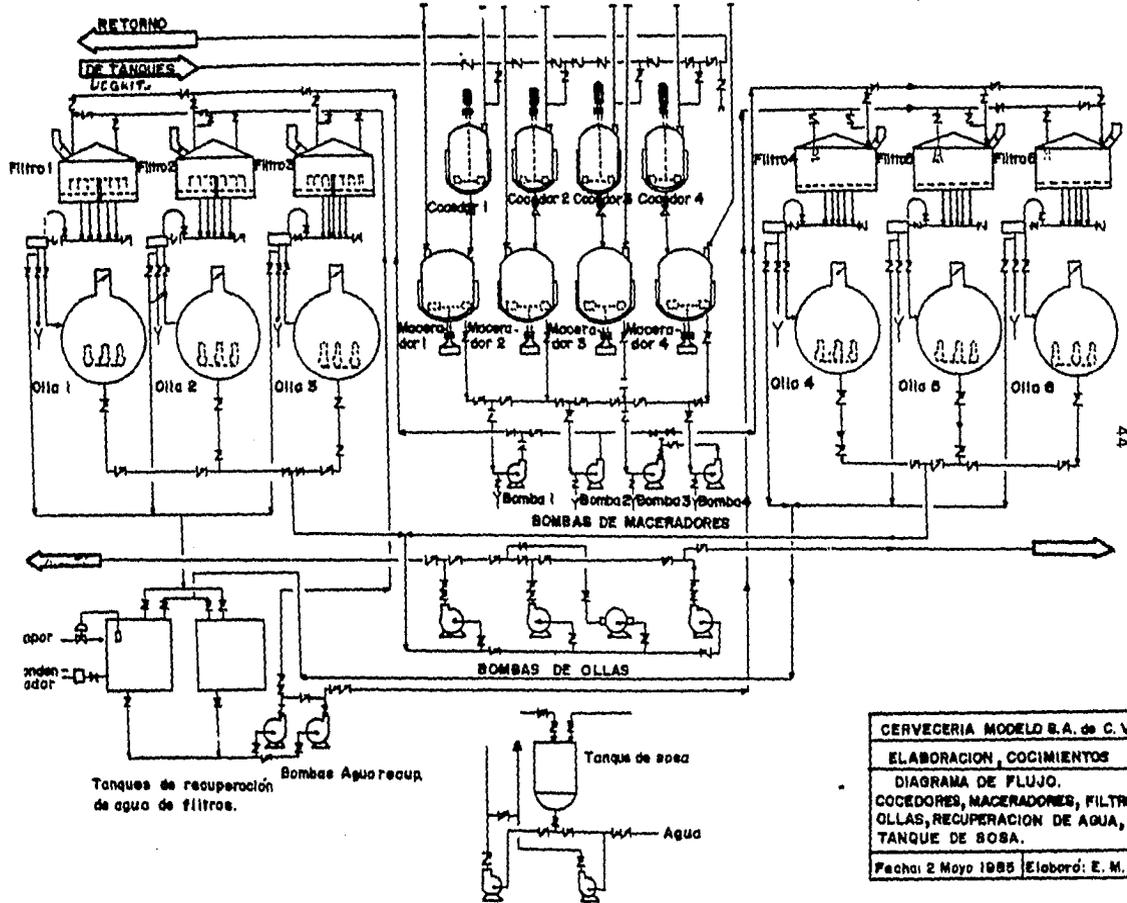
Si durante la filtración se perturba el equilibrio hidráulico debido a una extracción excesiva de efluente clarificado, el cierre del flujo del mosto durante unos pocos minutos normalmente ayuda a corregir esta situación. Si se produce una compactación más severa del lecho de granos, es necesario cerrar el flujo del mosto e inyectar por abajo agua caliente (temperatura de riego), a través del sistema de cap

tación del mosto. La presión del agua se utiliza de esta manera, para levantar el lecho. Tal procedimiento resulta necesario muy rara vez dentro de una sala de cocimientos bien manejada; una vez hecho lo anterior es necesario volver a recircular el mosto hasta clarificación antes de llevarlo nuevamente a la olla de cocción.

Se ha probado emplear las aguas de riego sobrantes después de llenada la olla, como agua de base para el siguiente cocimiento, esto entraña el peligro de contaminación biológica debido a que estas aguas permiten fácilmente el crecimiento de microorganismos y por lo tanto, la aplicación de este principio requeriría de tanque regulador para elevar la temperatura mientras se emplea el agua además de un cuidadoso control biológico. Esta práctica deberá ser evaluada en términos de impacto potencial sobre el sabor de la cerveza así como en su aspecto económico.

Después de terminado el riego y de haber extraído el último mosto, se procede a desalojar el grano agotado o afrecho que queda en el filtro, para esto se eleva la máquina de filtración fuera del lecho de granos y se colocan las cuchillas en posición de descarga, se abren las compuertas de salida de granos y se baja el eje central a la mayor velocidad posible hasta tocar el falso fondo con las "zapatas de hule" de que están equipadas las cuchillas en su parte inferior. La pequeña cantidad de granos remanente se elimina con un chorro de agua a alta presión. El enjuague del sistema de captación --

De Tolvas de malta y arroz molidos



CERVECERIA MODELO S.A. de C.V.
ELABORACION, COCIMIENTOS
DIAGRAMA DE FLUJO.
COADORES, MACERADORES, FILTROS,
OLLAS, RECUPERACION DE AGUA,
TANQUE DE SOSA.
Fecha: 2 Mayo 1985 Elaboró: E. M. B.

del mosto y de las válvulas de salida de granos para asegurar el sellado correcto, completan el ciclo de filtración.

Olla de cocimientos.

El objeto de la sala de cocimientos es la producción eficiente de mosto, con la formulación y calidad correctas -- que permitan producir la cerveza deseada. El mosto es un líquido acuoso que contiene un conjunto complejo de sustancias solubles y en suspensión derivadas de los ingredientes.

Existen varios tipos de ollas de cocimientos, variando tanto en su forma como en los materiales de construcción utilizados, así como el sistema de calentamiento empleado.

Generalmente las ollas tienen paredes cilíndricas y fondos semiesféricos; los materiales de construcción empleados son generalmente cobre y/o acero inoxidable. En cuanto al -- sistema de calentamiento utilizado, éste puede consistir en el empleo de vapor o de agua sobrecalentada, los cuales circulan por chaquetas, falsos fondos, serpentines, secciones de tubo soldados al fondo, etc.

Durante el proceso de ebullición en la olla de cocimientos se persiguen los siguientes propósitos:

1. Esterilizar el mosto.
2. Inactivar las enzimas.

3. Reducción del pH.
4. Eliminación de proteínas y polifenoles.
5. Ajuste del peso específico.
6. Formación de melanoides y reductonas.
7. Extracción de los principios amargos del lúpulo e -- isomerización de los mismos.
8. Eliminación de olores desagradables provenientes de las materias primas.
9. Dosificación de aditivos para cambiar coloración, aumentar densidad, diluir proteína, facilitar el metabolismo - de la levadura, alterar el balance salino del mosto, etc.

La cantidad de precipitado obtenido después de la ebu-- llición será influenciado por:

A). La temperatura de ebullición. A medida que ésta sea mayor, se tendrá una mayor coagulación.

B). El pH existente. Se considera que la albúmina tiene un punto isoeléctrico de aproximadamente 5.4 y la beta-globulina de 4.9 por lo tanto de acuerdo al pH existente se eliminará mayor cantidad de una u otra.

C. La duración y vigor de la ebullición. Para obtener una adecuada eliminación de los complejos protéicos se considera necesario un tiempo mínimo de ebullición de una hora y media.

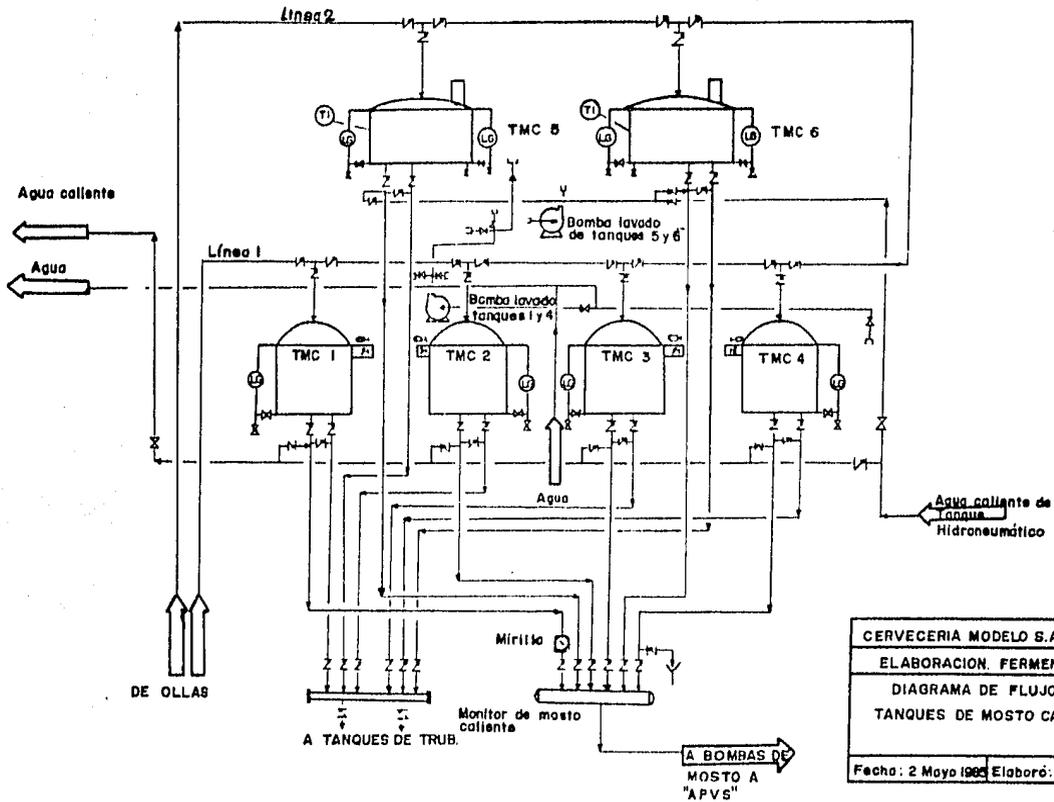
D. La presencia de agentes químicos o físicos que puedan favorecer la formación de coagulo y su sedimentación. Actualmente se emplea metabisulfito de sodio o potasio en proporciones de 20 a 40 ppm. Anteriormente también se utilizaba como medio coagulante la flor de lúpulo ya que forma núcleos de condensación pero actualmente el lúpulo ya no se usa en flor sino en forma de extracto.

Normalmente se debe llevar el mosto a ebullición con la mayor rapidez posible; sin embargo, cuando se han tenido problemas de conversión, los cuales se detectan al efectuar la prueba de iodo en el mosto al pasarlo del filtro a la olla; se considera conveniente sostener el mosto en la olla a 75 - grados centígrados durante algún tiempo, añadiendo en el mismo un poco de alfa-amilasa bacteriana.

Tanques de mosto caliente.

Generalmente se usan tanques rectangulares o cilíndricos de tipo remolino (Wirpool).

Una vez terminada la ebullición en la olla de cocción, se bombea el mosto a los tanques de mosto caliente. La estancia del mosto en estos tanques tiene como objeto el permitir



CERVECERIA MODELO S.A. de C.V.	
ELABORACION. FERMENTACION	
DIAGRAMA DE FLUJO	
TANQUES DE MOSTO CALIENTE	
Fecha: 2 Mayo 1966	Elaboró: E. M. B.

la sedimentación del coagulo formado durante la ebullición - en la olla, al cual se le denomina "trub".

En general la cantidad de "trub" caliente recolectado aumentará con: menor altura del mosto en el tanque, mayor tamaño del flóculo, menor peso específico del mosto, mayor temperatura y mayor pH en el mismo.

#### Enfriadores de mosto.

Los enfriadores de mosto más comunes son los de placas. Independientemente del tipo de enfriador que se use, las finalidades de este enfriamiento basicamente son dos:

1. Reducir la temperatura desde aproximadamente 90 - --- 100°C, hasta la temperatura de siembra o inóculo de levadura, la cual puede oscilar desde 7 hasta 18°C, dependiendo del tipo de cerveza y cervecería en particular.

2. Aereación del mosto que permita trabajar adecuadamente a la levadura.

#### Fermentación.

El mosto sale del enfriador a una temperatura entre 7 y 18°C. La siembra de levadura se realiza inmediatamente después del enfriamiento para evitar contaminación microbológica.



Una definición sencilla de lo que es la fermentación --  
cervecera, sin considerar la influencia enzimática, se po --  
dría expresar como el proceso anaeróbico, por medio del cual  
la levadura convierte los azúcares fermentables en etanol, -  
dióxido de carbono y calor.



Los principales factores que influyen la fermenta---  
ción enzimática, tomando en cuenta la aereación son:

1. Selección de la cepa de levadura adecuada y condi---  
ción existente en le cultivo cuando se inocula en el mosto.

2. Concentración y distribución de la levadura en el --  
mosto inoculado.

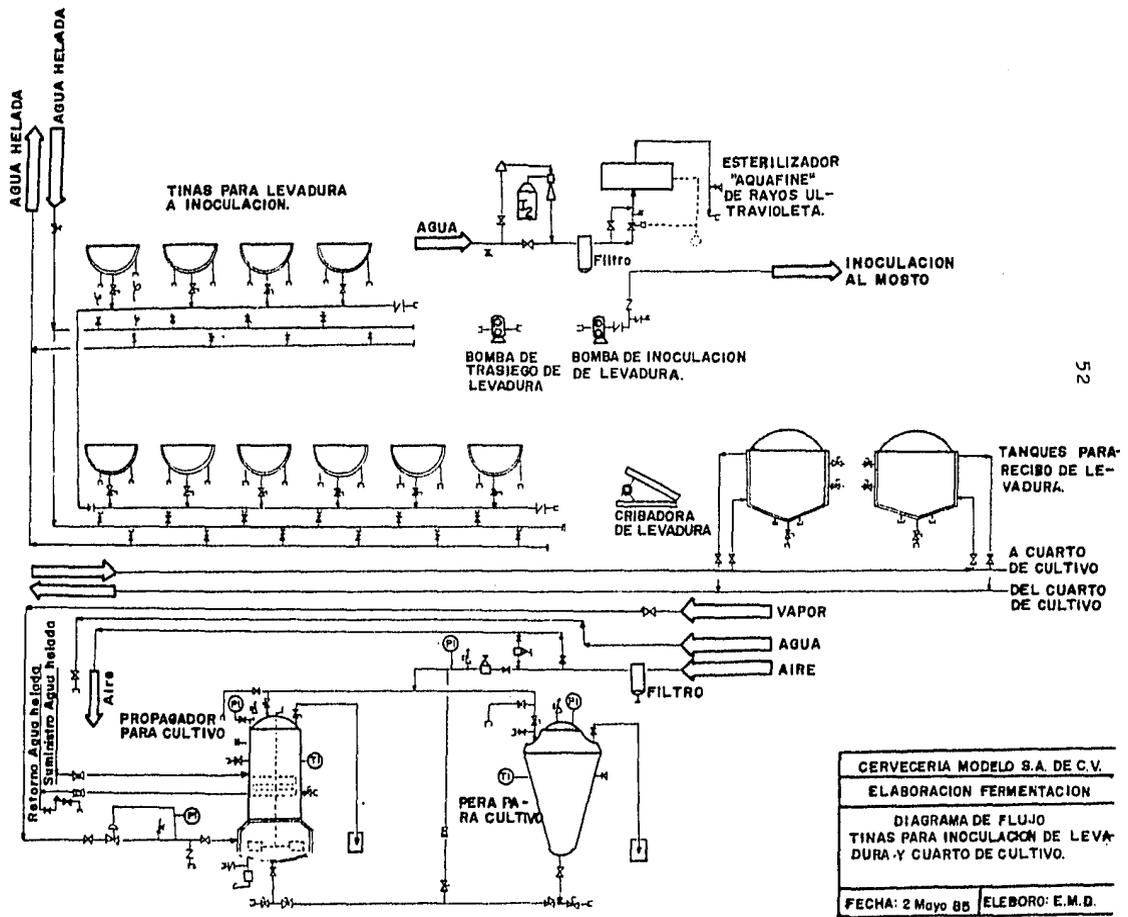
3. Composición química del mosto.

4. Aereación.

5. Temperatura de fermentación.

6. Condiciones, forma y tamaño del fermentador.

Con respecto al factor 1, diferentes cepas de levadura  
originarán diferentes características en la cerveza resultan  
te, aún partiendo de un mismo mosto y con las mismas condi--  
ciones de operación.



52

CERVECERIA MODELO S.A. DE C.V.	
ELABORACION FERMENTACION	
DIAGRAMA DE FLUJO	
TINAS PARA INOCULACION DE LEVADURA Y CUARTO DE CULTIVO.	
FECHA: 2 Mayo 85	ELEBORO: E.M.D.

Por lo que toca al factor 2, es extremadamente importante que la inoculación de levadura no se realice de tal forma que el número de células presentes en el mosto sea excesivo, ya que ésto originaría un menor porcentaje de células jóvenes y vigorosas en la siguiente generación, con el resultado final de pérdida de vigor, por agotamiento del cultivo.

Se considera normal agregar 0.5 a 1.0 litros de levadura líquida (13 % de sólidos), por Hl de mosto, para obtener una concentración de 10 a 14 millones de células de levadura por ml de mosto.

El factor 3, composición química del mosto, afectará la reproducción de la levadura, la velocidad de la fermentación, el grado de atenuación conseguido y el nivel de infección -- que pueda existir.

La composición química del mosto estará determinada por los siguientes factores:

a). Tipo y cantidad de adjuntos empleados en la fórmula de elaboración.

b). Variedad de cebada empleada, la que estará afectada también por la zona, el clima y la técnica del cultivo.

c). Grado de modificación conseguido durante el malteo.

d). Intensidad de la proteólisis y la sacarificación -- conseguida durante la maceración.

El factor 4, aereación del mosto, es extremadamente importante y se requiere saturar al mosto para tener un arranque rápido de la fermentación, así como para permitir que la levadura tenga una cantidad suficiente de ácidos grasos no saturados, los cuales tienen una importancia vital para la capacidad de asimilación de los nutrientes presentes en el mosto.

Se considera aceptable un contenido de 6 a 8 ml de oxígeno por cada litro de mosto.

Es necesario que el aire adicionado al mosto ya haya sido previamente secado y esterilizado.

La aereación se debe realizar inmediatamente antes o después del punto de inoculación de la levadura, para evitar que el oxígeno reaccione con algún componente del mosto se dosifica con un dispositivo tal que se obtengan burbujas pequeñas de aire, con lo cual se aumentará el área de la interfase gas/líquido y por lo tanto se incrementará la disolución.

La aereación deberá ser siempre en el punto más próximo posible a la salida del enfriador de mosto, para que exista un trayecto de tubería y manguera que permita homogenizar la mezcla de mosto/aire/levadura, antes de entrar al tanque de arranque o al fermentador.

El factor 5, temperatura de fermentación, afectará directamente el metabolismo de la levadura y la velocidad de la fermentación. En general a mayor temperatura se eleva la fermentación, pero el producto resultante tendrá características más aromáticas y sabor más astringente al formarse más aceites fusel, ácidos, aldehidos y ésteres. La cerveza resultante tendrá un menor pH, menor espuma y menor concentración de isohumulonas.

Del factor 6, dimensiones, condiciones y forma del fermentador, se puede considerar que en tanques pequeños, existirá siempre una más fácil atenuación de la cerveza, debido a que existe mayor contacto entre la levadura y el mosto.

La relación entre la altura del tanque y el área del fondo es importante, ya que a una mayor altura, corresponderá un mayor tiempo para que la levadura en suspensión sedimente y por lo tanto la atenuación será mayor, el área del piso permitirá una mayor o menor superficie de contacto entre la levadura sedimentada (la cual aún puede fermentar a la cerveza) y la cerveza fermentando, con lo cual se tendrá una mayor o menor atenuación, (mayor o menor fermentabilidad).

La tersura o rugosidad de las paredes y piso afectarán la evolución de  $\text{CO}_2$ , ya que una superficie áspera permitirá un mayor desprendimiento de  $\text{CO}_2$ , el cual a su vez originará una mejor suspensión a las cadenas de levadura y permitira así un mayor contacto de las mismas con el mosto fermentando, obteniéndose así un mayor grado de atenuación.

Reposo o maduración.

Cuando ha terminado la fermentación primaria, si se --- prueba la cerveza, se encontrará que tiene un cuerpo delgado y un caracter astringente con sabor a levadura. Para conse--- guir la eliminación de estos sabores y obtener una cerveza - sin características a cerveza "verde" o "tierna", será neces- sario pasar a la etapa de reposo o maduración.

Durante esta etapa del proceso, se obtienen las caracte- rísticas definitivas en el sabor de la cerveza, debido entre otras cosas a la purga y/o reducción de algunos volátiles -- presentes en la cerveza "tierna" (alcoholes superiores, dia- cetilo, aldehidos, cetoácidos y compuestos sulfurados). En - esta etapa se elimina el oxígeno que pudo haber sido atrapa- do durante el bombeo de tanques de fermentación a tanques de reposo. Aquí se eliminan también algunos aceites de lúpulo - no separados en la olla, los cuales precipitan; también por adsorción en la levadura se separan algunos y precipitan va- rias proteínas, las cuales son causa principal de la turbie- dad en la cerveza.

El contenido de células de levadura presentes en la cer- veza al término de la fermentación primaria, será función del tipo de proceso utilizado y de las características floculan- tes de la cepa de levadura; en general, este contenido se ha lla entre 0.5 y 6 millones de células por ml, el nivel óptimo se determina en cada caso, tomando en cuenta todas las varia

ciones del proceso que se esté empleando.

Es posible al terminar la fermentación primaria, enfriar la cerveza con o sin separar las células de levadura y carbonatar en reposo desde el fondo del tanque, purgando así en -- forma constante los volátiles mencionados anteriormente.

El reposo, cualquiera que sea el proceso que se siga, -- tiene como fin lograr los siguientes objetivos.

1. Mejorar el sabor y aroma de la cerveza.
2. Efectuar reacciones de reducción (oxígeno, diacetilo, etc.).
3. Saturación parcial con gas carbónico, ya sea añadido o formado durante la fermentación secundaria.
4. Clarificación parcial de la cerveza, debido a la sedimentación de la levadura y el "trub", con lo cual se aumentará el rendimiento durante la filtración.
5. Eliminación de complejos formadores de turbidez, con lo cual se aumentará la estabilidad coloidal del producto.
6. Reducción del contenido de azúcares residuales con lo cual se disminuye la posibilidad del desarrollo de una contaminación posterior.

Para realizar la fermentación secundaria, la levadura - deberá obtener energía del metabolismo de los azúcares; por lo tanto, debe existir suficiente cantidad de los mismos, -- los cuales se obtienen de;

- a). Residuales de la fermentación primaria, o
- b). Adición de mosto, o
- c). Solución de azúcar junta con algo de levadura, o
- d). Kraeússen. (ver pag. 60).

Dependiendo de la temperatura a que se lleve a cabo el reposo, variará la duración del mismo al alterase la velocidad de maduración. Por otra parte, es necesario que la cerveza se encuentre a temperaturas proximas a  $0^{\circ}\text{C}$ , durante los - últimos dias del reposo, para evitar que se autolice la levadura y se tengan problemas de sabor y contaminación con bacterias.

El tiempo óptimo de reposo para cerveza con Krs. variará entre 25 y 35 días, siendo afectado por los siguientes -- factores:

- 1. Temperatura de la cerveza.
- 2. Cepa de levadura.
- 3. Estado fisiológico de la levadura.

4. Número de células de levadura en suspensión.

5. Grado de floculación de la levadura.

6. Corrientes de convección en el tanque.

7. Capacidad, forma y área superficial de los tanques - de reposo.

Los principales factores que regulan la maduración del sabor son: La acumulación interna de las células, la secreción, la acumulación en la cerveza alrededor de la levadura sedimentada y la difusión en toda la cerveza del tanque.

Los cambios que ocurren durante el reposo se dividen en dos etapas: en las primeras dos semanas la levadura presente terminará las reacciones iniciadas en la fermentación primaria y al cabo de este periodo de tiempo se tendrá una disminución acelerada de las células de levadura en suspensión. - Cuando ha transcurrido esta etapa, se inicia la liberación - de materiales de la levadura a la cerveza.

Cuando se utiliza el proceso con adición de Krs. (que - es nuestro caso), la cerveza proveniente de la fermentación primaria se recibe entre 5 a 6<sup>o</sup>C, si la temperatura fuese menor dificultaría la fermentación secundaria y por lo tanto, haría más lenta la maduración. Si la temperatura fuese mayor, se tendría una muy pobre separación de la levadura al término de la fermentación primaria, se aumentarían las cargas de

refrigeración (picos) y se correría el peligro de facilitar la autólisis de la levadura. Generalmente y dependiendo de las condiciones particulares, se emplea de 7 a 20 % de Krs.

Se conoce como Krs. la adición de cerveza fermentada en la etapa más vigorosa de reproducción de las levaduras, es decir aquella que coincide con la parte superior de la curva logarítmica de crecimiento, antes que ésta se vuelva asintótica. Aún cuando este proceso sea más largo y requiera de una mayor inversión en equipo, se considera que la cerveza resultante tendrá mejor espuma, estará mejor protegida contra la oxidación, tendrá un sabor más limpio y más suave, un menor contenido de diacetilo y una carbonatación más uniforme.

En el proceso sin Krs. se debe cuidar que la cerveza al término de la fermentación primaria tenga 1 % de extracto residual y de 0.5 a 3 millones de células de levadura en suspensión, por lo tanto, se debe de cambiar el ciclo de enfriamiento en fermentación y/o centrifugar la cerveza.

Al pasar la cerveza de fermentación a reposo, ésta se enfría a 0°C, carbonatando a 2 volúmenes de CO<sub>2</sub>, por lo tanto, se requiere el uso de contrapresión en los tanque de reposo.

La cerveza elaborada con este proceso tiene generalmente mejor estabilidad coloidal y una mayor purga de volátiles debido al lavado con CO<sub>2</sub>.

## Filtración final de la cerveza.

Al terminar la etapa de reposo, la cerveza ha alcanzado cierto grado de clarificación, sin embargo, aún no alcanza el grado de brillantez requerido para su aceptación. Por lo tanto es necesario filtrarla antes de ser envasada.

Dentro de la industria cervecera existen 3 tipos de filtros en uso: de pulpa, de tierra de diatomáceas o perlita y de placas. En los tres se realiza la filtración debido a 3 factores:

1. Filtración por efecto de tamizado. Ocurre cuando los sólidos presentes en un líquido, son separados del mismo al pasarlo por un medio filtrante con diámetro de poro menor -- que el tamaño del sólido.

2. Filtración por efecto de profundidad. Ocurre cuando el espesor del medio filtrante es tal que existen canales secundarios dentro de los poros, de tal forma que los sólidos que entran al medio filtrante, serán separados por retención en los canales secundarios.

3. Filtración por efecto de adsorción. Ocurre cuando el potencial  $Z$  entre el material filtrante y el líquido turbio es positivo, con lo cual existirán atracciones electrostáticas entre unos y otros. De todos los materiales empleados comúnmente en filtración de cerveza, solamente el asbesto tiene potencial  $Z$  positivo.

Se conoce como potencial  $Z$  a la diferencia existente entre el potencial electrostático de un líquido y el que tienen los coloides del mismo líquido en la interfase del manto de hidratación.

En general, la facilidad relativa de filtración de un líquido, está determinada por la cantidad de sólidos presentes y por las siguientes características de las partículas - por separar:

a). Tamaño individual de las partículas. Pueden variar desde bacterias con diámetro menor de una micra, hasta partículas de precipitados con diámetros mayores de 100 micras.

b). Solidez de las partículas. Pueden ser blandas y dúctiles como la levadura, fibrosas como los micelios de hongos o duros y granulares como los cristales de oxalato.

c). Comportamiento de las partículas. Varía en su tendencia a sedimentar o aglomerarse.

En condiciones en las cuales existe resistencia a la filtración, es una práctica muy común el utilizar los llamados "filtro-ayuda", definiendo como filtro-ayuda, a un material finamente dividido, que no presenta ninguna reacción química con el líquido a filtrarse y que practicamente no se compacta o comprime por la presión que ejerce el líquido al pasar a través de él.

Un buen filtro-ayuda debe formar una torta filtrante -- con aproximadamente 85 a 90 % de espacios vacíos. El tamaño de estos espacios debe de ser tan pequeño como para retener cuerpos o sólidos hasta de un decimo de micra.

Las características de un buen filtro-ayuda son:

1. Debe ser inerte, libre de impurezas, bajo contenido de fierro. etc.
2. Debe ser ligero para tener mayores ventajas económicas, ya que a igual peso, existirá un mayor volumen de filtro-ayuda.
3. Debe formar una torta porosa con 85 a 90 % de espacios vacíos.
4. Debe tener el diámetro promedio de partícula mínimo para tener la máxima área superficial unitaria posible.
5. Buena distribución del tamaño de las partículas.

Los materiales más usuales empleados como filtro-ayuda son:

- a). De diatomita.
- b). De perlita.
- c). De celulosa.

## d). De asbesto.

El proceso más generalizado en la filtración de cerveza es el de formación de precapa y agregado posterior. En este proceso, el filtro-ayuda se agrega en forma constante al líquido por filtrar, formando previamente una precapa cuyo objetivo básico es evitar que se tapen las mallas con sólidos existentes en el líquido. Permite obtener brillantez desde las etapas iniciales de filtración.

Una vez formada la precapa y sin interrupción de la presión dentro del filtro, se inicia el bombeo del líquido por filtrar sin tener cambios bruscos en la presión dentro del filtro al momento de hacer este cambio, pues podría causar desprendimiento de la precapa y una vez que esto sucede, es muy difícil volver a obtener la claridad deseada.

El líquido a filtrar contiene no solamente sólidos en suspensión, sino también el filtro-ayuda y ambos irán formando una torta que irá aumentando de espesor a lo largo del ciclo. El filtro-ayuda se inyecta en la corriente del líquido a filtrar como suspensión de concentración conocida, debe añadirse en forma constante tanto en cantidad como en concentración.

La principal ventaja que presenta este método con inyección constante, es que el filtro tarda más en taparse que con el sistema de cama fija.

La bomba dosificadora debe tener velocidad variable para permitir variar la velocidad de dosificación al disminuir la velocidad de flujo.

Previamente a la filtración, la cerveza es pasada por un enfriador donde su temperatura desciende hasta  $-2^{\circ}\text{C}$ , para eliminar por coagulación la mayor parte de los complejos proteicos presentes.

Es conveniente realizar la carbonatación de la cerveza antes del enfriador, con lo cual se tendrá una mejor disolución del gas sin que existan problemas por variaciones de presión en el filtro.

La cerveza carbonatada y filtrada, se almacena por no más de 3 a 4 días en una sala especial refrigerada entre 0 y  $-1^{\circ}\text{C}$  denominada "gobierno" hasta el momento de envasarse. No se debe envasar sin dejarla reposar por lo menos 2 horas para evitar excesivo espumeo en las llenadoras provocado por el  $\text{CO}_2$ . La cantidad de  $\text{CO}_2$ , contenida en la cerveza debe estar entre 2.5 y 3.0 volúmenes. El contenido de oxígeno disuelto en la cerveza no debe ser mayor de 0.1 ppm.

#### Envasado

El envasado representa la parte de la fabricación de cerveza que tiene mayor mano de obra y las compras para el mismo representan uno de los principales rubros de los cos--

tos, el funcionamiento eficiente de este departamento en todas sus secciones es vital para el buen éxito de la cervecería.

La mayoría de las cervecerías reciben sus recipientes - vacíos en tarimas. En una operación típica, las botellas que se devuelven vacías del mercado, se reciben en cajas reutilizables, colocadas encima de un palet (tarima), que contiene 42 o 49 cajas (7 en fila, con 6 o 7 de altura). El palet es sacado del camión o del vagón de ferrocarril mediante un montacargas y se almacena.

Cuando el envase se va a utilizar, se manda por medio - de una banda transportadora a la desempacadora donde un operario abre las tapas de la caja e inspecciona las botellas - sacando las que estén rotas o cuyo cuello esté despostillado. Las cajas entran a la desempacadora de botellas, donde éstas se sacan automáticamente y se depositan encima de una banda transportadora la cual las lleva a la lavadora.

Las botellas son lavadas mediante la inserción de éstas dentro de la cadena con canjilones que se encarga de llevar las botellas a través de la lavadora. La lavadora consta de un gran tanque rectangular dividido en 5 o más compartimientos cada uno de los cuales está equipado con un controlador de temperatura. Los compartimientos o tanques son preparados para su utilización, llenándolos con una solución que consiste en agua, sosa cáustica, un agente quelante y un agente hu

mectante.

Salvo en los dos últimos tanques, la alcalinidad total (como NaOH), de la solución en todos ellos debe de ser entre 4 y 6 %, para garantizar un buen lavado de las botellas.

La temperatura en los tanques, se regula de manera que las botellas alcancen  $85^{\circ}\text{C}$  tan pronto como sea posible, sin tener un cambio de temperatura mayor de  $30^{\circ}\text{C}$ , para evitar -- rompimiento de la botella por cambios bruscos de la temperatura.

El último tanque cuenta con una provisión de agua fresca, bombeada al mismo con flujo regulado de manera de mantener la concentración de NaOH no mayor de 0.1 %.

Las etiquetas, vidrios y otros depósitos deben eliminarse de los tanques. Esto puede hacerse vaciando cada tanque, enjuagándolo luego y volviéndolo a llenar o automáticamente mientras la unidad está en funcionamiento, ya que muchas lavadoras de botellas tienen un dispositivo de extracción de etiquetas por el cual se les saca directamente de la solución. Debe tenerse cuidado de que las etiquetas extraídas queden -- tan limpias de solución como sea posible. Los compartimientos deben vaciarse y limpiarse periódicamente, ya que de otra manera quedarán acumulados en ellos vidrios y lodo los -- cuales pueden atorar el transportador de botellas.

Cuando las botellas dejan la sección de los comparti---

mientos con solución cáustica, ingresan a la sección de enjuague, donde son enjuagadas por dentro y por fuera. En esta sección tienen lugar dos operaciones: primeramente, las botellas son sometidas a chorros de agua recirculada a alta presión; esta acción desprende la tierra aflojada en la sección anterior. En el segundo y último enjuague, las botellas reciben un chorro de agua potable fresca. La sección de enjuague de la lavadora debe mantenerse debidamente, de manera que todas las boquillas de enjuague funcionen correctamente y así asegurarse de que no haya ningún arrastre de cáustico.

Se utiliza un inspector electrónico para revisar las botellas vacías antes de ser llenadas. Esta unidad mira a través de la apertura superior de la botella en forma cónica -- hasta ver el fondo de la botella; si encuentra materia extraña dentro de su campo de visión, la botella es retirada de la banda transportadora.

Llenado de botellas.

Las tuberías, mangueras de cerveza y máquina llenadora de botellas deben enfriarse, usando agua fría para preparar el sistema para el llenado de botellas. Previamente, dicho sistema ha sido esterilizado con agua caliente. Cuando está frío el sistema de llenado, se drena el agua y se sopla para limpiarlas usando contrapresión. El sistema es puesto entonces a presión y se permite que ingrese la cerveza en las tuberías y llenadora. La llenadora está lista ahora para funcionar.

Durante su funcionamiento, se bombea cerveza terminada a través de las tuberías hasta la llenadora. Las bombas de - cerveza deben ser del tipo de desplazamiento positivo con -- controles de velocidad; la velocidad de la bomba debe regu-- larse para bombear el mismo volumen que está usando la llenadora o un volumen que se le aproxime lo más que sea posible. Cuando la llenadora está en funcionamiento, la contrapresión sobre el tazón de la llenadora debe regularse de manera que se obtenga el llenado deseado en el envase.

Todo el aire que hay dentro del espacio libre de una botella llena debe desplazarse antes de colocar la tapa. Esto puede hacerse mecánicamente golpeando la botella, el golpeador es una varilla regulable por medio de un resorte que golpea cada botella, lo cual produce espumeo que llena el espacio libre. El golpeador debe de usarse con cautela, ya que - puede dañar la superficie de la botella, produciendo su rotura si se le golpea demasiado fuerte.

Las tapas son transportadas a la tolva por medio de una correa magnética o una alimentación neumática o pueden ser - vaciadas a mano directamente dentro de la tolva. Cualquiera que sea el método empleado, solo debe mantenerse medio llena la tolva, para reducir la posibilidad de que se compriman -- las tapas y no sean alimentadas lo suficientemente rápido -- dentro de la canaleta, provocando que pasen botellas y no sen tapadas.

**Pasteurización.**

Después de cerrarse los recipientes (botes o botellas), pasan al pasteurizador, donde se eleva la temperatura de la cerveza, se mantiene así por el lapso deseado y se reduce -- luego a no más de  $27^{\circ}\text{C}$  si es posible. El ciclo de pasteurización debe regularse para producir la cantidad de unidades de pasteurización (U.P.), que permitan asegurar una cerveza biológicamente estable. Una unidad de pasteurización se define como una exposición de un minuto a una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$ , la cerveza por pasteurizar; es pues una medida del efecto letal del tratamiento térmico producido por la pasteurización.

Los pasteurizadores funcionan bajo el principio de llevar el envase a través de zonas cronometradas de calentamiento y enfriamiento, en las cuales se someten los envases a -- riegos de agua. La temperatura del agua dentro de cada zona sucesiva se eleva hasta alcanzar la temperatura deseada en el envase y luego se enfría gradualmente hasta una temperatura no mayor de  $27^{\circ}\text{C}$ .

La pasteurización que se aplica en casi todas las cervecerías del mundo, es el resultado de los estudios que hizo -- el gran Biólogo francés, el Doctor Louis Pasteur, sobre fermentaciones de cerveza. La pasteurización consiste en elevar la temperatura lo suficiente y mantenerla el tiempo necesario para asegurar la estabilidad microbiológica de la cerveza.

Como en casi todas las operaciones cerveceras, también

en la pasteurización tenemos los dos factores: temperatura y tiempo que están íntimamente relacionados entre sí.

La cerveza sale de la llenadora a una temperatura entre 0 y 1.5°C, entra al pasteurizador y es elevada gradualmente hasta 60°C y así se mantiene durante 20 minutos, luego se enfria gradualmente a 27°C o menos.

Se pueden modificar los factores, aumentando la temperatura y reduciendo el tiempo o viceversa. La siguiente tabla nos da la relación entre las temperaturas y el tiempo mínimo necesario para asegurar la pasteurización de la cerveza.

Temperatura en °C	Tiempo en minutos
57.5	22
58.5	21
60.0	20
61.0	19
62.5	18
63.5	17
65.0	16

La pasteurización no beneficia las características de la cerveza, por el contrario se produce desequilibrio en su estabilidad coloidal lo que hace que cambie de sabor. Tenemos aquí la explicación de porqué muchos tomadores expertos de cerveza prefieren la de barril que no está pasteurizada.

Pero la pasteurización es el único medio que tenemos para -- que la cerveza pueda estar 3 o 4 meses y a veces más tiempo en el mercado sin descomponerse.

#### Etiquetado.

La cerveza envasada debe ser atractiva a la vista por -- lo tanto se requiere que la etiqueta tenga una presentación correcta, que no vaya floja, dañada, con adhesivo desprendido o despegada del todo. La capacidad de las etiquetadoras -- debe de ser tal que no provoquen paralización en la línea de producción.

Después de la colocación de la etiqueta, las botellas -- se empaacan dentro de cajas, usando una empacadora. El empacado debe ser suave, para evitar la rotura de botellas; según el tipo de caja que se use, se empleará pegadora o encintadora de cajas.

#### Almacenamiento y distribución.

Las cajas cerradas, se mandan por medio de bandas transportadoras, al departamento de lleno donde se apilan en tarimas y se almacenan en el orden que previamente se tiene establecido para su embarque posterior.

Se debe evitar dañar el producto al estivarlo así como al embarcarlo. No se debe dejar hacer vieja la cerveza, por lo tanto se distribuirá la que tenga mayor tiempo en almacen.

## CAPITULO 3

## ADJUNTOS

## Definición y uso.

Los adjuntos son materiales formados por carbohidratos no maltosos que se utilizan en la preparación de los mostos, además de la malta.

El uso de adjuntos en la elaboración de cerveza fue una innovación introducida por los cerveceros de Estados Unidos - de Norte América, debido a que las cebadas americanas tenían un alto contenido de proteínas y al ser malteadas generaban una gran actividad enzimática; el contenido protéico y la actividad enzimática desarrollada, eran mayores que las requeridas para proveer a la levadura de nutrientes y para convertir el almidón de la malta en azúcares.

Los adjuntos se utilizan como fuente de carbohidratos, sin proporcionar cantidades significativas de otros constituyentes del mosto. Los carbohidratos provenientes de los adjuntos resultan más económicos que los provenientes de la malta.

Los adjuntos utilizados en cervecería se pueden clasificar en dos grupos:

### 1. Adjuntos secos

Los adjuntos secos son: Hojuelas de maíz y de arroz, -- arroz como tal, harinas de maíz, de sorgo; grits refinado de maíz, de sorgo; azúcar de caña, de remolacha; cebada, tapioca, almidones dextrinificados; etc.

### 2. Adjuntos líquidos

Los adjuntos líquidos son: Jarabes de maíz, de azúcar -- de caña, de azúcar de remolacha; etc.

De acuerdo con su preparación, los adjuntos pueden ser utilizados en diferentes etapas del proceso de elaboración:

En el cocedor.- Arroz como tal, productos de arroz y de maíz, almidones de maíz, de sorgo y de trigo, en forma natural, etc.

En el macerador.- Almidones dextrinificados, hojuelas de maíz y de arroz. Los adjuntos agregados en el macerador -- deben ser pregelatinizados.

En la olla.- Jarabe de almidones convertidos, obtenidos por medio de una hidrólisis ácida o enzimática almidones naturales; azúcar de caña y de remolacha, azúcar invertido.

Las características fundamentales que debe reunir un ad junto son:

El adjunto debe proporcionar una gran cantidad de almidón para obtener azúcares fermentables y dextrinas similares a las de la malta. El almidón debe ser gelatinizado con un mínimo de tratamiento en el cocedor y debe ser de rápida y completa conversión en el macerador. No debe afectar la filtración; ésta debe ser rápida y con obtención de mostos claros. No debe proporcionar proteína soluble, por no ser ésta necesaria; si proporciona proteínas solubles, éstas deben de ser de las que no afecten la estabilidad coloidal de la cerveza, deben ser nutrientes para la levadura y favorecer la espuma de la cerveza.

El contenido de aceites o lípidos en los adjuntos debe ser bajo, ya que los aceites se hacen rancios por exposición al aire y transmiten al mosto sabores y olores muy característicos.

Al ser los adjuntos proveedores prácticamente solo de carbohidratos, los mostos obtenidos con su utilización tendrán un contenido de material nitrogenado menor, así como también se tendrá reducido el contenido de polifenoles, por estas razones las cervezas así obtenidas tenderán a ser más suaves de sabor y con mayor estabilidad coloidal.

El nivel de utilización de los adjuntos estará dado por

la capacidad de la malta para proporcionar los nutrientes a la levadura, la actividad enzimática durante la maceración y por la obtención del sabor deseado en la cerveza. Maltas mal modificadas, empleadas con adjuntos, dan cervezas con características mediocres; gran cantidad de adjuntos dan cervezas acuosas, insípidas y con espuma pobre.

Cuando el adjunto utilizado no ha sido previamente gelatinizado, se debe someter a un proceso en el equipo denominado cocedor de cereales el cual consiste en un tanque cilíndrico de fierro provisto de un sistema de agitación y tapa para trabajarse con presión interior. El calentamiento de la masa se efectúa por medio de vapor de agua a través de dos chaquetas, una en el fondo y otra en la parte cilíndrica del tanque.

El proceso en este equipo consiste en suspender en agua al adjunto y calentar a tiempos y temperaturas definidas para gelatinizar los almidones y lograr así que se efectúe la acción de las enzimas sobre los mismos. La gelatinización ocurre cuando por efecto de la temperatura, se debilita la fuerza de unión de las micelas de los gránulos de almidón y al separarse éstas, sobreviene un hinchamiento del gránulo que provoca una gran absorción de agua del medio que la rodea favoreciéndose entonces el ataque de las enzimas. Debido al hinchamiento de los gránulos se tiene un mayor rozamiento entre los mismos y como consecuencia, la viscosidad de la masa se eleva grandemente, en este momento la agitación de la

masa es sumamente importante para romper los gránulos hinchados.

El tamaño y forma de los gránulos de almidón son características para cada cereal. Se sabe que los gránulos más pequeños ofrecen una mayor dificultad a su gelatinización. Las temperaturas óptimas de gelatinización también son diferentes para cada cereal. Por lo anterior, la cantidad de agua - de enzima y el ciclo de operación, se definen de acuerdo al tipo de adjunto que se va a emplear.

El tamaño de los gránulos de almidón, las temperaturas de gelatinización y la solubilidad de algunos adjuntos, se señalan a continuación:

<u>Adjunto</u>	<u>Tamaño (milimicras)</u>	<u>Temperatura (°C)</u>	<u>Solubilidad (95°C)</u>
Almidón de maíz	2 a 30	62-74	25 %
Almidón de sorgo mayor que 30		68-78	22 %
Almidón de arroz	2 a 8	65-85	18 %
Almidón de trigo mayor que 38		52-64	41 %

La cantidad de agua utilizada en el cocedor, en el caso de que se esté empleando arroz cuyo gránulo es el más difícil de gelatinizar, debe ser de aproximadamente 3.5 Hl por cada 100 Kg de material; para los demás cereales podrá ser menor. En general la cantidad de agua en el cocedor estará influenciada por la viscosidad de la masa, por el tiempo de traslado al macerador y por la relación agua/material en este último equipo.

La cantidad de enzima alfa-amilasa que se debe agregar en el cocedor, estará normada por la necesidad de obtener una adecuada gelatinización y licuefacción de los almidones. Si se trata de una enzima de alta potencia (300,000 MWU/g.) el nivel de utilización podrá ser de 75 a 125 g. por cada 100 Kg de material.

Las "MWU" se definen como: UNIDAD MODIFICADA WOHLGEMUTH y es la cantidad de enzima que puede dextrinificar un miligramo de almidón soluble a un tamaño de dextrina final en 30 min. bajo las condiciones de la prueba.

El ciclo de operación en el cocedor se define de acuerdo al adjunto y tipo de enzima alfa-amilasa. La alfa-amilasa de la malta tiene un intervalo de acción de 68 a 74°C y se inactiva a los 80°C, en cambio la alfa-amilasa bacteriana soporta temperaturas mayores. En la curva de tiempo y temperatura se debe considerar la temperatura de gelatinización y mantener un tiempo de ebullición. No se debe hervir mucho tiempo porque se ocasionan problemas al filtrar los mostos, debido a que los gránulos de almidón vuelven a absorber agua haciéndose la masa más viscosa.

Normalmente el intervalo de temperaturas en el cocedor es de 50 a 103°C y el tiempo de la misma es de 1.5 a 2.0 hr.

Carbohidratos en los adjuntos.

Estructuralmente el almidón está formado de dos fracciones una lineal (amilosa) y otra ramificada (amilopectina).

La amilosa está constituida por 400 a 2,000 unidades de glucosa unidas con los enlaces 1,4. La otra fracción es la amilopectina, la cual está formada por muchos miles de unidades de glucosa unidas entre si por enlaces alfa 1,4 en las partes lineales y

por enlaces alfa 1,6 en las ramificadas; la longitud de cada ramificación se estima de 20 a 30 unidades de glucosa. El porcentaje de cada fracción presente en el almidón varía de acuerdo con el cereal.

De las dos fracciones de que está compuesto el almidón la amilosa es más fácilmente convertida a azúcares fermentables, en cambio la amilopectina presenta una mayor dificultad para el mismo efecto.

Los almidones de cebada, maíz, sorgo y trigo contienen 75 % de amilopectina y 25 % de amilosa aproximadamente, el almidón de arroz contiene únicamente 19 % de amilosa. Una mayor proporción de amilopectina requerirá cantidades mayores de enzima para su proceso en el cocedor.

Los carbohidratos no fermentables provienen de dos grupos. Los alfa-glucanos (dextrinas), que son productos derivados del almidón y de las gomas, obtenidos por descomposición de la pared de hemicelulosa de las células, formados por múltiples unidades de glucosa de la fracción de amilopectina. Los adjuntos con alto contenido de amilosa producen menos alfa-glucanos y más azúcares fermentables, siendo por esta razón más económicos. El otro grupo son los beta-glucanos, los cuales son responsables de las altas viscosidades del mosto, originando filtraciones lentas y flujos cortos en la filtración final de la cerveza, así como precipitados en la misma, especialmente durante su almacenaje en frío. La adición de -

enzima comercial beta-glucanasa da resultados satisfactorios resolviendo los problemas de filtración antes mencionados.

Los contenidos de extractos de algunos adjuntos son:

Grits natural de maíz	90.6 % (B.S.)
Grits refinado de maíz	103.1
Grits natural de arroz	93.6
Grits natural de sorgo	91.1
Almidón de trigo	105.2

### Lípidos.

El contenido de lípidos en los adjuntos puede afectar a la espuma y a la estabilidad en el sabor de la cerveza. La acidez grasa no saturada está considerada como precursora de los aldehidos no saturados que son los responsables del sabor en la cerveza.

En el maíz y el arroz esta acidez grasa es del 1 % y está formada casi en su totalidad (97 %), por los ácidos linoléico, palmítico y oléico. Algunos lípidos, especialmente -- aquellos derivados de los ácidos palmítico y linoléico, forman ésteres volátiles cuando quedan absorbidos en los sólidos del mosto.

A mayor cantidad de aceite presente en los adjuntos, -- más se marcan estos defectos y la espuma de la cerveza se ve

grandemente afectada. A pesar de que el aceite emulsiona durante la maceración y se atrapa en el bagazo, los defectos del sabor y del olor perduran en el mosto.

Los ácidos grasos presentes en los adjuntos tienden a cubrir los gránulos de almidón impidiendo así la acción de la enzima durante el proceso en el cocedor y macerador, provocando problemas en la conversión de los almidones y en la filtración de los mostos.

Para contrarrestar estos problemas se emplea sulfato de calcio en el cocedor, con lo cual se precipitan los ácidos grasos y al mismo tiempo se estimula la actividad de la enzima alfa-amilasa. También suele utilizarse de 5 a 10 gramos de carbón activado para adsorber 1 gramo de ácidos grasos -- presentes expresados como KOH.

La acción de los lípidos como inhibidores de la espuma de la cerveza ha sido ampliamente estudiada, encontrándose -- que la levadura remueve una gran cantidad de lípidos destructores de la espuma y que durante la filtración final de la -- cerveza se separa otra parte de los mismos.

Los productos de arroz y maíz que son los más comúnmente utilizados contienen hasta 1 % de aceite, pero solo presentan problemas si se enrancia, lo cual puede suceder si se guardan por tiempos prolongados y a temperaturas calientes.

Polifenoles (taninos y antocianógenos).

Estos compuestos pueden ser proporcionados por los adjuntos, pero en la actualidad, los adjuntos utilizados en la industria cervecera son en su mayor parte purificados previamente, lo que trae como resultado el reducir su contenido de polifenoles.

#### Proteínas en los adjuntos.

Los adjuntos son diluyentes del contenido protéico de los mostos dado que prácticamente no proporcionan proteína soluble. Para lograr una fermentación completa la levadura necesita cuando menos 130 ppm de alfa amino nitrógeno en el mosto, por lo mismo, la cantidad de adjunto por usar estará influenciada por este factor.

Algunos cerveceros piensan que la utilización de altas proporciones de adjuntos incrementa el contenido de diacetilo en la cerveza debido a la disminución en la disponibilidad de la valina, al disminuirse los compuestos nitrogenados del mosto. Para otros esto no sucede porque para que se inhiba la formación de los alfa-acetohidroxiácidos precursores del diacetilo, sería necesario tener concentraciones de valina de 200 ppm y este nivel no se alcanza ni en los mostos elaborados solamente con malta; además, el contenido de diacetilo se disminuye en la llamada "fase de reducción del diacetilo", que consiste en mantener la levadura en suspensión por un tiempo de 24 a 48 hrs. a la máxima temperatura al final de la fermentación.

Los contenidos de proteínas de algunos adjuntos son:

Grits natural de maíz	10.4 % (B.S.)
Grits refinado de maíz	0.4
Grits natural de arroz	7.0
Grits natural de sorgo	9.8
Almidón de trigo	0.2

Algunas consideraciones sobre los adjuntos más comúnmente empleados en cervecería, son las siguientes:

#### Arroz.

El arroz utilizado en cervecerías es de grano quebrado, obtenido como subproducto en la industria molinera.

El gránulo de almidón de este cereal es el más pequeño y el más difícil de gelatinizar. Su contenido de proteínas es de 7.5 % pero no se solubiliza durante la maceración. El almacenamiento de este cereal por largos períodos, sobre todo en grano roto y húmedo, provocan elevaciones en el contenido de ácidos grasos, originándose masas muy viscosas durante la gelatinización, necesitando tiempos largos para lograrla; para minimizar estos problemas se aumenta el agua en el cocedor, se emplea sulfato de calcio y se utilizan mayores cantidades de enzima alfa-amilasa.

Por la dificultad que presentan los gránulos del almi--

dón de arroz para ser licuados, es con este cereal con el -- cual se emplean tiempos más largos de ebullición. Normalmente el arroz no debería de hervirse más de 5 a 15 minutos aun que esta condición depende del grado de molienda que se haya dado. A una mayor molienda corresponden tiempos de ebulli--- ción más cortos.

### Maíz.

El grits no refinado se obtiene al pasar por un molino el grano de maíz previamente quebrado y húmedo. En esta má-- quina se fractura y se separa parte de la cascarilla y el -- germen, los cuales se aprovechan para forraje. El cuerpo ha-- rinoso pasa por un molino y un tamizador para separar partí-- culas de diferente tamaño; este grits así obtenido tiene 1 % de materiales grasos.

El grits refinado se prepara limpiando y remojando el -- grano de maíz, durante el remojo se solubilizan algunas sus-- tancias del grano absorbiendo agua hasta alcanzar su mayor -- tamaño, con lo cual se afloja el almidón de su matriz. El ma-- íz remojado se pasa a unos molinos donde al romperse los gra-- nos se libera el germen, el cual es separado en hidrociclo-- nes donde se lava con agua hasta quedar libre de almidón.

El grano rasgado se somete a una segunda molienda y a -- un lavado en filtros especiales, con lo que se separan la fi-- bra y la cáscara. La fracción de almidón se hace pasar por --

una serie de centrífugas en las cuales se separa el gluten. Finalmente, la lechada de almidón se somete a lavados sucesivos y se seca con aire para ser empacada en forma de polvo. - Este grito refinado tiene 0.1 % de materiales grasos.

Durante la gelatinización del almidón de maíz, se requiere menos agua que con el almidón de arroz. El tiempo de ebullición necesario para el grito de maíz, generalmente es menor de 10 min.

El jarabe de maíz es obtenido por conversión ácida o enzimática a partir del grito refinado. Para su utilización en cervecería este jarabe debe ser desionizado, pues de no ser así el sabor de las cervezas pasteurizadas sufre alteraciones.

Las hojuelas de maíz se obtienen utilizando las partículas más gruesas de la molienda en seco al estar preparando el grito no refinado. Estas partículas son humedecidas con vapor de agua y pasan directamente a la máquina, la cual está formada por dos rodillos que giran a diferente velocidad, de esta forma se genera suficiente calor para que al mismo tiempo que se aplastan las partículas de sémola se gelatinicen los almidones; la temperatura de los rodillos se mantiene a 80-82°C haciendo circular agua fría por el interior de los mismos. Al salir de los rodillos, las hojuelas son rápidamente secadas y enfriadas con aire y pasan a empaque.

Sorgo.

Existen dos variedades muy difundidas de esta gramínea: con endospermo blanco o amarillo, conteniendo esta última -- una mayor cantidad de pigmentos. El sorgo de color café contiene en su pericarpio una gran variedad de taninos, lo cual le confiere un sabor amargo.

Los granos de sorgo son mucho más pequeños que los de -- maíz, por esta causa no permiten la fácil eliminación del -- germen cuando se somete a procesos de molienda. En la actualidad, se obtiene un grits de sorgo sin refinar con 1.5 % -- de aceites que es mayor que el grits de maíz.

Los gránulos de almidón de sorgo son un poco más gran-- des que los de almidón de maíz y contienen también una mayor proporción de amilopectina.

El almidón de sorgo gelatiniza en forma rápida y se requieren tiempos de ebullición menores de 10 minutos.

El contenido de proteínas del sorgo (10 %), es ligera-- mente más alto que el del maíz, pero al igual que las de éste, no se solubilizan durante la maceración.

Debido a la similitud en las características de los almidones de sorgo y de maíz a veces se utilizan mezclas de es tos dos materiales.

**Cebada.**

La cebada es un adjunto muy lógico ya que contiene proteínas que no son del todo extrañas a la cerveza y este grano puede obtenerse en cantidades considerables. Cebadas bajas en proteínas pueden aprovecharse más ventajosamente, sus granos gruesos y ricos en almidón proveen el mejor adjunto. - El rendimiento del extracto de cebada de grano entero es bajo comparado con el de la sémola de maíz y de arroz, no obstante el material no extraído de la cebada pasa al afrecho, sumándose a su valor alimenticio. El rendimiento de extracto se aumenta si se descascara la cebada. Los adjuntos de cebada libre de cáscara dan rendimientos de extracto de 71 a 74 % dependiendo del grado de eliminación de la cáscara. El material de ésta es valioso como un auxiliar de la filtración.

El almidón de la cebada es atacado por la enzima diastasa de la malta de manera que los adjuntos de cebada pueden agregarse directamente al macerador sin cocerse, si el material está debidamente molido. Debido a las "gomas" de la cebada que entran en solución durante la maceración, las dificultades en la filtración del mosto, en la clarificación durante el almacenamiento y en la estabilidad del producto final aumentan a medida que aumenta la proporción del adjunto de cebada que se usa por cocimiento. Este efecto se agrava aún más si la cebada se trata en el cocedor, lo cual hace -- que no resulte satisfactorio mezclar sémolas de cebada con sémolas de maíz o de arroz, ya que ambas necesitan hervirse en el cocedor para obtener el máximo rendimiento de extracto.

Las proteínas de la cebada en forma de proteína permanentemente soluble puede transferirse al mosto hasta un 15 % aproximadamente, en comparación con el 35- 45 % que la malta aporta al mosto. Así mismo, las proteínas de la cebada aportadas al mosto aparentemente sólo están ligeramente degradadas y por lo tanto sólo son útiles en forma limitada como alimento de la levadura. La experiencia ha demostrado que el material proteínico de la cebada aportado al mosto en la práctica cervecera normal, responde a la acción de los agentes protectores de la turbidez por frío y que las cervezas resultantes pueden hacerse relativamente estables. Hay algunos indicios de que estas proteínas tienen propiedades muy satisfactorias para la creación de espuma. El sabor de la cerveza no parece quedar mayormente afectado salvo que se usen cantidades muy elevadas de adjuntos de cebada en cuyo caso algunos cerveceros dicen que produce un sabor áspero en la cerveza.

Se han ofrecido numerosos tipos de productos de cebada a los cerveceros, por ejemplo: cebada de grano entero, granos enteros secados y granos enteros lavados y secados, hojuelas de granos enteros, hojuelas de granos sin cáscara, cebada perlada, sémola libre de cáscara, cebada tostada y harina de grano entero. La operación de hojuelas parece ser tratamiento innecesario, especialmente cuando su objeto es la gelatinización del almidón. De hecho, algunas hojuelas que han sido sometidas a rodillos de alta temperatura no convierten de una manera satisfactoria los almidones.

El contenido de aceite de la cebada de grano entero es aproximadamente el mismo que el de la malta y no es probable que afecte a las propiedades de la espuma de la cerveza terminada ni al sabor de la misma.

#### Trigo.

Se utiliza como adjunto el grito de trigo obtenido de variedades de bajo contenido de proteínas.

Los gránulos de almidón del trigo son más grandes que los de maíz y contienen una mayor proporción de amilosa. Esta última característica, aunada a la presencia de dextrinas de alto peso molecular (pentosanas), obtenidas durante su degradación, originan mostos de alta viscosidad que presentan ciertas dificultades al filtrarse.

El contenido protéico de este adjunto se solubiliza en un 20 % durante la maceración, la albúmina que cede al mosto genera muchos problemas de espumas y podría tener una influencia negativa en la turbidez por frío de las cervezas resultantes. Por estas razones, su uso se limita a no más de 15 % de la formulación de cocimientos.

#### Azúcar.

La adición de azúcar (sacarosa) de caña o de remolacha, directamente en la olla de cocimientos ha sido siempre una práctica aceptada por los maestros cerveceros. La economía -

del proceso determina la magnitud de su uso, sin embargo la relación material nitrogenado/carbohidratos en los mostos debe ser revisada cuidadosamente para no afectar el metabolismo de la levadura y por lo mismo, las características de la cerveza resultante.

Las cervezas obtenidas utilizando azúcar como adjunto, se detectan con menos cuerpo al paladar que las cervezas normales, debido a la disminución de dextrinas en el mosto.

Aunque también se emplea directamente en la olla azúcar invertido (producido por hidrólisis ácida de la sacarosa para obtener glucosa y fructosa), esta variante significa un encarecimiento del proceso sin proporcionar ventajas reales. El hecho de que la levadura metabolice directamente el azúcar invertido y no así a la sacarosa, la cual previamente debe ser hidrolizada por la enzima invertasa, no justifica el cambio dado que la hidrólisis de la sacarosa no representa ningún problema en el proceso.

#### ADJUNTOS CERVECEROS QUE NO SON DE GRANOS

Soya.

Este material se emplea en la fabricación de cerveza -- principalmente en forma de hojuelas para la nutrición de la levadura. Los frijoles de soya crudos son secados primeramente y luego descascarados. El aceite es extraído por medio de solventes adecuados, empleándose normalmente la nafta. Des--

pués de eliminar totalmente el aceite, los frijoles se convierten en hojuelas haciéndolos pasar entre rodillos a presión.

Las hojuelas de soya normalmente contienen un 42 % de proteínas de las cuales se disuelve una cantidad relativamente pequeña durante las operaciones de maceración. Únicamente se emplean unos 100 gramos por hectólitro de mosto final, -- cantidades mayores tienden a producir una compactación fuerte de los granos dando lugar a una filtración más lenta del mosto y un menor rendimiento. La soya debe ser mezclada junta con la malta dentro del macerador. La utilización de preparaciones de soya dentro de la fabricación de cerveza estimula a la levadura y aumenta la dilución.

#### Productos de papa.

Una diversidad de productos que muestran considerables diferencias en cuanto a su composición química, características físicas y como adjuntos cerveceros pueden fabricarse tanto de papa blanca como del camote o batata.

#### Mandioca o yuca.

Un material almidonoso se obtiene mediante la molienda a base de raíces gruesas de dos plantas tropicales conocidas como "cassava amarga" y "cassava dulce" de amplio cultivo en el Brasil. Se lava con agua, se pasa a través de tamiz, se seca y ofrece como mandioca, yuca, manioca, casabe, arruruz y otras denominaciones.

## CAPITULO 4

## PARTE EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

## Introducción.

El nivel de utilización de adjuntos en la elaboración de cerveza está determinado primordialmente por tres factores:

1.- Cantidad de nutrientes de la levadura presentes en el mosto.

2.- Actividad enzimática durante la maceración.

3.- Obtención del sabor deseado en la cerveza.

De los tres factores enumerados anteriormente, la actividad enzimática en los macerados no representa ninguna dificultad en el nivel de utilización de adjuntos, ya que con las nuevas preparaciones enzimáticas logradas sintéticamente existen complejos de enzimas (ordinariamente de origen bacteriano o fungal), que compensan la falta de ellas en los adjuntos.

Cuando en la elaboración de cerveza se utilizan adjun--

tos no gelatinizados previamente, se deberán procesar en el cocedor de cereales para lograr la total gelatinización de los almidones así como la licuefacción parcial de los mismos, permitiendo que sean atacados por las enzimas en el macerado. En esta parte del proceso se utiliza una enzima, normalmente alfa-amilasa de origen bacteriano, para asegurar los propósitos mencionados anteriormente.

Hablando del tercer factor, referente al sabor deseado en la cerveza, éste será menos saciador, más vigorizante; además se originará una disminución en el color del mosto y por su bajo contenido de polifenoles (que se encuentran en gran cantidad en la cascarilla de la malta), contribuirá a hacer una cerveza más suave y mejorará su estabilidad coloidal, debido al menor contenido de material nitrogenado actuando como diluyente del nitrógeno.

Aunque el sabor y la naturaleza de la cerveza no son fáciles de definir ni de medir objetivamente, el uso excesivo de adjuntos puede conducir a la producción de cervezas acuosas e insípidas, pueden reconocerse sabores "a grano" y estos sabores son más importantes que otros factores, además se puede obtener una mala calidad de espuma.

El factor determinante en la relación malta/adjuntos es la cantidad de nutrientes de levadura presentes en el mosto.

Para lograr una fermentación completa, la levadura necesita cuando menos 130 ppm de amino nitrógeno libre (FAN), por

lo mismo la cantidad de adjuntos por usar estará influenciada por este factor. Es práctica común en cervecería utilizar los adjuntos en una cantidad de alrededor de  $1/3$  la del extracto en la fórmula del cocimiento.

En este trabajo se experimento desde un 30 hasta un 65 % de extracto de adjuntos de arroz y de grits, determinando en cada caso la concentración del FAN presente en el mosto. En cada prueba se corrieron cocimientos por triplicado para: 30 %, 40 %, 50 %, - 60 % y 65 % de extracto presente de cada adjunto.

#### Materias primas,

1.- Malta. Se utilizaron las maltas comúnmente usadas en formulaciones para cervecería, tales como Centinela y Cerro Prieto. Para poder utilizar las maltas en los diferentes cocimientos de prueba se les sometió a análisis para comprobar que cumplieran -- con las normas de calidad establecidas por la Cervecería Modelo.

Las especificaciones que deben de cumplir las maltas en Cervecería Modelo son:

<u>Prueba</u>	<u>Límites</u>
Material extraño	0.8 % máximo
Relación de proteínas totales entre solubles	38-43
Diferencia de extractos de moliendas fina y gruesa	1.0-2.3 %
Extracto base seca	76.0 % mínimo
Humedad	4.0-5.0 %

<u>Prueba</u>	<u>Límites</u>
Alfa-amilasa	35 U.D. mínimo
Poder diastásico	130°L mínimo
Viscosidad	1.60 cps máximo
Color	1.5-3.0°SRM
pH	6.0 máximo
Harinosidad	Harinosos 93 % mínimo
	Semivítreos 7 % máximo
	Vítreos 2 % máximo

2.- Adjuntos. De la misma manera que en el caso de las maltas, se probaron los adjuntos utilizados actualmente en Cervecería Modelo, que son arroz y grits. La relación de extractos de arroz/grits se conservó constante a lo largo de los experimentos, siendo de 26/74, que es la que actualmente se utiliza en la Cervecería Modelo. Esta relación de utilización de adjuntos puede variar de acuerdo a la disponibilidad de ambas materias primas en el mercado nacional, así como -- por el costo de cada una de ellas. En todos los casos se varió la cantidad total de extracto de adjuntos para tener las relaciones de malta/adjunto en el rango de prueba indicado.

Las especificaciones que debe de cumplir el arroz en -- Cervecería Modelo son:

<u>Prueba</u>	<u>Límites</u>
Extracto base seca	90.0 % mínimo
Humedad	13.5 % máximo
Acidez grasa	60 mg KOH B.S. máximo
Olor y/o sabor extraños	Ninguno

Las especificaciones que debe de cumplir el grits en --  
Cervecería Modelo son:

<u>Prueba</u>	<u>Límites</u>
Extracto base seca	102.0 % mínimo
Humedad	12.5 % máxima
Temperatura de gelatinización	73 <sup>o</sup> C máxima

Equipo.

Los equipos utilizados en este trabajo, se concretaron a los descritos para el proceso en casa de cocimientos, pero a nivel planta piloto. Su lista es la siguiente:

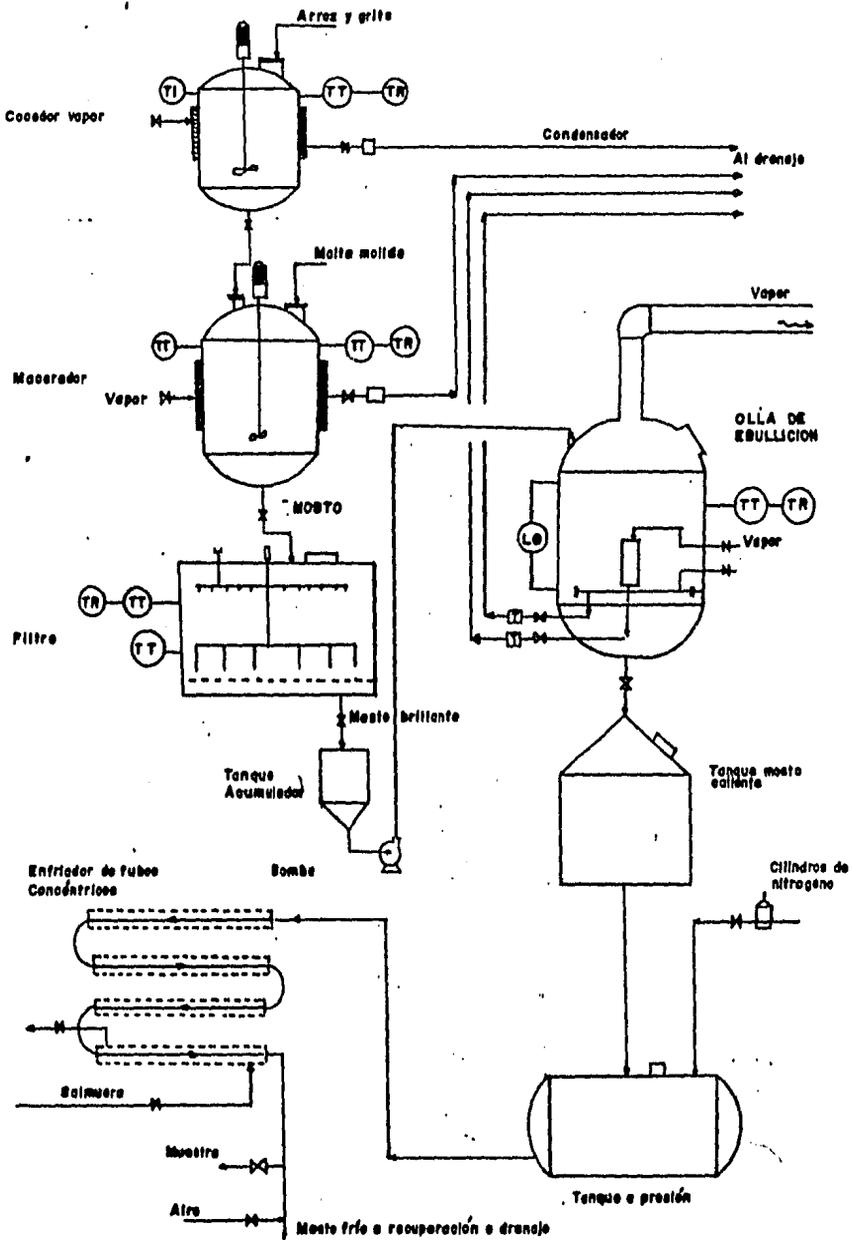
Molino de malta.  
Cocedor de adjuntos.  
Macerador.  
Olla de cocimientos.  
Tanque de mosto caliente.  
Enfriador de mosto.

La secuencia del procesamiento se indica en el diagrama de flujo de la planta piloto.

Los materiales y equipo utilizados en el laboratorio para la determinación del FAN son:

Tubos de ensayo.  
Tapones.  
Pipetas

DIAGRAMA DE FLUJO DE LA PLANTA PILOTO.



Baño de agua a 20°C.

Espectrofotómetro a 570 nm.

Potenciómetro.

Reactivos y agua destilada.

#### Procesamiento de prueba.

La primera etapa en el procesamiento que se da a la malta consiste en la selección y limpieza del grano antes de molerlo en polvo fino y pasarlo al macerador, donde se controla su calentamiento y se grafica una curva específica de temperatura contra tiempo, poniendo especial atención en las -- primeras etapas que se realizan a bajas temperaturas que es donde se forman los compuestos nitrogenados de bajo peso molecular que serán metabolizados por la levadura en fermentación.

En la gráfica queda representada la secuencia del proceso de maceración.

En el cocedor de adjuntos, éstos se gelatinizan y licúan hasta 100°C. A esta temperatura el contenido del cocedor se mezcla con el macerado llevándose ambas masas a la temperatura de conversión de los almidones. Esta operación tam--bién se registra en una gráfica temperatura-tiempo, verificándose el pH y la reacción al Iodo para fines preventivos -- y/o correctivos.

El producto obtenido en el macerador llamado mosto, se se pasa a un filtro de falso fondo. En el filtro se realizan --

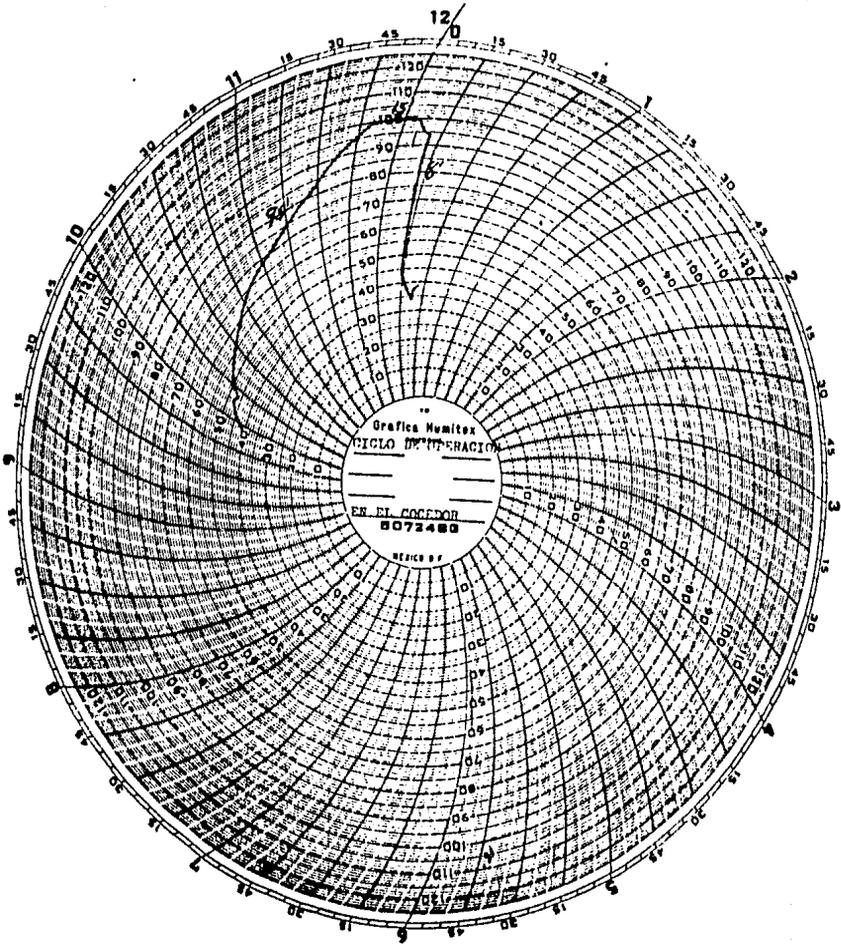
dos operaciones unitarias, filtración y extracción. La primera consiste en la obtención del mosto brillante y la segunda en el lavado del bagazo de la malta para aumentar la eficiencia del cocimiento. Una vez terminada la filtración el mosto se somete a ebullición en la olla de cocimientos donde se --ajusta el volumen de 34 litros a 16.1°Ba. Después de una hora de ebullición, el mosto estéril y con un grado Balling de 16.1 se envía a un tanque de mosto caliente donde reposa 30 minutos como mínimo para que se sedimente el "trub" y así poderlo eliminar. Posteriormente se enfría el mosto a 10°C mediante un cambiador de calor de tubos concéntricos utilizando salmuera como medio de enfriamiento. El mosto se controla mediante las siguientes pruebas:

<u>Prueba</u>	<u>Límites</u>
Reacción al Iodo	Negativa
pH	5.0-6.0
Color	6.5-7.5°L
Calcio	110-150 ppm
Fosfatos	600-900 ppm
Fermentación rápida	2.9-4.0 °Ba
FAN	130 ppm mínimo

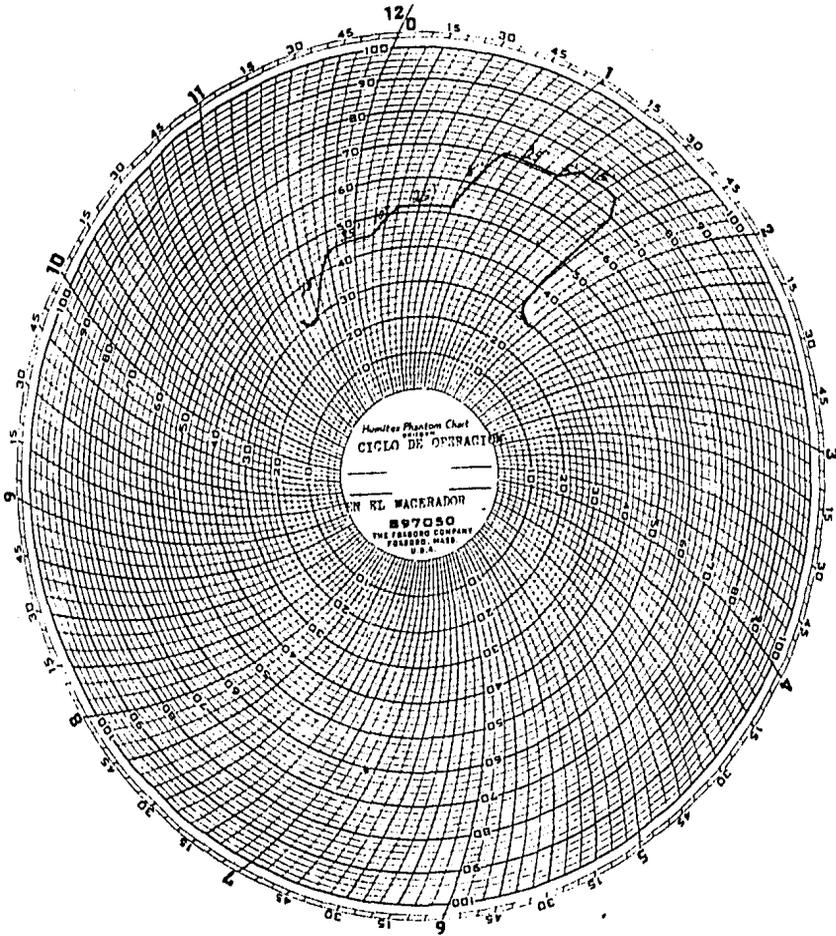
La muestra para las determinaciones se tomó a la salida del enfriador. El método empleado en el laboratorio para la determinación del FAN fue el de la ninhidrina, el cual se describe a continuación.

El método nos ofrece una información sobre la cantidad

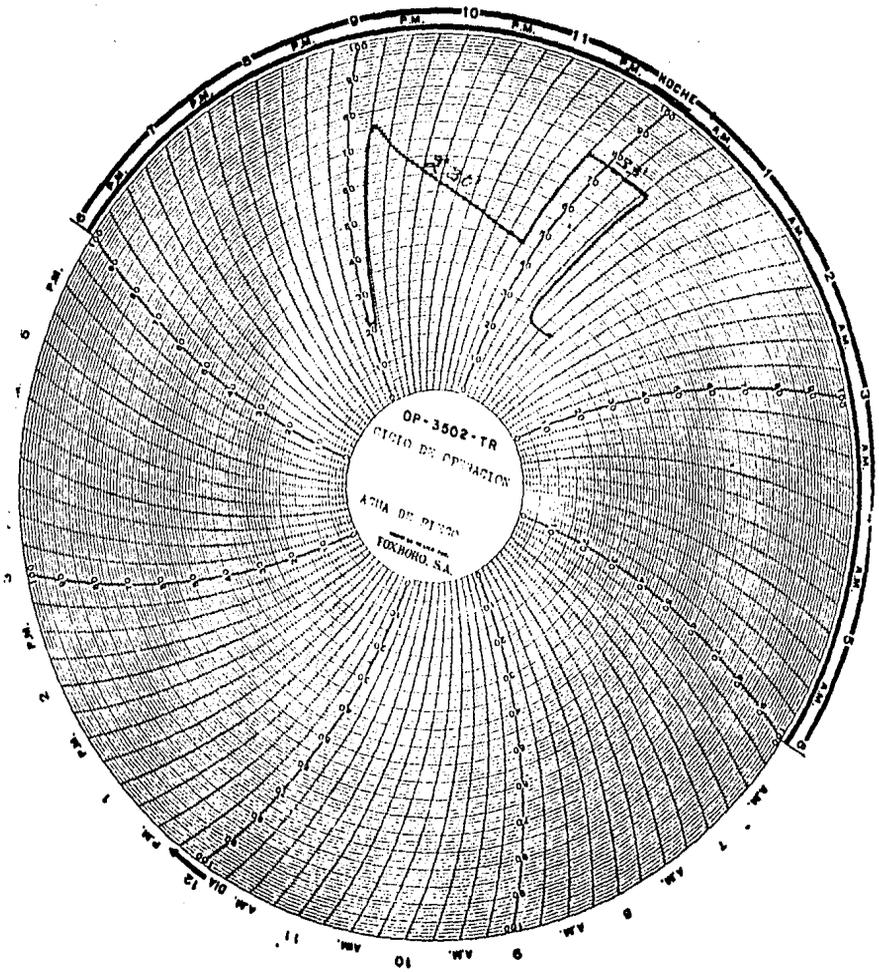
Ciclo de operación en el cocedor



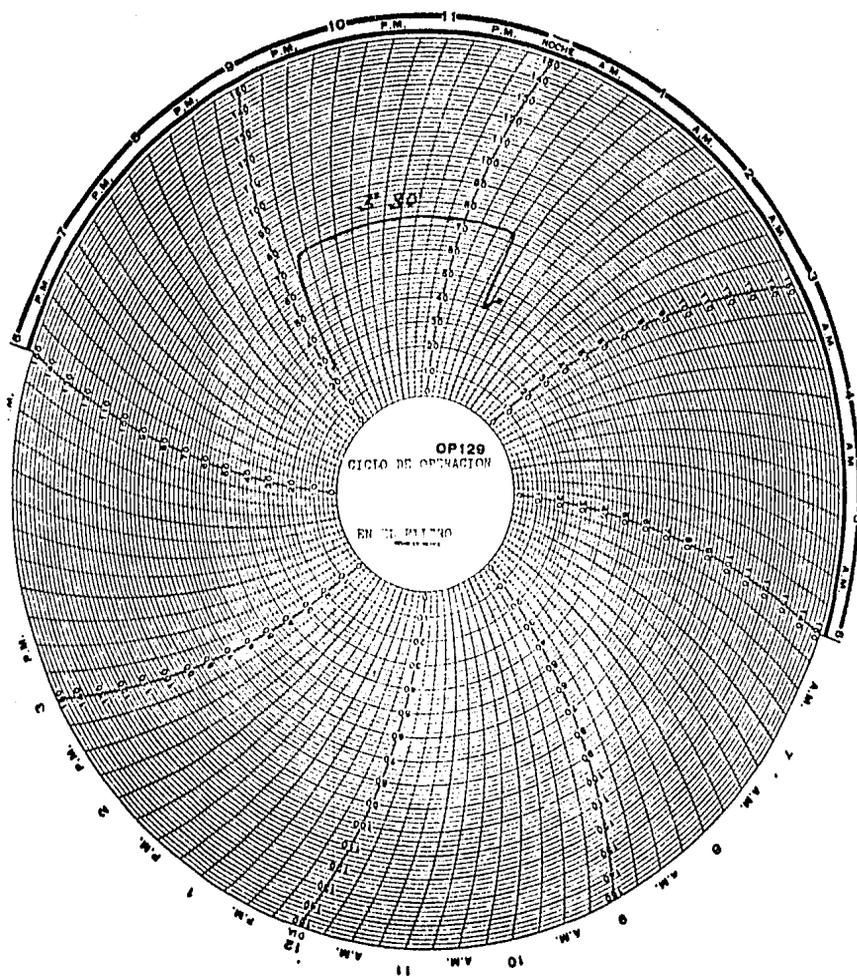
Ciclo de operación en el macerador



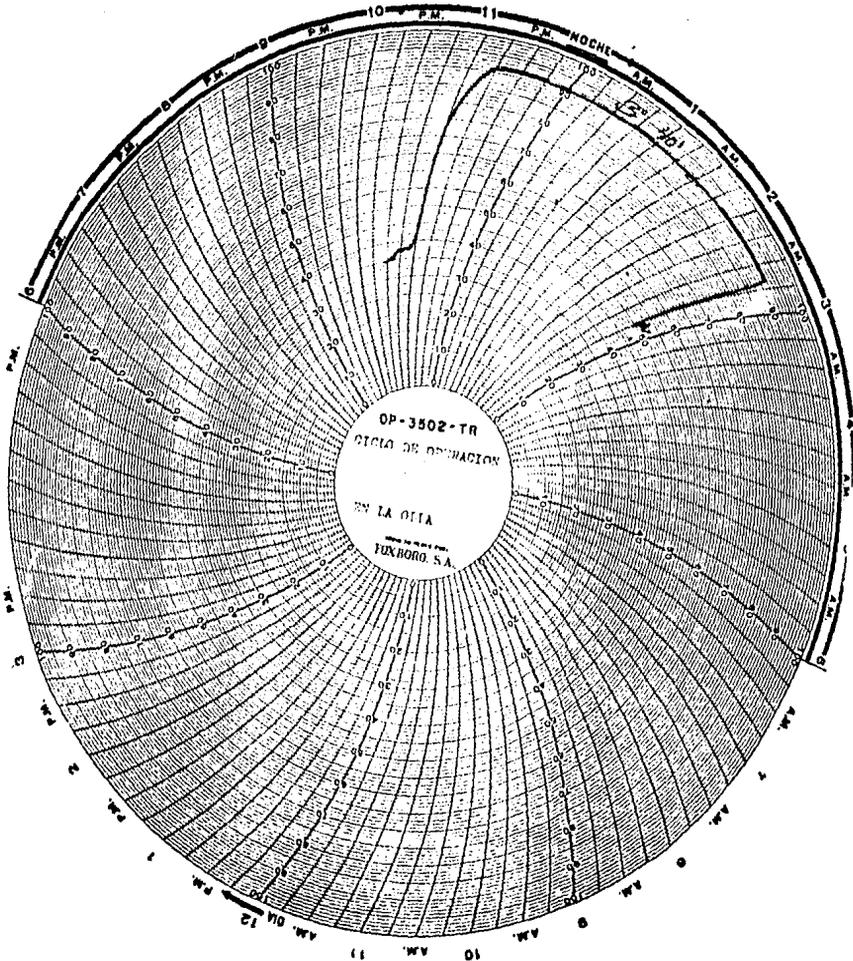
Ciclo de operación del agua de riego



Ciclo de operación en el filtro



Ciclo de operación en la olla



de FAN aprovechable por la levadura durante la fermentación y nos mide aminoácidos, amonio y algunos grupos amino alfa - en péptidos y proteínas.

#### Reactivos.

a.- Reactivo de ninhidrina. Disolver 4.0 g. de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  anhidro, 3 g. de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 0.5 g. de ninhidrina y 0.3 g. de fructosa en agua destilada y diluir a 100 ml. El pH deberá ser de 6.6 a 6.8. Guardarlo en botella ámbar a  $0^\circ\text{C}$ , es estable dos semanas.

b.- Solución de  $\text{KIO}_3$ . Disolver 2 g. de  $\text{KIO}_3$  en 600 ml. de agua destilada y añadir 400 ml. de etanol. Guardarla a 5 grados centígrados.

c.- Solución concentrada de glicina. Disolver 107.2 mg. de glicina en agua destilada y diluir a 100 ml. Guardarla a  $0^\circ\text{C}$ .

d.- Solución tipo estándar de glicina. Diluir 1 ml. de la solución concentrada a 100 ml. con agua destilada. Este estándar contiene 2 mg. de FAN por litro.

#### Procedimiento para FAN.

1.- Estándar de calibración. Transferir por triplicado 2 ml. de la solución de glicina estándar (reactivo d), a cada tubo.

2.- Filtrar la muestra en papel Whatman # 4 y diluir 1 ml. a 100 ml. con agua destilada. Transferir por duplicado 2 ml. de mosto diluido a cada tubo.

3.- Blanco. Transferir por triplicado 2 ml. de agua destilada a tubos diferentes.

Agregar a cada tubo 1 ml. de reactivo de ninhidrina (a), tapar los tubos para evitar pérdidas por evaporación. Calentar los tubos durante 16 minutos exactos en baño María. Enfríar por 20 minutos en un baño de agua a 20°C. Añadir 5 ml. de reactivo b, a cada tubo. Mezclar y leer a 570 nm a los 30 minutos exactos después de añadido el reactivo b, ajustando el cero con agua destilada.

#### Cálculos.

Promediar las lecturas de los tubos de glicina estándar, de los blancos y de las muestras. Restar la lectura del blanco, de las lecturas del estándar y de las muestras. Cálculos para obtener las ppm de PAN:

$$\text{PAN mg/l} = \frac{\text{Absorbancia neta de la solución de prueba}}{\text{Absorbancia neta del estándar de glicina}} \times 2 \times 100$$

#### Observaciones.

a.- Debido a que las cantidades de PAN son muy pequeñas, es necesario evitar contaminaciones empleando bulbo para pi-

petear teniendo el material limpio y enjuagado con agua destilada.

b.- Los tiempos y las temperaturas son críticas. Los estándares y los blancos deben correrse en cada análisis para compensar las variaciones de temperatura en el baño.

Materias primas utilizadas.

Se considera como estándar que 16.1<sup>o</sup>Ba requieren 17.2 - kg. de extracto por hectólitro, en la olla.

Volumen de operación en la olla: 34 litros.

Cantidad de extracto requerido para este volumen:

$$\frac{17.2 \text{ kg. de extracto}}{100 \text{ litros}} \times 34 \text{ litros} = 5.84 \text{ kg. de extracto.}$$

Esta cantidad de extracto es constante en todos los comiientos, lo único que varía es la proporción de materias primas utilizadas.

Para calcular las cantidades de materias primas utilizadas, se consideraron los siguientes extractos en base seca:

Malta .....	76 %
Grits .....	102 %
Arroz .....	90 %

Primer caso: 30 % de extracto de adjuntos y 70 % de extracto de malta.

$$\text{Cantidad de extracto de malta} = 0.7 \times 5,840 = 4,088 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de malta} = 4,088/0.76 = 5,379 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de extracto de adjuntos} = 0.3 \times 5,840 = 1,752 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de extracto de arroz} = 0.26 \times 1,752 = 456 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de arroz} = 456/0.90 = 507 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de extracto de grits} = 0.74 \times 1,752 = 1,296 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de grits} = 1,296/1.02 = 1,270 \text{ g.}$$

Segundo caso: 40 % de extracto de adjuntos y 60 % de extracto de malta.

$$\text{Cantidad de extracto de malta} = 0.6 \times 5,840 = 3,504 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de malta} = 3,504/0.76 = 4,610 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de extracto de adjuntos} = 0.4 \times 5,840 = 2,336 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de extracto de arroz} = 0.26 \times 2,336 = 607 \text{ g.}$$

$$\text{Cantidad de arroz} = 607/0.90 = 675 \text{ g.}$$

Cantidad de extracto de grits =  $0.74 \times 2,336 = 1,729 \text{ g.}$

Cantidad de grits =  $1,729/1.02 = 1,695 \text{ g.}$

Tercer caso: 50 % de extracto de adjuntos y 50 % de extracto de malta.

Cantidad de extracto de malta =  $0.5 \times 5,840 = 2,920 \text{ g.}$

Cantidad de malta =  $2,920/0.76 = 3,842 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de adjuntos =  $0.5 \times 5,840 = 2,920 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de arroz =  $0.26 \times 2,920 = 760 \text{ g.}$

Cantidad de arroz =  $760/0.90 = 845 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de grits =  $0.74 \times 2,920 = 2,160 \text{ g.}$

Cantidad de grits =  $2,160/1.02 = 2,119 \text{ g.}$

Cuarto caso: 60 % de extracto de adjuntos y 40 % de extracto de malta.

Cantidad de extracto de malta =  $0.4 \times 5,840 = 2,336 \text{ g.}$

Cantidad de malta =  $2,336/0.76 = 3,074 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de adjuntos =  $0.6 \times 5,840 = 3,504 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de arroz =  $0.26 \times 3,504 = 911 \text{ g.}$

Cantidad de arroz =  $911/0.90 = 1,012 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de grits =  $0.74 \times 3,504 = 2,593 \text{ g.}$

Cantidad de grits =  $2,593/1.02 = 2,542 \text{ g.}$

Quinto caso: 65 % de extracto de adjuntos y 35 % de extracto de malta.

Cantidad de extracto de malta =  $0.35 \times 5,840 = 2,044 \text{ g.}$

Cantidad de malta =  $2,044/0.76 = 2,690 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de adjuntos =  $0.65 \times 5,840 = 3,796 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de arroz =  $0.26 \times 3,796 = 987 \text{ g.}$

Cantidad de arroz =  $987/0.90 = 1,096 \text{ g.}$

Cantidad de extracto de grits =  $0.74 \times 3,796 = 2,809 \text{ g.}$

Cantidad de grits =  $2,809/1.02 = 2,754 \text{ g.}$

Tabla de cantidades de extractos de materias primas

% de extracto de malta.	% de extracto de adjuntos.	Cantidad de extracto de malta (g.).	Cantidad de extracto de arroz (g.).	Cantidad de extracto de grits (g.).
70	30	4,080	457	1,302
60	40	3,504	607	1,729
50	50	2,920	760	2,160
40	60	2,336	911	2,593
35	65	2,044	987	2,809

Tabla de cantidades de materias primas

% de extracto de malta.	% de extracto de adjuntos.	Cantidad de malta (g.).	Cantidad de arroz (g.).	Cantidad de grits (g.).
70	30	5,378	507	1,270
60	40	4,610	675	1,695
50	50	3,842	845	2,119
40	60	3,074	1,012	2,542
35	65	2,690	1,096	2,754

RESULTADOS

La malta, el arroz y grits utilizados se analizaron de acuerdo a sus controles correspondientes, en todos los casos se obtuvieron resultados dentro de los límites especificados, mismos que garantizan su uso en el procesamiento y validan el logro de los objetivos.

De cada uno de los casos analizados al variar el nivel de adjunto con respecto a la malta, se procesaron tres cocimientos para obtener un dato representativo del FAN (nitrógeno de amino libre), presente en el mosto.

Las pruebas efectuadas al mosto obtenido mostraron resultados dentro de especificaciones para todas las determinaciones, excepto en dos de ellas: la primera fue el color, en las pruebas en que se usó una relación de malta/adjuntos de 40/60 y 35/65, en las que se obtuvieron los valores fuera del límite inferior, de 6.4 y 6.3 respectivamente, sin embargo esto no representa ningún problema ya que como práctica normal del proceso el color se ajusta en la olla de cocimientos mediante la adición de colorante, en función del tipo de cerveza que se esté elaborando.

La segunda determinación fuera de límites ocurrió al analizar el contenido de FAN en la prueba con relación malta/adjuntos de 35/65.

Los resultados presentados en la siguiente tabla son un promedio de los FAN obtenidos por el método de la ninhidrina ya mencionado.

Valores del FAN obtenidos al variar el % de adjuntos

% de extracto procedente de la malta.	% de extracto procedente de los adjuntos.	FAN  ppm
70	30	205
60	40	185
50	50	150
40	60	130
35	65	120

No se consideró necesario seguir experimentando con una mayor cantidad de adjuntos, ya que con 65 % de los mismos ya se tendrían problemas en fermentación por falta de nutrientes para la levadura.

## CAPITULO 5

## CONCLUSIONES

Analizando los resultados obtenidos en la variación de la relación adjuntos/malta en la elaboración de mosto cervecero se llegó a las siguientes conclusiones:

A medida que la cantidad de adjuntos aumenta en relación a la malta, se obtiene una menor concentración de compuestos aminonitrogenados (FAN) en el mosto.

El porcentaje máximo permisible de adjuntos (en base a extracto), para el procesamiento de mosto es 50 % ya que a esta relación se obtiene una concentración de 130 ppm de FAN la cual es el límite mínimo permitido de nutrientes en el mosto para que la levadura pueda fermentarlo aceptablemente.

Para elaborar mostos viables de ser fermentables por la levadura, se propone que no se utilice más del 55 % de adjuntos (en base a extracto), para tener un margen de seguridad por las características variables propias de cada tipo de malta.

En pruebas de catado de mosto se encontró que utilizando hasta un 55 % de adjuntos, no se detectó variación significativa en el sabor del mismo, pero arriba de este porcentaje se empezó a notar un cierto sabor que se identifica por los cerveceros como sabor "a grano".

Coincidiendo con la presencia de sabor "a grano" en el mosto, al 60 % de utilización de adjuntos se detectó un aumento considerable en las partículas finas en suspensión del mosto, teniéndose problemas en la operación de filtrado por tenerse tiempos de filtración muy grandes, lo cual origina un atraso general del proceso.

Actualmente resulta económico utilizar arroz y grits como adjuntos en la elaboración de cerveza, sin embargo sus costos tienden a igualarse con los de la malta, por lo cual es conveniente evaluar otros adjuntos más baratos para reducir costos y obtener una calidad aceptable en la cerveza terminada.

## BIBLIOGRAFIA

- 1 MALTING AND BREWING SCIENCE  
J.S. HOUGH, D.E. BRIGGS AND R. STEVENS  
Chapman and Hall Ltd. (1975).
- 2 THE PRACTICAL BREWER  
MASTER BREWERS ASSOCIATION OF AMERICANS  
Impressions, Inc. (1977).
- 3 A TEXTBOOK OF BREWING (Vol. I y II)  
JEAN DE CLERCK  
Chapman and Hall (1957).
- 4 BREWING SCIENCE (Vol. I y II)  
J.R.A. POLLOCK  
Academic Press (1979).
- 5 WORT COMPOSITION  
M.C. MEILGAARD  
MBA Tech. Quart. 13, 78 (1976).
- 6 RICE AS BREWING ADJUNCT  
E.J. VOGEL Jr.  
Brewers Digest 24, N<sup>o</sup>4, 42T-46T (1950).

- 7 YELLOW CORN GRITS vs. BREWERS CORN SYRUPS AS ADJUNCTS  
FOR LAGER BEER  
M.W. BRENNER, M.J. ARTHURS AND E.E. STEWART  
MBAA Tech. Quart., Vol. 5 N<sup>o</sup>1, p 30-38 (1968).
- 8 BREWING WITH SORGHUM BREWERS GRITS AS THE ADJUNCT CEREALS  
R.R. HAHN  
MBAA Tech. Quart., Vol. 2, N<sup>o</sup>3, p 191-199 (1965).
- 9 METHODS OF ANALYSIS, WORT-1  
AMERICAN SOCIETY OF BREWING CHEMISTS  
Board Press.
- 10 TEORIA Y PRACTICA EN CERVECERIA  
ING. SALVADOR LOPEZ LEE  
Cervecería Modelo de México (1977).