

# CAPÍTOL 1:

## AVANTPROJECTE

### 1.1. Definición legal de la cerveza

En la Legislación española en el R.D. 52/1995 (BOE 9-2-1995) en su artículo nº 2 se define legalmente la cerveza como la bebida resultante de la fermentación alcohólica, mediante levadura seleccionada, de un mosto procedente de malta de cebada, sólo o mezclado con otros productos amiláceos transformables en azúcares por digestión enzimática, adicionado con lúpulo y/o sometido a un proceso de cocción.

### 1.2. Origen histórico de la cerveza

En el 5000 a.C en la zona que va de Mesopotamia a Egipto, centro más antiguo de cultivo de cereales, y principalmente en la civilización sumeria, se comenzaron a dar las condiciones previas necesarias para la producción de cerveza: La posibilidad de almacenar cereales, unos conocimientos profesionales y una organización pública.

Los primeros indicios de la cerveza aparecieron en tablas de arcilla que tienen aproximadamente unos seis mil años de antigüedad. En ellas se hace mención de una bebida llamada **sikaru** obtenida por fermentación de granos en la región de Sumer, en Mesopotamia.

Su popularidad, las virtudes curativas que los médicos le atribuían y su cotización hicieron que el poder se tomara en serio su fabricación, apareciendo en el Código de Hammurabi el reglamento de su venta y consumo.

Egipto retomó y desarrolló la técnica sumérica. La bebida, se aromatizaba con dátiles, jengibre o miel. Pese a que fue objeto de impuestos especiales, su consumo se siguió extendiendo y solía acompañar a los muertos en su viaje al más allá. Hacia el 2100 a.C. el carácter religioso de la cerveza se pierde, y ésta se transforma en bebida de hospitalidad. Se abren "casas de cerveza" y cada ciudad produce para sus propias necesidades. Entre las variedades de cerveza producidas, se encontraban las llamadas **hek** y **zithos**, que se elaboraban con pan troceado, fermentado en recipientes con agua durante varios días.

El incremento del consumo y el comienzo de la exportación hacia el mediterráneo impulsaron la creación de industrias en las ciudades del Delta del Nilo. Desde allí se exportaba en barriles a Grecia. Ésta a su vez la acabó extendiendo por el resto del territorio Mediterráneo, planteando su primera batalla con el vino en Roma, donde fue llamada **cerevisia** en honor a Ceres (vis = fuerza y Ceres = diosa de las mieses).

Por otro lado, también en Dinamarca se han encontrado unos recipientes de corteza, correspondientes a la Edad de Bronce nórdica, que contienen restos de una bebida hecha por fermentación conjunta de cereales, miel, bayas y mirto.

Hacia el 1500 a.C., los celtas producían una cerveza denominada **cervoise**, líquido fermentado más alcoholizado que las cervezas actuales, obtenido a partir de la infusión de granos, principalmente cebada malteada con trigo, centeno o avena. El gusto dulzón se corregía con componentes amargos como la genciana, el espliego o el cilantro. Era una bebida sin gas, turbia y se debía dejar reposar para clarificarla de impurezas aparecidas durante la fermentación.

Alrededor del año 400 a.C., escandinavos, germanos y celtas compartían una misma cultura donde la cerveza ocupaba un lugar de privilegio. Era bebida de guerreros, poción de héroes, trofeo de batalla y símbolo de prosperidad. La cerveza que había retrocedido frente al avance del vino cristiano, se acercaba de nuevo al mundo mediterráneo. Hacia finales del milenio cesaron las incursiones vikingas y se dibujó claramente la separación entre la Europa del vino y la de la cerveza, que pasaba además de ser bebida del guerrero a bebida doméstica.

La cristianización de Europa hizo perder a la cerveza su papel y jerarquía. La influencia romana la hizo descender a bebida ordinaria popular. El comienzo de la vida urbana y el nacimiento de los mercados regionales provocaron un cambio de sexo en la fabricación de la cerveza, antes papel exclusivo de la mujer pasó a ser fabricada por el hombre. Tras el cambio al artesanado masculino, en los monasterios nació una industria cervecera. Los monjes a través de los manuscritos antiguos estaban familiarizados con las técnicas seculares y además disponían de tiempo y medios económicos que les permitía mejorar la calidad del producto. A este respecto, el origen de las cervezas **Marzenbier**, "cervezas de marzo", fuertemente alcohólicas y con alto extracto real no fermentescible, fue consecuencia de los ayunos y penitencias prescritos por la Iglesia en tiempos de Cuaresma.

Hasta el siglo XI, la Iglesia dominaba y controlaba casi todo el comercio de la cerveza. La aparición del **gruyt** representó un buen negocio para la Iglesia, que se quedaba con la exclusiva de su fabricación y venta. Se trataba de una mezcla de plantas de los pantanos: Mirto, ericáceas y romero, que aumentaba el tiempo de conservación y le confería un sabor picante.

El uso del **lúpulo** llegó tardíamente al concierto de los aromatizantes pero con el tiempo eliminó a todos los demás. Se cree que fue originario del Tíbet, de donde habría seguido a los hombres en sus migraciones hasta llegar a Europa y América del Norte.

En el siglo XII, los cerveceros de oficio sustituyeron a los monjes, dando comienzo a la era de las corporaciones cerveceras. Los primeros gremios aparecieron en Noruega y Londres, en el siglo XI, como asociaciones de mutua ayuda, de carácter ciudadano, que pronto evolucionaron hasta ser un medio de defensa contra los abusos del poder. Los lazos de solidaridad entre los miembros de una misma cofradía se desarrollaron y encontraron su expresión en una organización corporativa.

La fabricación de la cerveza experimentó un gran desarrollo con la revolución industrial, gracias a la aparición de la máquina de vapor y las líneas férreas, que permitieron el rápido abastecimiento de materias primas y una amplia distribución del producto, además de aumentar la capacidad de las industrias, puesto que se trasladaba hielo desde los glaciares de las montañas y esto permitía fabricar durante todo el año.

La segunda y gran revolución cervecera se debió a los trabajos de Louis Pasteur que en 1.876 publicó "Estudios sobre la cerveza", donde demostró que las "enfermedades" de la cerveza provenían de desarrollos microbianos no deseados y que la levadura era la responsable de la

fermentación alcohólica. Expuso también los fundamentos, de una fabricación racional, introduciendo medidas de higiene industrial y la esterilización como medio de conservación (pasteurización).

En 1.883, Emil Christian Hansen, un trabajador de la cervecería Carlsberg, en Dinamarca, comenzó a usar la técnica del cultivo puro de levadura, sustituyendo la práctica de fermentación de los mostos con "pies de cuba" por la utilización de levadura pura y de características determinadas.

## 1.3. Les etapes de fabricació de la cervesa

Las etapas de fabricación de la cerveza son:

El Cocimiento, que a su vez comprende:

La moltura.

El braceado o la extracción.

La filtración.

La ebullición y el lupulado.

La fermentación, que distingue entre:

La fermentación principal.

La fermentación secundaria o guarda.

El envasado, que consta a su vez de las siguientes etapas:

La filtración.

El llenado de botellas, barriles y botes.

La pasteurización.

## 1.4. Materias primas utilizadas

La materia prima fundamental en la fabricación de la cerveza es la malta. La obtención de la malta conforma una industria aparte aunque íntimamente ligada a la cervecería. La malta es el grano de cebada al que se le ha sometido a un proceso de germinación y tostación. Las etapas de fabricación de la malta son la recepción del grano, su limpieza o limpieza y clasificación, el remojo del mismo, su germinación y su tostación.

### 1.4.1. Cebada

Es la principal materia prima en la fabricación (al menos el 50 %) de cerveza. Se utiliza la cebada porque es el cereal que presenta menos problemas técnicos en la elaboración de la cerveza. No obstante, debe ser malteada para poder ser utilizada en el proceso. Cabe destacar de ella que:

Es el grano más rico en almidón, sustancia clave que da origen al sustrato fermentescible.

Posee proteínas en cantidad más que suficiente. De manera que:

Proporciona el alimento necesario para el crecimiento de la levadura.

Favorece la formación de la espuma (pues las proteínas son sustancias nitrogenadas).

En cambio el maíz es un grano que tiene una gran cantidad de grasa, se enrancia con facilidad y da problemas de estabilidad a la espuma.

El trigo es un grano desnudo, sin cáscara, que se maltea. En la germinación del grano surgen problemas de desarrollo microbiológico en su superficie. El trigo además da problemas por la gran cantidad de gluten que posee. Se utiliza malteado, en cantidad de un 50% para la elaboración de cervezas de trigo o blancas.

Hay otros factores que rodean a la utilización de un tipo u otro de grano. Por ejemplo la facilidad con la que esa planta se desarrolle en un país u otro.

### Descripción

La cebada es una planta herbácea, anual, con tallos fuertes y porte bajo. Pertenece a la familia de las Gramíneas, género *Hordeum Vulgare*.

Es el cereal más cultivado en España. Es un cultivo de zona templada, principalmente de secano, aunque el rendimiento es mayor en zonas de regadío.

### Tipos

Existe una gran variedad de tipos de cebada. Hay guías para su clasificación que diferencian características como:

La forma de la planta.

La forma de la espiga.

La morfología del grano.

La época de cultivo: Según el momento de la siembra, hay dos tipos de ciclos:

Cebada de invierno o de ciclo largo: La siembra se realiza a mediados de septiembre.

Cebada de primavera o de ciclo corto: La siembra se realiza entre marzo y abril.

La cantidad de granos fértiles que da cada espiga: Las espigas son dísticas, constituidas por tres espiguillas unifloras que arrancan de cada nudo del eje central o raquis, pudiendo ser fértiles las tres o únicamente la central:

Cebada de dos carreras (*Hordeum distichum*): En esta especie, es fértil la flor central de cada espiguilla y estéril las flores extremas, es decir, se produce un grano por espiga o dos granos por nudo. Son granos con cáscara más fina y uniformes en tamaño. Dentro de este tipo de cebada se encuentran la mayoría de las variedades cerveceras.

Cebada de seis carreras (*Hordeum exastrichum*): Las tres espiguillas de cada grupo son fértiles y se encuentran en posición radial de 60 grados. Son granos más desiguales. Este tipo de cebada se utiliza menos en el proceso cervecero.

### Variedades

Las cebadas cerveceras son aquellas variedades, que reuniendo ventajas para el agricultor, como un buen rendimiento agrícola y resistencia a las

enfermedades, tras el malteo, proporcionan una malta con buenas características cerveceras: Poder enzimático, rendimiento en extracto, desagregación química y mecánica del grano (entre otros factores).

Para su uso en cervecería han predominado las variedades de dos carreras y de primavera. Sin embargo últimamente está aumentando el empleo de las variedades de dos carreras y de invierno debido a la obtención de un buen rendimiento y una buena calidad.

La tendencia a trabajar con variedades puras garantiza la obtención de maltas homogéneas que posteriormente facilitan su trabajo en la sala de cocción.

### Estructura del grano de cebada

*Envuelta, cáscara ó gluma:* Es la capa protectora externa del grano. Su función es la de protección del interior del grano en el transporte, almacenamiento y germinación. Son insolubles en agua por lo que no intervienen en la composición de la cerveza, formando la mayor parte del bagazo. El componente principal es la celulosa, con una participación muy importante en la filtración. También posee, entre otras sustancias, hemicelulosa, resinas, taninos, gomas, pectinas y sustancias colorantes.

*Testa:* Membrana semipermeable que cubre todo el grano. Está constituida por dos capas de células de naturaleza lipídica, pericarpio y epicarpio, que permiten el paso del agua y de sustancias disueltas.

*Aleurona:* Se encuentra debajo del epicarpio. Está formada por el agrupamiento de tres o cuatro capas de células ricas en proteínas. Su función es la producción de enzimas hidrolíticas, necesarias para la movilización del material de reserva del grano.

*Endospermo:* Zona de reserva del grano formada principalmente por almidón. Los gránulos de almidón están metidos en un "saco" constituido por un 70 % de betaglucanos, un 23 % de pentosanas, un 5 % de nitrógeno y un 2 % de manosa.

*Germen o embrión:* Es una estructura viva que contiene una elevada cantidad de proteínas. Es donde van a desencadenar el proceso de germinación y desarrollo de la futura planta de cebada. Se observa en el germen una zona de la futura plúmula (tallo en la planta) y la raicilla (raíz de la planta). El germen, una vez desencadenada la germinación, producirá a través de la aleurona enzimas hidrolíticas que le permitirán



consumir su material de reserva en el endospermo y desarrollar la planta de cebada.

### Desarrollo de una planta de cebada

En España para cebadas sembradas en primavera, el ciclo oscila entre 130 y 180 días, a diferencia de las sembradas en otoño, que requieren entre 180 y 210 días.

El ciclo de desarrollo de una planta de cebada pasa por las siguientes fases:

Germinación.

Ahijamiento.

Encañado.

Espigado.

Floración.

Maduración.

### Composición media de las cebadas cervceras

La composición media de las cebadas cervceras se encuentra detallada en la tabla 1:

**Tabla 1. Composición media de las cebadas cervceras.**

Humedad	10 - 12 %
Hidratos de carbono	60 - 62 %
Proteína	10 - 11 %
Fibra	4,5 - 5 %
Grasa	2 - 2,5 %
Sales minerales	2 - 2,5 %

## Hidratos de carbono o carbohidratos

Representan cuantitativamente la fracción mayoritaria de la cebada. Esta fracción la componen el almidón, los azúcares, la celulosa, la hemicelulosa y las gomas.

### *Almidón*

Representa entre el 50 y 63 % en la composición de la cebada. El almidón es el material de reserva (fuente energética) que posee el grano para desarrollarse como futura planta. Se acumula en el endospermo en forma de gránulos de distinto tamaño. Estos gránulos consisten en dos sustancias:

*Amilopectina*: Representa el 75-80 % y se compone de moléculas de glucosa unidas por la posición 1-4 por puentes de oxígeno. Estas cadenas no son lineales sino que tienen ramificaciones de 15 a 30 moléculas de glucosa en los enlaces 1-6. La amilopectina es insoluble en agua y forma una pasta a altas temperaturas.

*Amilosa*: Representa el 20-25 % y se compone de moléculas de glucosa unidas por la posición 1-4. Son cadenas lineales sin ramificaciones. La amilosa es soluble en agua caliente y no forma una pasta.

### *Azúcar*

La cantidad de azúcar en la cebada es muy pequeña, comprendida entre un 1,8 y un 2 %. Principalmente es sacarosa, aunque también hay algo de glucosa y fructosa.

### *Celulosa*

El 5 % de glucosa está localizada exclusivamente en la envuelta y su función es únicamente estructural (de protección). Su estructura es parecida a la de la amilasa; cambia la posición del enlace. Esta diferencia es la causante de que sea una sustancia insoluble y que no pueda ser desdoblada durante el malteo (no hay enzima que pueda hacerlo).

### *Hemicelulosa*

Es el principal constituyente de las paredes celulares del endospermo. Se compone de dos sustancias; beta-glucanos, en un 80-90 %, y pentosanas, en un 10-20 %. Ambos son carbohidratos estructurales y su función es dar rigidez a estas paredes (protección). Tienen bastante influencia en el proceso cervecero.

Los beta-glucanos consisten en largas cadenas de glucosa unidas por enlaces 1-3 y 1-4. El enlace beta implica que las moléculas de glucosa no forman espirales y proporciona rigidez. Los beta-glucanos son muy poco solubles pero con un punto de viscosidad necesario. En el endospermo estas cadenas de beta-glucanos se encuentran unidas a proteínas. Pueden formar geles y afectar a la filtrabilidad de la cerveza.

Las pentosanas son estructuras lineales que se encuentran formadas por monómeros de xilosa y arabinosa unidos mediante enlaces 1-4. Se desdobl原因 durante el proceso de malteado y cervecero. Su influencia en la calidad de la cerveza en comparación con los beta-glucanos es menor. No generan problemas en la malta, pero en el trigo sí, si no están bien degradadas.

### Proteínas

Es el factor de crecimiento para la levadura y contribuye a la estabilidad de la espuma. El nitrógeno contenido en la cebada como proteína puede oscilar entre un 8 y un 16 %. Esta fracción repercute en el proceso en aspectos tan importantes como el rendimiento y la estabilidad coloidal de la cerveza. El valor máximo en la cebada para su uso cervecero debe ser del 11,5 % de proteína.

En el grano de cebada antes de su malteado se encuentran las siguientes fracciones:

*Proteínas de alto peso molecular:* Esta fracción la componen proteínas con una gran masa molecular que se caracterizan por ser insolubles en solución acuosa y precipitan cuando se someten a ebullición. Dicha fracción está constituida a su vez por:

*Gluteína (30 %):* No se modifica durante la germinación; pasa intacta al bagazo. Se disuelve en álcalis.

*Hordeína o prolamina (37 %):* Es utilizada en parte por el embrión. Se disuelve en alcohol.

*Globulina o edestina (15 %):* Da lugar a problemas de turbidez en la cerveza.

*Albúmina o leucosina (11 %):* Precipita durante la ebullición, pudiéndose eliminar con facilidad.

*Proteínas de peso molecular medio o bajo:* Esta fracción está compuesta por proteínas obtenidas por hidrólisis enzimática de proteínas de peso molecular alto. Aumenta durante el proceso maltero y cervecero. Evita la pérdida de dióxido de carbono.

*Proteínas de peso molecular medio:* Son proteínas obtenidas del desdoblamiento de las fracciones de mayor peso. Son importantes en la estabilidad de la espuma de la cerveza.

*Proteínas de peso molecular bajo:* Esta fracción está formada por péptidos y aminoácidos. Es el componente asimilable por la levadura. Esta fracción se incrementa durante el malteado y la etapa de maceración.

*Enzimas de la cebada:* Todas las transformaciones que ocurren durante el proceso maltero y cervecero dependen de la acción enzimática, ya que cada reacción química precisa la correspondiente enzima.

## Grasas

El porcentaje de grasas es de un 2 %, localizado principalmente en la aleurona y en la envuelta. Esta grasa, insoluble en agua, se elimina sin cambios con el bagazo. La grasa tiene un efecto negativo en la estabilidad de la espuma.

## Sustancias inorgánicas

La cebada contiene entre un 2 y un 3 % de sustancias minerales, de las cuales:

Los fosfatos representan un 35 % y son muy necesarios para la glicólisis.

Los silicatos forman un 25 % y abundan en la envuelta provocando problemas de turbidez en la cerveza.

Las sales de potasio representan un 20 %.

### Otras sustancias

*Polifenoles:* Resultan de la combinación de un azúcar con otra sustancia no glucídica. Dicha combinación se denomina glucósido o heterósido. Los polifenoles se encuentran principalmente en la envuelta y en la aleurona. En altas concentraciones confieren un gusto amargo y astringente. Además generan problemas en la estabilidad coloidal.

*Vitaminas:* Son compuestos nutricionales vitales que se encuentran en concentraciones muy bajas. La cebada contiene las vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C y E.

#### *1.4.2. Lúpulo*

La planta del lúpulo se utiliza en la fabricación de cerveza para aromatizar y dar carácter amargo a la cerveza.

### Descripción

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta herbácea, de la familia de las cannabáceas, trepadora, de tallo corto y de crecimiento anual. Las raíces permanecen bajo el sustrato. La siembra es una vez al año y se cultiva con la ayuda de unas guías que permiten el buen desarrollo de la planta.

El lúpulo tiene características antisépticas. Es una planta dioica, es decir, posee flores femeninas y flores masculinas. A nivel de cervecería se usan normalmente las femeninas.

Estas flores femeninas son agrupaciones en inflorescencias llamadas conos. Será en estos conos donde se alberguen unos gránulos de color amarillo llamados lupulina que confieren el sabor amargo a la cerveza.

La lupulina se encuentra rodeada o envuelta por los pétalos o brácteas y el tamaño del cono no supera los 5 cm. Estos polvos amarillos o lupulina son unos granos pegajosos que han sido segregados por las propias células. Es donde se encuentran las resinas y aceites característicos del lúpulo, todo ello recubierto por una capa de material ceroso.

### Cultivo

El lúpulo puede crecer de forma natural en riberas de ríos. Requiere climas templados y con humedades altas, sobretodo durante el crecimiento y la floración. Su cultivo está extendido a nivel mundial.

### Recolección y secado

La recolección del cono se realiza a finales del mes de agosto y debe ser completada en el menor tiempo posible (no más de 15 días). La cosecha está totalmente automatizada con maquinaria específica. Se realiza siempre recogiendo el cono cerrado, es decir antes de que esté maduro. De esta forma:

Se evita que se empiecen a liberar los polvos amarillos que guarda en su interior.

Se evitan pérdidas y por tanto, se alcanza el máximo rendimiento.

Se evita la entrada de aire y agua, que puede provocar oxidaciones.

El momento óptimo de la recolección se considera cuando:

Los granos de lupulina están amarillos, no ocres.

Tiene el característico olor a hierba verde (que va disminuyendo con el tiempo).

El color de las brácteas es brillante.

Se reconoce la madurez del cono por una serie de características:

El color amarillo de la lupulina.

La pérdida del aspecto brillante de las brácteas.

La desaparición del olor a hierba de la inflorescencia inmadura.

El cono recién recolectado necesita para su almacenamiento de unas manipulaciones previas que permiten su estabilización: El secado y el prensado.

*Secado:* El cono tiene inicialmente un valor de humedad muy alto; entre un 75 y un 80 %, y debe ser secado hasta el 8-12 %. La temperatura de secado es suave, a 60 °C, mediante aire que permite arrastrar el exceso de humedad. Con este secado se garantiza la inhibición de las enzimas que actúan en el envejecimiento de la lupulina y se frena el desarrollo de microorganismos.

*Prensado:* Una vez seco y frío el lúpulo se embala en paquetes, comprimiéndolo para evitar que quede aire y se produzca oxidación del mismo.

El lúpulo así preparado se transporta a las plantas procesadoras para su transformación en formas comerciales: Pellets o extractos, que son como se manipulan actualmente en las fábricas de cerveza.

### Composición y propiedades de los componentes del lúpulo

La composición del lúpulo es muy importante para la calidad de la cerveza producida. La siguiente tabla refleja su composición estándar:

**Tabla 2. Composición estándar del lúpulo.**

<b>Componentes</b>	<b>(%)</b>
Sustancias amargas	18,5
Aceites	0,5
Polifenoles	3,5

Proteína	20,0
Sustancias inorgánicas	8,0

No han sido incluidos en la tabla ni la celulosa ni otros materiales sin interés desde el punto de vista cervecero.

### *Sustancias amargas*

Las sustancias amargas son los compuestos químicos denominados alfa-ácidos (mayoritarios) y beta-ácidos, que a su vez están formados por distintos compuestos. De estas dos fracciones forman parte las humulonas, que al isomerizarse mediante ebullición o por álcalis, forman isohumulonas, sustancias que confieren el carácter amargo a la cerveza.

El lúpulo presenta variedades donde la concentración de alfa-ácidos es variable. En la concentración de humulonas influye además de la variedad, la edad del lúpulo, el calor, la humedad y el aire. Las sustancias amargas además de su importancia sensorial en la cerveza, tienen un efecto antiséptico para el crecimiento de microorganismos e influyen positivamente en la estabilidad de la espuma de la cerveza.

### *Aceites*

Esta fracción la componen más de 200 compuestos. Son producidos por las brácteas y son responsables del aroma. Son volátiles y durante la ebullición se eliminan los más hidrosolubles. Por esta razón se suele adicionar una fracción del lúpulo antes de finalizar la ebullición (lupulado tardío) o bien se añade a la cerveza antes de la maduración (lupulado en seco).

### *Polifenoles*

El lúpulo puede contener de un 3 a un 5 % de polifenoles localizados principalmente en las partes vegetativas del cono. Desde el punto de vista cervecero su importancia radica en que:

Proporcionan el sabor astringente de la cerveza.



Se combinan y precipitan proteínas de alto peso molecular.  
Oxidados producen precipitados rojizos.  
En combinaciones con sales de hierro forman precipitados negros.

### *Compuestos nitrogenados*

La fracción proteica (compuestos nitrogenados) en el lúpulo varia de un 12 a un 20 % y aproximadamente de un 30 a un 50 % queda en el mosto. En la futura cerveza influirá en los aspectos organolépticos y en la estabilidad de la espuma.

### *1.4.3. Adjuntos*

Actualmente, la legislación de la mayor parte de los países permite la utilización de otro tipo de grano, crudo o grano no malteado, para la elaboración de cerveza, pudiendo variar solamente en la cantidad máxima admisible. La legislación española permite un máximo de 50 % de adjuntos en la composición del mosto, o lo que es lo mismo, para ser cerveza deberá contener como mínimo un 50 % de cebada malteada y el otro 50 % deberá ser en forma de grano crudo.

### Definición

Se considera adjunto a todo material cuya función sea el aumento de la cantidad de hidratos de carbono o azúcares fermentescibles en el mosto.

La razón de su utilización es múltiple:

*Económica:* Hasta hace un par de décadas, esta razón era viable porque se utilizaban granos sin maltear.

*Tecnológica:* Esta razón es la más valorada actualmente, ya que el adjunto permite obtener cervezas con unas características organolépticas determinadas.

### Tipos de adjuntos

El uso de los adjuntos, principalmente de cereales, está asociado a la producción en grandes extensiones en el país de origen. Así se establecen unas preferencias por continentes en el uso de uno u otro tipo de adjunto:

En América y Europa: El arroz y el maíz.

En Asia: El arroz.

En África: El sorgo.

A nivel mundial, los adjuntos más utilizados son:

El Maíz o los productos de maíz.

El arroz.

La cebada sin maltear.

El sorgo.

El trigo.

Los jarabes de azúcares.

Otros como el centeno, la tapioca y la patata.

#### *1.4.4. Agua*

##### Características del agua de fabricación

Las características del agua de fabricación influyen en la calidad de la cerveza. Debe reunir las características propias de potabilidad: Sin exceso de sales, exenta de materia orgánica, microbiológicamente pura y libre de aromas y sabores extraños.

Actualmente, gracias a los conocimientos adquiridos sobre la influencia de las sales en la fabricación y los métodos de corrección de aguas, se puede adaptar cualquier agua a cualquier tipo de cerveza que se desee hacer. De esta forma se pueden aplicar diversos tratamientos:

Descarbonatación.

Desmineralización.

Filtración.

Otros.

Las sales que se encuentran en el agua no sólo influyen directamente sobre el gusto, sino también de forma indirecta a través de sus efectos sobre las reacciones enzimáticas y coloidales que se producen a lo largo del proceso de fabricación.

### Efecto de los iones metálicos en el proceso

**Tabla 2. Efecto de los iones metálicos en el proceso.**

<b>Iones</b>	<b>Efecto en el proceso cervecero</b>
Calcio	Componente de la dureza permanente y temporal del agua. Precipita en forma de fosfatos del mosto, reduce el pH, estabiliza la alfa-amilasa (necesita iones calcio) e incrementa el nitrógeno asimilable por la levadura, precipita en forma de oxalatos y mejora la floculación de la levadura. Debe contener como mínimo entre 10 y 25 ppm.
Magnesio	Comunica un sabor desagradable a la cerveza. En general el contenido es menor a 30 ppm. Favorece la isomerización del lúpulo.
Sodio, potasio	El sodio comunica un sabor agrio y salado a la cerveza. El potasio comunica un sabor salado a la cerveza e inhibe algunas enzimas.
Manganeso	El nivel no debe sobrepasar los 0,2 ppm.
Hierro	Forma depósitos en tuberías y debilita a la levadura aún en concentraciones de 1 ppm. Genera turbidez en la cerveza. Se elimina del agua por aireación y filtración con arena.
Cobre	Puede proceder de los insecticidas del lúpulo. Contribuye a la formación de turbidez y afecta a la levadura.
Zinc	En alta concentración resulta tóxico para la levadura e inhibe algunas enzimas. En concentraciones de 0,1 a 0,2 ppm estimula a la levadura. Es tóxico para concentraciones superiores a 1 ppm.
Amonio	Presente en aguas contaminadas.
Carbonato	Se descompone por el calor. A altas concentraciones eleva el pH y proporciona un sabor desagradable. No debe exceder de 50 ppm.

Sulfato	Contribuye a dar un sabor seco a la cerveza.
Cloro	Limita la floculación de la levadura. Da un paladar más redondo a la cerveza. Mejora la calidad coloidal y la clarificación.
Nitrito	A niveles por encima de 10 ppm indica que el agua está contaminada.
Sílice	Con el calcio y el magnesio produce posos y turbidez.

### Análisis de aguas para distintas cervezas

**Tabla 3. Análisis de aguas para distintas cervezas.**

Tipo de cerveza	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Burton Ale pálidas	352	24	54	820	320	16	18
Dortmund Ale pálidas & Lager suave	260	23	69	283	549	106	-
Munich Lagers oscuros & Stout	80	19	10	5	333	1	3
Dublín Lagers oscuros & Stout	119	4	12	54	319	19	-
Pilsen Lagers pálidos	7	8	32	6	18	5	-

### **Levaduras de cultivo**

La levadura de cervecería pertenece a la familia *Endomycetaceae* y al género *Saccharomyces*.

En la actualidad se pueden clasificar en dos especies de trabajo:

*Saccharomyces cerevisiae* o levadura de fermentación alta: Se caracterizan porque fermentan a altas temperaturas de 15 o 25 °C, y además, al finalizar la fermentación, la levadura asciende a la superficie de la cuba.

*Saccharomyces carlsbergensis* o levadura de fermentación baja: Se caracterizan porque fermentan a temperaturas más bajas, de 5 a 15 °C, y se depositan en el fondo de la cuba al final de la fermentación.

### Descripción de la levadura

Las levaduras son hongos unicelulares que han perdido la capacidad de crecimiento filamentoso.

El término *levadura* es un término descriptivo, no taxonómico. Se aplica a un concepto que se ha desarrollado a través de la historia y que cubre un grupo heterogéneo y mal definido de organismos.

Morfológicamente, la levadura cervecera tiene una estructura de microorganismo unicelular, eucariota. Su forma puede ser ovoide (mayoría), esférica, elíptica, etc.

Se reproducen por gemación. A veces las yemas de las células hijas permanecen fijadas a la célula madre formando una cadena de células llamada *Pseudohifa*.

Las levaduras cerveceras se encuentran tanto aisladas o unidas entre sí en cadenas cortas o en agrupaciones en forma de racimos (micelos). No forman esporas. La levadura se muere a una temperatura superior a los 28 °C.

### Partes fundamentales de la levadura

Una célula de cerveza típica, cuando se halla plenamente desarrollada, tiene unas dimensiones entre 8 y 14 micras.

En el laboratorio, después de un período de incubación de 3 días a 28 °C en mosto, se obtienen colonias de color crema a amarillento, con una superficie lisa, sin ser brillante y la periferia también lisa u ondulada.

### Factores de crecimiento

*El sustrato*: Desde el punto de vista cervecero el mosto debe tener todos los nutrientes necesarios para la levadura, pH adecuado (que en el caso de la levadura cervecera es ácido) y contenido en oxígeno suficiente para que durante la fase de latencia y el tiempo de generación se reduzcan. El contenido en nutrientes es limitante, es decir la carencia o ausencia de los mismos provocaría una ausencia de crecimiento.

*La temperatura*: También influye notablemente en el crecimiento celular y cada microorganismo tiene una temperatura óptima de crecimiento que

influye en la reducción del tiempo de fase estacionaria y de tiempo de generación. Sin embargo con la temperatura se puede producir crecimiento celular más lento en rangos amplios; por ejemplo para las levaduras del género *Saccharomyces* el rango está entre 0 y 40 °C y la temperatura óptima se encuentra entre 25 y 30 °C.

*El estado fisiológico de la levadura:* Hace referencia a la edad de las células. En cervecería es usual que después de la fermentación principal, la biomasa de la levadura se retire en su mayoría y una parte de esa biomasa se utilice en el siguiente proceso fermentativo. El tipo de multiplicación celular que sigue las células de levadura indicaría la posibilidad de una utilización infinita. Sin embargo los cultivos no se utilizan más de un número de generaciones, porque se ha demostrado a nivel práctico que las células sufren un envejecimiento.

### Elección de la levadura

El cervecero tendrá que atender a las propiedades tecnológicas además de lograr una levadura para un buen rendimiento de producción. Como requisito imprescindible la levadura seleccionada debe producir una cerveza con un buen perfil organoléptico.

Establecer un orden de propiedades o características universalmente válidas resulta complicado, ya que dependen mucho de circunstancias particulares de cada fabricación.

Tipo de fabricación:

Fermentación baja o alta.

Fermentación lenta o rápida.

Separación de la levadura después de la fermentación.

Tipo y geometría de los tanques de fermentación.

Composición de las materias primas.

Tipo de cerveza: aromática, ligera, seca, etc.

El técnico cervecero debe elaborar una lista de propiedades esenciales y las características peculiares que requiere su levadura para obtener la cerveza deseada.

### Cultivo puro y propagación

La industria cervecera principalmente trabaja con un único tipo de levadura, es decir, con cultivo puro.

La utilización de la técnica del cultivo puro se debe al botánico Hansen, que en sus estudios sobre enfermedades de la cerveza llegó a la conclusión que algunas de las alteraciones más importantes son debidas a bacterias y a otras levaduras.

Los cultivos puros se preparan mediante aislamiento de una célula única de manera que se garantice una masa genética homogénea de la levadura

por la multiplicación vegetativa. Las ventajas de trabajar con un cultivo puro son la obtención de fermentaciones más regulares, cervezas de sabor más homogéneo y más puro.

La propagación del cultivo puro de levadura hace referencia a la obtención de una biomasa suficiente para la inoculación en los tanques de fermentación.

### Siembra de levadura: Dosis

La levadura que se va a emplear para sembrar el mosto de fabricación se encuentra generalmente almacenada en recipientes de conservación en la sala de levaduras. Es condición previa de forma obligatoria que, antes de su utilización, se asegure que:

Las células vivas no se tiñan con azul de metileno.  
Esté libre de contaminaciones microbiológicas.  
Esté en buen estado fisiológico (mortalidad inferior al 10%).  
Presente un buen aspecto microscópico en su morfología.  
Haya una viabilidad superior al 95 %.

Es preciso un seguimiento del laboratorio con la suficiente antelación para prevenir un fallo en la fabricación.

*Momento de la siembra:* En la actualidad la práctica más frecuente es adicionar en línea la levadura al paso del mosto, conjuntamente con la aireación, la cual favorece la dispersión de la levadura en el mosto.

*Dosis de siembra:* La cantidad de siembra está relacionada con el extracto original del mosto, la composición de este, la temperatura de siembra, la aireación y las condiciones de fermentación.

La masa de levadura sembrada sufre una multiplicación de hasta cinco veces, por tanto, es necesario que la dosis inicial tenga un período corto de adaptación y que sea capaz de una rápida multiplicación que asegure una bajada del pH inicial y una protección de contaminaciones no deseadas.

Una dosis baja retarda esta bajada del pH y no se produce una atenuación adecuada. Y con una dosis elevada se acelera la fermentación, pero las células más viejas producen autólisis que comunican un sabor espeso y desagradable de levadura a la futura cerveza.

Por ello es necesario para obtener ciclos regulares y uniformes de fermentación determinar unas condiciones prácticas que aseguren una correcta dosificación. El método más exacto es la dosificación por pesada. Para ello existen tanques de levadura apoyados sobre una célula de carga mediante los cuales se puede programar la dosis de levadura de siembra de modo automático, de tal manera que la bomba

dosificadora de levadura cuando ha alcanzado la cantidad prefijada se detiene.

### Tratamiento y conservación de levadura cosechada

La levadura cosechada al final de la fermentación puede ser utilizada inmediatamente o bien almacenada para utilizarla en próximas siembras.

Después de cada fermentación se aumenta un número la generación para su control. En la práctica no suele existir problemas de levadura en la planta, por tanto a la generación 9, se suele eliminar para evitar problemas de degeneración.

La degeneración es un fenómeno complejo que se atribuye a causas diversas: Falta de iones en el mosto, exceso de turbio frío en el mosto, pérdida de poder respiratorio de la levadura, etc.

El cervecero observa unos datos prácticos como son: Fermentaciones perezosas (aumento del tiempo de arranque), aumento de la floculencia de la levadura antes de llegar al punto de atenuación requerido y disminución de la cosecha de levadura.

Antes de su sustitución se puede conservar la levadura para su reutilización en próximas fabricaciones. Para ello la levadura cosechada (1/3 aproximadamente del volumen total), es tamizada en unas telas metálicas de acero inoxidable con mallas de 0,5 mm, que sirven para eliminar impurezas.

Una vez tamizada es llevada a los tanques de almacenamiento. Estos tanques son refrigerados. Se conserva la levadura de 2 a 4 días como máximo a una temperatura entre 0 y 5 °C.

### Finalidad

La cebada es empleada en la obtención de cerveza, previa transformación de dicho grano en malta, mediante el proceso que se conoce como malteado. Este malteado va a permitir que el grano de cebada sufra una serie de transformaciones en su interior y de este modo, podrá ser utilizado en el proceso cervecero.

El malteado consiste en someter al grano de cebada a unas condiciones óptimas de humedad, temperatura y aireación, que permiten la germinación del embrión y el comienzo del desarrollo de la planta. Esta germinación controlada, permite una serie de cambios en la semilla fundamentales en la elaboración de cerveza. Estos cambios son:



La destrucción de las membranas celulares que envuelven los constituyentes del endospermo mediante enzimas hidrolíticas.

La formación de enzimas específicas, principalmente proteolíticas y amilolíticas.

El desarrollo de sustancias coloreadas (proteínas que por efecto del calor se colorean).

La transformación de la cebada en malta constituye un proceso industrial que se desarrolla en las malterías. Las etapas del proceso son:

El acondicionamiento de la cebada.

El remojo.

La germinación.

El secado-tostado.

El almacenamiento de la malta.

### Acondicionamiento de la cebada

El acondicionamiento de la cebada incluye las etapas de controles de recepción, limpia de partes metálicas, clasificación y almacenamiento.

En esta etapa se realizan una serie de operaciones que comienzan con la determinación de si el grano de cebada que llega a la maltería es el especificado para el proceso, para lo cual se realizan una serie de determinaciones o controles de recepción.

Una vez aceptada la cebada el segundo paso será su limpieza o limpia, ya que, generalmente, la cebada procedente de almacenes o eras, ha sido mezclada con sustancias extrañas como paja, polvo, restos de hierbas, semillas extrañas, elementos metálicos, granos partidos, tierra y piedras. Con la operación de limpia se eliminan todas estas materias. Además es necesario realizar una clasificación por tamaño del grano de cebada y así conseguir un calibre de grano homogéneo. La cebada limpia y clasificada es almacenada en silos para poder ser utilizada según necesidades de producción.

### *Controles de recepción*

Cuando la cebada llega a la maltería, se procede a la obtención de una muestra representativa del lote y a la realización de unos controles encaminados a valorar la calidad de dicha cebada. Estos controles son:

*Humedad:*

Tiene un papel fundamental en la conservación y en el aspecto económico. Se acepta la cebada con un porcentaje de humedad entre un 10 y un 12 %.

La cebada es más estable si está seca. En España la recolección está favorecida por el sol del verano, no siendo así en otros países de Europa donde en ocasiones es necesario someter a la cebada a un tratamiento de secado.

La importancia de la humedad en la recolección es vital en:

El estado de latencia o dormancia natural del grano (el grano no germina en la planta).

La sensibilidad al agua.

El exceso de humedad debido a la presencia de hongos.

*Proteínas:*

El contenido en proteínas en el grano debe estar entre unos márgenes, normalmente entre un 10 y un 12 % de proteína. No se aceptan contenidos altos de proteína porque se obtienen maltas más irregulares y con menor contenido en material amiláceo.

*Calibrado del grano:*

Permite saber el porcentaje de granos que tenemos de un determinado tamaño y cuantificar las mermas durante la clasificación. Se exige un porcentaje mayor del 80 % de un tamaño mayor a 2,5 mm de diámetro. Interesa que los granos sean gordos, pero sobretodo que sean homogéneos, es decir, de igual tamaño.

En esta clasificación también se controla la cantidad de impurezas que acompañan al grano, cuyo porcentaje repercutirá en el precio de la cebada.

*Capacidad germinativa:*

Tiene como objeto determinar si el embrión está vivo. Es fundamental la viabilidad del embrión ya que sino la germinación es imposible. Se exige como mínimo un 97 % de embriones vivos. Un estudio de germinación revela que al tercer día hay un 95 % y que el 97 % requerido se alcanza al quinto día.

*Control de plagas y enfermedades:*

Tiene como objeto determinar la presencia de insectos u otras enfermedades (microorganismos y hongos) del grano que perjudiquen tanto a la estructura como al embrión.

**Tabla 4. Especificaciones de calidad** (según los Malteros de España)

<b>Elementos</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Humedad	11,5 % máximo
Proteína	Entre 9,5 y 11,5 %
Calibre > 2,5	60 % mínimo
Calibre < 2,2	10 % máximo
Grano partido + impurezas	< 4 %
Peso hectolitro	64 % mínimo
Pureza varietal	95 % mínimo
Capacidad germinativa	97 % mínimo

Si la cebada cumple las especificaciones que la maltería ha pactado con el proveedor se procederá a la aceptación y descarga de la cebada.

*Limpieza de la cebada*

*Separadores magnéticos*

Antes de proceder a la limpia de la cebada y su clasificación, se pasa la cebada por separadores magnéticos que permite eliminar las materias metálicas que acompañan a la cebada. Estas impurezas son muy peligrosas, ya que pueden rozar con otros metales, originando chispas que, junto con el polvo, pueden llegar a producir explosiones muy violentas.

Se distinguen tres tipos de separadores magnéticos:

*Fijos:*

Constan de un imán fijo sobre el que se hace pasar una capa delgada de grano, quedando adheridas al imán las partículas metálicas.

*De tambor:*

El imán es fijo y se encuentra dentro de un cilindro giratorio. El campo magnético sólo afecta a una zona del cilindro, de tal modo que en esta zona quedan adheridas las partículas metálicas. A medida que gira el cilindro y llega a la zona desmagnetizada, los fragmentos metálicos se desprenden y caen en un depósito recogedor.

*Electromagnético:*

El fundamento es el mismo que el de los separadores de tambor. La diferencia radica en que el campo magnético se crea mediante el paso de una corriente eléctrica continua a través de un electroimán.

*Equipo de limpia*

Como ya se ha señalado anteriormente, el objetivo de la operación de limpieza de la cebada es eliminar arena, tierra, piedras, cuerdas, paja, polvo, materia extraña de gran calibre y granos muy pequeños. Si el grano se almacena con estos elementos, se favorece el recalentamiento del mismo.

Esta operación se realiza con una maquinaria que consta de una serie de cribas. El producto entra perfectamente distribuido en

todo el ancho del tamiz, efectuándose una primera clasificación por aire. Éste arrastra los elementos más ligeros en la entrada de la máquina y se eliminan mediante salidas laterales.

El resto del producto cae sobre el primer tamiz y es sometido a un movimiento vibratorio. En este tamiz, de gruesa perforación, se eliminan las impurezas de gran tamaño como piedras, cuerdas y restos de malas hierbas.

El producto que pasa a través del tamiz llega a un segundo tamiz, de perforación menor que el grano de cebada, donde se eliminan arena, tierra, granos pequeños, etc.

Los granos aprovechables llegan a la salida de la máquina, donde se les somete a una segunda clasificación por aire, obteniendo la cebada limpia para la clasificación.

#### *Clasificación de la cebada*

Su finalidad es separar por tamaño el grano de cebada y eliminar materias que no hayan sido desechadas en la limpia.

Para la clasificación por tamaños se utilizan máquinas clasificadoras. Cada una de ellas consta de un juego de tamices de diferente tamaño que permite la separación de las distintas fracciones. El tamaño utilizado para maltear es la fracción superior a 2,5 mm, denominada "primeras".

Una vez que se ha obtenido la fracción de grano grueso, se procede a una eliminación de los granos partidos, semillas redondas y alargadas y piedras muy pequeñas redondeadas. Se utiliza para esta operación unos cilindros alveolados o triarvejones.

Los triarvejones son unos cilindros alveolados que giran entre 20 y 50 rpm. El producto entra en el interior del cilindro. Los alvéolos reciben solamente las partículas que encajan en ellos. Estas partículas son elevadas en el interior del alvéolo por el cilindro que está girando, hasta que caen por su propio peso hacia afuera, una vez que llegan a una determinada altura.

Sobre el eje central se encuentra una artesa de recogida, en la cual gira un sinfín. Las partículas al caer hacia fuera son recogidas por esta artesa y el sinfín las transporta a la salida.

Las que no caen dentro de la artesa, porque su longitud las ha hecho caer antes, siguen dando vueltas en el fondo del cilindro, hasta que llegan al final del tambor. Existen cilindros extractores de grano redondo y de grano plano.

### *Almacenamiento de la cebada*

Una vez que la cebada se ha limpiado y clasificado, normalmente se almacena hasta su uso.

Para el almacenamiento se usan silos herméticos, que pueden ser metálicos o de hormigón armado. Los silos metálicos pueden ser a su vez de paredes lisas u onduladas. Los de pared ondulada tienen mayor resistencia mecánica, pero debe vigilarse la limpieza para evitar que queden restos en las ondulaciones, pues son un foco de infección.

La respiración de un grano seco (humedad < 12 %) y frío (temperatura < 5 °C) es tan débil que puede considerarse nula. El grano almacenado al respirar pierde peso; una parte de sus reservas son transformadas en calor, anhídrido carbónico y agua. Si las condiciones de almacenamiento no son las adecuadas, las pérdidas de peso pueden ser importantes, teniendo una gran repercusión económica.

A medida que aumenta la humedad (por cada 1,5 % que aumente se duplica la actividad respiratoria) y la temperatura (por cada 5 °C que aumente, se duplica la actividad respiratoria) la actividad respiratoria aumenta y puede producirse proliferación y desarrollo de insectos y microflora.

Para una buena conservación se debe mantener el grano con una humedad inferior al 12 % y una temperatura inferior a 15 °C. Además se debe proceder a una correcta limpieza y fumigación de los silos.

Si durante el almacenamiento el grano alcanza temperaturas altas, se procede a una ventilación que consiste en crear en la parte superior del silo un punto frío en el cual se condensa la humedad que contiene el aire en circulación. El aire atraviesa el grano, se refrigera en el

evaporador, condensa agua y vuelve al silo con un contenido de humedad menor, el cual al atravesar el grano toma agua del mismo a la vez que lo refrigera.

La vigilancia del silo se realiza con silometria, que consiste en un sistema centralizado de control electrónico de la temperatura.

### Acondicionamiento de la cebada

#### *Finalidad:*

Aportar a los granos de cebada el agua necesaria para que comience su proceso de desarrollo. El agua penetra en los granos por diferencia de potencial hídrico entre éstos y el medio que les rodea.

El embrión absorbe proporcionalmente mayor cantidad de agua que el endospermo, ya que el embrión es más rico en proteínas que el endospermo y las proteínas contienen coloides que absorben agua.

Para que se inicie la germinación, es necesario que exista alrededor de un 30 % de humedad en el grano. Esta agua constituye el medio que permite la circulación de enzimas y fitohormonas. Algunas enzimas existentes en el grano de cebada son activadas por simple hidratación, comenzando su actividad.

Las giberelinas, solubles en agua, se difunden hasta la capa de aleurona, donde se induce a la síntesis de múltiples enzimas especializadas en modificar los diferentes componentes del endospermo del grano de cebada. En general, los granos permanecen en esta fase de remojo hasta alcanzar una humedad alrededor del 40 %.

#### *Fundamento:*

Durante la fase remojo se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

El remojo y el malteo se efectúa grano a grano, pero no aisladamente. Es necesario hacer exactamente lo mismo a la gran cantidad de granos y que todos respondan igual.

Hay que cerciorarse del aporte de oxígeno y de la eliminación de anhídrido carbónico y calor. De no hacerse así, podría desplazarse el medio a condiciones no adecuadas.

No se trata de plantas acuáticas, por lo que hay que evitar inmersiones prolongadas, para que la cebada no quede inhibida o ahogada, frenando así el proceso de germinación.

Debe permitir:

*Un aporte homogéneo de agua a todos los granos de cebada:*

El grano de cebada se introduce en tanques o tinas de remojo donde se pone en contacto con el agua. El llenado y vaciado de las tinas se debe hacer lo más rápidamente posible, para que no haya diferencias de remojo entre unos granos y otros.

Normalmente, los mejores resultados se consiguen alternando períodos secos y bajos en agua.

Tras la operación el grano de cebada es trasladado a las cajas de germinación.

La primera agua de lavado del grano sirve para eliminar toda la suciedad adherida al grano. Se cree que arrastra a sustancias inhibitoras de la germinación.

*Un aporte homogéneo de oxígeno (cantidad de oxígeno = 15-17 m<sup>3</sup>/tm x h):*

El oxígeno normalmente se aporta mediante el aire generado por compresores. En el caso de tinas de fondo cónico, el aire llega a los anillos de aireación y en las tinas de fondo plano, el aire es impulsado debajo del doble fondo.

La aireación se realiza durante los períodos con agua y puede ser constante o discontinua.



La extracción del CO<sub>2</sub> (fondo cónico = 80-100 m<sup>3</sup>/tm x h y fondo plano = 240-260 m<sup>3</sup>/tm x h):

La extracción del CO<sub>2</sub> se realiza mediante ventiladores, cuya aspiración está conectada en la parte más baja de las tinas (el CO<sub>2</sub> es más pesado que el aire).

Estos ventiladores crean una corriente de aire que va desde la parte superior de la tina, a la parte inferior, aportando oxígeno al grano a la vez que arrastra el CO<sub>2</sub>. Por otro lado esta ventilación permite eliminar el calor desprendido como consecuencia de la actividad respiratoria.

La extracción del CO<sub>2</sub> se realiza durante los períodos secos y de forma continua.

Mantenimiento de la temperatura:

Mientras el grano está en fase de remojo, es necesario controlar la temperatura dentro de unos límites. Para ello, se utiliza agua atemperada en los períodos bajo agua y en los períodos secos se acondiciona el aire.

El acondicionamiento se hace con tinas cerradas donde se establecen circuitos de aire y se acondiciona el aire con baterías de calor y frío y con humificadores. Cuando las tinas son abiertas se acondiciona la sala de remojo. Para ello se utilizan ventiladores que crean una corriente de aire, la cual se hace pasar a través de circuitos donde se encuentran tomas de aire frío, toma de aire de retorno, batería de frío, batería de calor y humificadores.

El aire una vez acondicionado se libera de la sala, desde donde es aspirado por los ventiladores de extracción de CO<sub>2</sub> a través del lecho del grano.

*Equipos de remojo:*

Principalmente dos tipos: Tinas de fondo cónico y tinas de fondo plano.

Tinas de fondo cónico: Son unos recipientes cilindrocónicos fabricados en acero inoxidable, cuya relación altura / diámetro es 1/1 ó 1/1,5.

En la parte cónica está la fuente de remojo y los inyectores para la aplicación de aire. En esta zona también están las tomas para la entrada y la salida de agua, la extracción de CO<sub>2</sub> y la descarga de tinas.

En la zona superior de la tina se encuentra el rebosadero, los pulverizadores de limpieza y riego y el elemento distribuidor.

Las tinas van complementadas con equipos de aireación, de climatización y de extracción de CO<sub>2</sub>.

Fuente de remojo: Tamiz cónico que deja pasar agua y aire y retiene el grano. Existe una toma por donde se realiza la entrada de agua, la salida y la aspiración de CO<sub>2</sub>.

Inyección de aire: Se realiza a través de un tubo vertical situado en el centro de la tina que sobresale 20 cm y está coronado por un molinete hidráulico.

Extracción de CO<sub>2</sub>: Se realiza por la parte inferior de la tina, ya que el CO<sub>2</sub> es más pesado que el aire y tiende a acumularse en las zonas bajas.

Pulverizadores: Se pueden utilizar tanto para la limpieza como para el riego. Durante la carga de la tina se produce mucha espuma que puede arrastrar grano grueso por el rebosadero. Se elimina esta espuma inyectando agua por los pulverizadores. Durante la extracción de CO<sub>2</sub>, la capa superior suele desecarse. Igualmente se utilizan los pulverizadores.

Las tinas de fondo cónico poseen una menor capacidad de carga que las tinas de fondo plano.

Tinas de fondo plano: Son recipientes cilíndricos, fabricados en acero inoxidable, que disponen de un doble fondo para aireación y extracción de CO<sub>2</sub>. Asimismo, van equipados con inyectores de agua para la limpieza del doble fondo. En la zona superior se encuentra la entrada de carga de grano, los pulverizadores de limpieza y de riego y el elemento distribuidor.

Las tinas también van complementadas con equipos de aireación, de climatización y de extracción de CO<sub>2</sub>.

Inyección de aire: Se realiza a través de una red de tubos perforados situados debajo del doble fondo.

Extracción de CO<sub>2</sub>: Se realiza con el ventilador situado por encima del nivel de llenado de la tina. La aspiración del ventilador está conectada a la zona existente entre el doble fondo y el fondo.

Pulverizador de riego y limpieza: Además de los elementos descritos en las tinas cónicas, en este caso debe existir también pulverizadores para la limpieza del doble fondo. Éstos trabajan a una alta presión.

### Fase de germinación de la cebada

#### *Finalidad:*

La producción de los enzimas necesarios para la solubilización del material de reserva situado en el endospermo del grano de cebada con un mínimo de pérdida.

El embrión inicia su proceso vital con la absorción de agua y oxígeno, bajo la acción de la temperatura. Las enzimas producidas durante la germinación permiten metabolizar las sustancias de reserva para que éstas pueden ser posteriormente asimiladas por la levadura.

#### *Fundamentos bioquímicos de la germinación:*

El embrión de la cebada es un organismo vivo y por tanto necesita alimentarse para lograr su desarrollo. Al mismo tiempo que asimila los materiales sencillos empieza a formar los enzimas que desdoblan las moléculas más complejas que se encuentran en su endospermo.

Entre los enzimas producidos destacan:

#### *La citasa:*

Es el primero en dejar notar su presencia ya que su acción es inmediata, destruyendo las cubiertas de hemicelulosa y pectinas, dejando libre los granos de almidón.

La cantidad de citasa depende del grado de desagregación, que aumenta con el tiempo de germinación, siendo más intensa en los últimos días del proceso, sirviendo al maltero en su examen diario para medir el grado de desagregación de un modo práctico al extender entre sus dedos el endospermo, que tiene consistencia harinosa.

#### *Las amilasas:*

Desde el punto de vista cervecero, constituyen los principales enzimas ya que son los encargados de desdoblar el almidón. Hay dos tipos de amilasa:

*La alfa-amilasa:* Rompe al azar los enlaces 1-4 rindiendo glucosa y maltosa, que se forman al tercer o cuarto día de germinación. Su temperatura óptima de actuación se encuentra entre 72 y 75 °C y el pH entre 5,6 y 5,8.

*La beta-amilasa:* Rompe ordenadamente los enlaces 1-4 rindiendo maltosa. Presente en la cebada se multiplica por cinco durante la germinación. Su temperatura óptima se encuentra entre 62 y 65 °C y el pH = 4,6. Se desactiva a temperaturas superiores a los 70 °C.

#### *Las proteasas:*

Toman el nombre del sustrato sobre el que actúan y según esto comprenden las proteinasas y las peptidasas. Las primeras hidrolizan las grandes moléculas de proteínas dando péptidos más o menos grandes. Las peptidasas hidrolizan los péptidos a aminoácidos.

#### *Las fosfatasas:*

La cebada contiene ésteres del ácido fosfórico, que por desdoblamiento proporcionan los fosfatos necesarios para el poder tampón del mosto, el metabolismo y el desarrollo de la levadura, y por consiguiente una fermentación completa.

*Las lipasas:*

La cebada contiene del orden del 2,5 % de materia grasa, mientras que en la malta sólo se encuentra del orden del 1,4 %. Este descenso puede ser debido al metabolismo del embrión pero la descomposición de las grasas se debe a las lipasas que se forman durante la germinación.

*Equipo de remojo:*

El grano de cebada que ha sufrido el remojo se coloca en las cajas de germinación donde se mantendrá alrededor de unos 6 o 7 días, durante los cuales el grano empezará a germinar y a producir las enzimas y modificaciones en su interior.

La instalación de germinación tiene que permitir controlar la humedad, la temperatura y la oxigenación del lecho del grano. Así los elementos de que dispone una instalación son:

*Los germinadores:*

Son cajas de forma rectangular o circular. La construcción de estas cajas es de hormigón armado o metálicas. Estas cajas constan de un doble fondo sobre el cual se apoya la capa de grano. Este falso fondo está perforado.

Otro elemento importante es el dispositivo removedor. Este elemento consiste en un carro removedor que se desplaza a lo largo del germinador y lleva unas hélices. Al mismo tiempo que el carro se desplaza, las hélices rotan y remueven el lecho del grano.

La capa de grano que se deposita en las cajas germinadoras tiene una altura entre 80 y 100 cm. Al final de la germinación la altura del lecho oscila entre 110 y 140 cm.

*Dispositivo de humectación del grano:*

El nivel de humedad debe poder aumentarse durante la germinación hasta entre un 45-48 %.

El dispositivo de humectación consta de una serie de pulverizadores que se encuentran en el removedor.

Conforme se efectúa un removido del lecho del grano, es posible efectuar también una operación de riego.

#### *Ventiladores y canales de circulación de aire:*

Durante la germinación y como consecuencia de la actividad respiratoria, hay desprendimiento de calor. Este calor se debe eliminar para mantener la temperatura dentro de los límites deseados.

La eliminación de este calor se realiza utilizando ventiladores que hacen pasar una corriente de aire a través del lecho del grano. Con la ventilación además del control de la temperatura, se elimina el CO<sub>2</sub> desprendido y se aporta el O<sub>2</sub> necesario para la respiración.

Los caudales de aire oscilan entre 500 y 700 m<sup>3</sup>/Tm·h. El motor del ventilador tiene diferentes velocidades. El control de las revoluciones se efectúa mediante dos sondas, una situada bajo el doble fondo y otra situada sobre el lecho de germinación. Si la diferencia entre las dos sondas está entre 2 y 3 °C el ventilador trabajará a una velocidad baja.

Los ventiladores pueden trabajar por aspiración o por impulsión, según si el ventilador está situado al final o al comienzo del circuito de ventilación. El sistema más utilizado es el de impulsión.

Para la conducción del aire se utilizan canales de ventilación los cuales unen el ventilador, los equipos de acondicionamiento del aire y la caja de germinación.

#### *Dispositivo de control de la temperatura del aire:*

Mediante el control de la temperatura y el caudal de aire, se controla indirectamente la temperatura del lecho de grano. El control de la temperatura del aire se realiza utilizando mezclas

de aire del exterior con aire de retorno y pasando esta mezcla a través de baterías de frío o de calor, según la época del año y de las necesidades de temperatura. En general se trabaja con una temperatura de entrada de aire entre 14 y 16 °C.

*Dispositivo de humectación del aire:*

Antes de que el aire llegue al lecho de grano, es necesario pasarlo a través de una batería de pulverizadores con el fin de saturarlo de humedad. En caso contrario, el aire al pasar por el grano lo desecaría. La batería de pulverizadores debe colocarse siempre después de las baterías de frío o calor.

Fase de secado - tostado

*Finalidad:*

Se debe frenar la germinación, de lo contrario el embrión consumiría todo su material de reserva. Para ello se somete al grano a un proceso de calor que producirá un secado en el grano y una posterior tostación que permite conferir al grano unas características de color y aroma necesarios para la fabricación de la cerveza.

*Fundamento:*

El secado se debe realizar de forma paulatina para proteger las enzimas y para impedir la formación de vitrosidades en el interior del grano. Estas vitrosidades o partes duras no serán aprovechables y representarán mermas en el proceso. Durante el secado se inactiva al embrión y por tanto se paraliza la germinación a la vez que se debe tener la menor pérdida enzimática.

Durante esta última etapa, tostación, se producen reacciones químicas de color y sabor fundamental en la calidad de la malta. Las principales reacciones son las producidas entre los aminoácidos y los azúcares sencillos, que dan lugar a reacciones de caramelización (reacciones de Mallard).

Se ha de regular el contenido de nitroaminas; se evita quemando azufre.

La temperatura de tostación dependerá de la malta que se desea fabricar; será máxima de 85 °C para fabricar cervezas rubias y de 105 °C para cervezas negras.

El secado consta de 3 etapas, separadas pero continuas. El proceso total puede durar un total de 20 a 24 horas:

La temperatura usada durante esta etapa normalmente oscila entre 45 y 50 °C y se encuentra unida a una fuerte ventilación. La humedad que tiene la malta se reduce durante esta etapa desde un 45 % hasta un 10-12 %. Se inicia el secado bajo para no dañar las enzimas. En la primera etapa ya se frena la germinación.

La eliminación de la humedad es más lenta. En la primera etapa se ha eliminado la humedad superficial y ahora se debe eliminar la interna. Se sube la temperatura hasta 71 °C. Se mantiene esta temperatura hasta que la malta alcanza una humedad comprendida entre el 6 y el 8 %.

Es la etapa de secado final o tostación. Se emplea un menor flujo de aire y una temperatura más elevada, de 80 a 100 °C, hasta que se alcanza el color y la humedad requeridos. Las maltas pálidas a una temperatura más baja y con una humedad final entre un 4 y un 4,5 %, mientras que las oscuras a mayor temperatura y con humedad final entre un 2 y un 3 %.

### 3. *Equipos:*

La malta se coloca en pisos de metal perforados. El aire caliente pasa a través de los lechos de granos ya sea mediante succión (ventiladores encima del nivel superior del grano) o por presión (ventiladores por debajo del nivel de la malta). La temperatura es controlada y registrada normalmente de forma automática.

Estos hornos de secado – tostado actuales constan de uno o doble piso y se basan en el aprovechamiento de la energía térmica del aire de salida del plato de tostación, que es utilizado como aire de entrada en el plato de secado.

Estos pisos se pueden disponer vertical u horizontalmente. En los tostadores verticales, se utiliza el plato inferior como plato de tostación y el superior como plato de secado, habiendo trasiego del superior al inferior. En los tostadores horizontales se utiliza indistintamente ambos platos.



## Fase de almacenamiento de la malta

### *Tratamientos previos al almacenamiento:*

La malta se somete a dos tratamientos consecutivos antes de su almacenamiento:

#### *Enfriado:*

La primera operación es el enfriado de la malta. Esto se realiza en el propio tostador, pero utilizando aire frío. Si se almacenase caliente continuarían produciéndose las reacciones de color.

#### *Eliminación de la raicilla:*

Durante la germinación se han desarrollado las raicillas que en la planta de cebada darían lugar a la raíz. Una vez tostada la malta esta se debe eliminar porque aumentaría el contenido de nitrógeno en el mosto y el sabor astringente.

Para conseguir la eliminación de las raicillas, se utilizan unas máquinas desgerminadoras. Estas máquinas constan esencialmente de un canal de desgerminación en cuyo interior se encuentra un eje portapaletas, un doble fondo de cribas perforadas y una tolva de recolección de raicilla. La malta con raicillas penetra en el canal de la desgerminadora donde se encuentra situado el eje con las paletas batidas. Este agitador voltea la malta al tiempo que la transporta hacia la salida, situada en el otro extremo del canal.

El batido del grano separa perfectamente la raíz, sin dañar los granos. Las raicillas caen a través de las cribas hasta la tolva, desde donde el sinfín las conduce a la celda correspondiente.

La malta sin raicilla es sometida a una aspiración importante a la salida de la máquina para eliminar los restos de polvo y raicilla.

### *Almacenamiento y conservación:*

La malta hasta su expedición se almacena en silos, donde se vigilará la humedad (el grano es higroscópico), la temperatura y el control de infecciones por insectos.

### **Incorporación de adjuntos**

Se incorporan a partir de los 60 °C. Son una fuente natural de carbohidratos. Los más utilizados son el maíz en forma de sémola y el arroz en forma de medianos.

Estos granos en sala de cocción deben sufrir un tratamiento previo para su mezcla con la malta, ya que al ser granos sin germinar el almidón presente en los mismos no se disolvería por simple acción enzimática.

Los granos crudos se procesan en caldera independiente donde son mezclados con agua y sometidos a temperatura de ebullición que permite un "licuado" de los mismos, es decir, el almidón por efecto de la temperatura sufre un proceso de hinchamiento de las cadenas de amilasa y amilopectina y una rotura parcial (el efecto es de un engrudo inicial a un líquido más fluido-licuado).

#### *Finalidad del cocimiento:*

El cocimiento tiene como finalidad principal la obtención, a partir de las materias primas: malta, adjuntos, lúpulo y agua, de un líquido denominado mosto que será el sustrato sobre el que se producirá la fermentación alcohólica por parte de la levadura.

#### *Instalaciones: sala de cocción*

#### *Molino:*

Su función es romper el grano de malta para permitir una mejor extracción de los compuestos. Aumenta su superficie de contacto.

#### *Caldera de maceración (caldera de mezclas):*

Es donde se produce la operación de maceración, que consiste en poner en contacto la molienda con el agua de fabricación a una temperatura previamente determinada. Actúan los enzimas.

*Caldera de temple (caldera de crudos):*

Es la caldera donde se calienta independientemente porciones de la mezcla de la caldera de maceración para elevar la temperatura de ésta. Aquí se calienta el grano crudo (precocido).

*Filtros:*

Su función es separar por filtración el líquido (mosto) del bagazo (sólidos insolubles). Se distinguen dos tipos de filtros: cuba filtro o filtro prensa.

*Caldera de ebullición:*

Es la caldera donde se somete al mosto, una vez filtrado, a un proceso de ebullición para la coagulación proteica (para evitar turbidez) y lupulado; se esteriliza el mosto.

*Clarificador de mosto (Whirlpool):*

Equipo que permite después de la ebullición del mosto eliminar las partículas producidas. El mosto entra tangencialmente y forma un molino de manera natural.

*Refrigerante:*

Su función es enfriar el mosto a una temperatura de 10 °C para la siembra.

*Molienda:*

*Finalidad:*

La malta contiene en si misma materias solubles que han sido formadas durante la germinación, en el malteo y que se obtienen directamente en contacto con el agua durante la maceración, pero hay una gran parte de estas sustancias que deben ser solubilizadas por la acción enzimática.

La molienda tiene por finalidad aumentar la superficie de contacto de la materia sólida (malta) con el agua de fabricación y favorecer las reacciones enzimáticas.

Es necesario, que la molienda respete al máximo la envoltura del grano, sin que queden unidos a ella partes con harina. Además la fracción harinosa debe presentar pocas partículas gruesas y más partículas finas para facilitar la extracción.

## 2. Tipos de molienda:

Existen varios tipos de métodos de molienda:

*Molienda seca:* Consiste en triturar el grano, evitando destruir lo menos posible la cáscara y al mismo tiempo disgregar lo más posible en harina fina para facilitar la disolución. Es importante que la malta tenga un bajo contenido en humedad y que el grano sea de tamaño uniforme.

*Molienda húmeda:* Consiste en someter el grano de malta a un período de remojo con el fin de proporcionarle un cierto grado de humedad. De esta forma se consigue mantener las envolturas más intactas.

*Molienda húmeda acondicionada:* El acondicionamiento húmedo permite que sólo sea la envuelta la que adquiera la humedad mientras que el cuerpo harinoso queda seco. Flexibiliza la cáscara y la hace más resistente a la trituración.

*Maceración:*

*Finalidad:*

La maceración es la extracción, mediante cocción en agua, de las sustancias valiosas de la malta y demás materias primas adjuntas previa trituración de las mismas. La finalidad de la maceración es la conversión de los almidones de los cereales en

sustancias más simples y susceptibles de solubilizarse y fermentarse. El resto de los componentes del mosto se obtienen durante el Cocimiento por vía enzimática

*La proporción de agua/molienda:*

Es variable y depende si se desea hacer una maceración espesa o diluida:

Una maceración espesa se consigue mediante una proporción de 1,5 a 2 Hl. de agua por cada 100 Kg. de molienda.

Una maceración diluida, mediante la adición de 2,5 a 4,5 Hl. De agua por cada 100 Kg. de molienda.

La proporción vendrá fundamentalmente determinada por el método de cocción adoptado, el sistema de filtración, el tipo de cerveza, etc.

Las cervezas especiales de mayor contenido en extracto requieren una proporción menor de agua.

Para las cervezas oscuras se suele efectuar una maceración espesa, y para las rubias una maceración más ligera.

En la práctica habitual una proporción frecuente para mostos de 13 % de extracto es del orden de 3,5 Hl./Kg.

*Métodos de cocción:*

Existen básicamente tres métodos:

Por infusión: se calienta progresivamente la masa, sin ebullición de ninguna porción de la misma.

Por decocción: se consigue la elevación de la temperatura de la masa, en la cuba de maceración, llevando porciones de la misma a ebullición en la caldera de temple y retransferida a la caldera de maceración.

Métodos mixtos: combinan los dos tipos de métodos; elevación de la temperatura de la masa mediante temples y por calentamiento directo.

La elección de un método de cocción depende principalmente de:

El tipo de cerveza que se desee fabricar:

Fermentación alta – infusión.

Fermentación baja – decocción.

La calidad de la malta empleada.

El porcentaje de adjunto empleado.

Las instalaciones que se disponen.

*Transformaciones:*

#### *Degradación del almidón*

La degradación del almidón debe ser completa por sus implicaciones en primer lugar en el rendimiento y en segundo lugar porque el almidón sin degradar afecta a las características sensoriales de la cerveza.

Los productos obtenidos durante la degradación del almidón son asimilados por la levadura cervecera de la siguiente forma:

Dextrinas: no son fermentadas.

Maltotriosa: en fermentación alta es utilizada por todas las cepas. Sin embargo no es utilizada hasta que no es consumida toda la maltosa.

Maltosa: principal azúcar durante la fermentación.

Glucosa: es el primer azúcar que utiliza la levadura

El porcentaje de azúcares fermentescibles que componen el extracto del mosto determinarán la denominada atenuación límite y la atenuación en último término establece la cantidad de alcohol de la futura cerveza.

La atenuación es un parámetro muy utilizado por el cervecero para el control de la fermentación. Significa "dilución".

$$\text{Atenuación (\%)} = ((E - e)/E) \times 100$$

E = extracto del mosto antes de la fermentación.

e = extracto del mosto (cerveza) final de la fermentación.

*Filtración del mosto:*

### Finalidad

La filtración consiste en la separación del mosto de la mezcla sacarificada de la parte insoluble o bagazo. Esta separación consiste en un proceso físico aunque no exento de complejidad, es decir que en función de la técnica empleada se pueden conseguir mejores o peores resultados.

La separación se realiza en dos fases:

Consiste en la obtención del mosto (primer mosto – mosto denso).

Consiste en el lavado o lavados del bagazo con agua a 75 °C que permiten recuperar el extracto que retiene. Sin exceso para no solubilizar sustancias indeseadas.

*Ebullición del mosto (1,5-2 horas):*

### *Finalidad*

Una vez que ha finalizado la filtración del mosto, éste es llevado a la caldera de ebullición donde sufrirá una ebullición.

La finalidad será:

*Esterilización:* El mosto contiene microorganismos termoresistentes. La ebullición prolongada a un valor de pH aproximadamente igual a 5,2 consigue destruir las formas más resistentes.

Extracción de las sustancias del lúpulo, que le confieren el característico amargo a la futura cerveza.

Formación de los compuestos responsables del aroma, sabor y color mediante la reacción de Maillard o reacciones de caramelización por interacción entre los azúcares y las proteínas.

*Precipitación:* Mediante la ebullición se consigue una estabilización coloidal debido a la coagulación por efecto térmico de las materias nitrogenadas de naturaleza coloidal, las cuales precipitan formando coágulos para ser eliminados ulteriormente en la fase siguiente de la ebullición. Las proteínas no coaguladas pueden actuar sobre las levaduras y afectar a la fermentación. Por otro lado la materia nitrogenada es en parte responsable del enturbiamiento en cerveza, razón por la cual es preciso eliminarlo.

*Concentración:* Es función de la dilución previa del mosto y de las posibilidades de evaporación de la caldera.

Eliminación de los compuestos volátiles indeseables (se produce un aumento del DMS).

Destrucción de las enzimas de la malta y de las enzimas exógenas añadidas.

Formación de melanoidinas (sustancias coloreadas). Su carácter ácido ayuda a la isomerización del lúpulo.

### *Equipo*

La forma de la caldera de ebullición se asemeja a las de temple y maceración. La chimenea debe permitir la evacuación fácil de los vapores de la ebullición arrastrando las sustancias volátiles indeseables. Es frecuente la presencia en la instalación de sistemas para reducir la emisión y aprovechamiento energético, utilizándose para generar todo el agua caliente que se requiere en las operaciones de cocimiento.



Los sistemas de calentamiento son diversos, basados en el calentamiento mediante vapor a presión. Como sistemas de calentamiento más extendidos se encuentran el interno y el externo.

La ebullición se produce en tres fases:

Calentamiento hasta ebullición, normalmente al ritmo de 1 °C por minuto.

Inicio de la ebullición en 10 minutos.

Mantenimiento de la ebullición durante 60-90 minutos.

Cuanto mayor es la altitud menor es la temperatura de ebullición del mosto.

### *Adición de lúpulo*

La adición del lúpulo también dependerá de la composición y tipo. En general se realiza en tres veces:

Una pequeña cantidad al principio antes de la ebullición para evitar la formación de fuertes espumas en la superficie del mosto.

Una segunda dosis al comenzar la ebullición, constituyendo más de la mitad de la dosis total.

Una tercera dosis al final de la cocción entre 15 y 45 minutos.

La cantidad de lúpulo dependerá de la cantidad de sustancias amargas que contenga ese lúpulo y del amargo final que se desee en el producto final. Normalmente el amargo en el mosto es mayor que en la cerveza terminada. Esto es debido a que durante el proceso hay una pérdida de estas sustancias.

Una vez terminada la ebullición, se extrae una muestra en un vaso de precipitado y después de cierto reposo de algunos minutos, se observan los copos formados; estos deben ser nítidos, gruesos y el mosto debe aparecer claro y brillante. Esta apariencia es síntoma de un buen proceso en caldera y de una buena estabilidad coloidal de la cerveza.

La ebullición intensa influye en una mayor coagulación proteica. Hay que vigilar sobretodo en mostos procedentes de maltas con un

contenido en proteína bajo, porque esta coagulación puede arrastrar la fracción proteica responsable entre otras cosas de la estabilidad de la espuma y por tanto obtener cervezas bajas en espuma.

#### *Clarificación del mosto (1,5-2 horas):*

##### *Finalidad:*

Se clarifica inmediatamente (en caliente). Consiste en la separación del turbio grueso o turbio caliente que se ha formado durante la ebullición del mosto.

Este turbio está compuesto por un 50 % de proteínas, un 30 % de polifenoles y un 20 % de otras sustancias que le acompañan como isohumulonas, lípidos, etc. La cantidad de turbio grueso es variable; su valor promedio es de 50 g/Hl.

Influye negativamente en:

La estabilidad coloidal de la cerveza.

A nivel organoléptico, dado que las partículas llevan sustancias grasientas que influyen en la formación de ésteres y de alcoholes superiores más aromáticos. La preferencia del mercado es a obtener aromas y sabores equilibrados, poco pronunciados, suaves y agradables.

Estos turbios recubren la membrana de las levaduras y ocasionan fermentaciones lentas.

La eliminación de este turbio se puede realizar por diversos métodos: decantación natural, centrifugación, tanque remolino y filtración. En la actualidad uno de los más utilizados es el tanque remolino.

#### *Enfriamiento del mosto (1,5-2 horas):*

##### *Finalidad*

Una vez clarificado el mosto, se enfría a la temperatura de fermentación que será:

De 6 a 10 °C para los casos de fermentación baja.

De 15 a 20 °C para los de fermentación alta.

El mosto frío es un excelente medio de desarrollo para microorganismos perjudiciales para la cerveza, por tanto resulta importante tanto la técnica como el equipo empleado.

Antes de entrar a la parte fría del proceso de fabricación de la cerveza, es necesario refrigerar el mosto, que llega de la parte caliente recién terminada.

Este enfriamiento se realiza en dos etapas. La primera durante el período de reposo y sedimentación ya explicado (clarificación). La segunda etapa se desarrolla en intercambiadores de calor de alta eficiencia, llamados en cervecería enfriadores de mosto. Son enfriadores de placas realizados en acero inoxidable que utilizan agua a 1 o 2 °C fluyendo a contracorriente para lograr un mejor enfriamiento. La refrigeración se regula aumentando o disminuyendo el flujo del mosto.

*Oxigenación del mosto (1,5-2 horas):*

#### *Finalidad*

La fermentación en la elaboración de la cerveza difiere de la mayoría de las otras fermentaciones en que el oxígeno se suministra en un solo momento, en mosto frío, ya que la solubilidad del oxígeno aumenta con la disminución de la temperatura y en cantidades estrictamente limitadas.

En esta parte del proceso se le inyecta oxígeno estéril al mosto a la salida del enfriador de placas, en la tubería que conduce el mosto hacia la fermentación para aumentar el tiempo de contacto aire / mosto. El oxígeno será utilizado en la respiración de la levadura para su metabolismo en el proceso de fermentación.

## **Producción de cerveza**

### Objetivo de la fermentación

Tradicionalmente se ha definido la fermentación cervecera como el proceso anaeróbico mediante el cual la levadura convierte los azúcares fermentescibles del mosto en alcohol y gas carbónico con generación de calor.

Sin embargo las reacciones que ocurren durante la fermentación son mucho más complejas y afectan a todos los componentes del mosto que son asimilados por la levadura. Tales compuestos, resultantes del metabolismo de la levadura son: Los alcoholes superiores, ésteres, cetonas, aldehídos, sustancias azufradas, ácidos orgánicos y otras transformaciones que afectan a la coloración de la cerveza, a las isohumulonas y a los polifenoles.

Todos estos compuestos juegan un papel fundamental y determinante en el sabor, en el perfil aromático y en las características finales de la cerveza.

La fermentación se produce en dos fases y sucesivas:

### Primera etapa: Fermentación principal

Se caracteriza por un desprendimiento intenso gaseoso como consecuencia del dióxido de carbono resultante de la transformación de la glucosa (que procede del desdoblamiento de la maltosa), y la formación de una capa superficial de espuma. Durante esta etapa se producirá una disminución de la densidad del mosto debido al alcohol producido, un crecimiento de la levadura con respecto a la cantidad inicial de siembra y una importante producción de calor.

### Segunda etapa: Fermentación secundaria o guarda

Es menos activa que la etapa anterior. En esta etapa se produce una maduración del aroma y sabor de la cerveza.

## **Fermentación**

### Fermentación principal

#### Objetivos

La fermentación principal tiene como objeto fundamental alcanzar el grado de atenuación principal, es decir, lograr mediante la acción de la levadura de siembra la transformación de los azúcares fermentescibles del mosto hasta el punto en que se haya definido a priori como término de esta fermentación principal.

#### Tipos de fermentaciones en cervecería

Fermentación espontánea: En la fabricación de las cervezas Lambic, en el valle de Zenne a 20 km de Bruselas, los cerveceros conocen perfectamente la existencia de las levaduras, pero a diferencia del proceso clásico, no añaden levadura al mosto para provocar la fermentación, sino que dejan que los microorganismos salvajes que están en el ambiente actúen sobre el líquido.

La levadura sin seleccionar puede provocar aromas y sabores no deseados. Pero en esta área de Bélgica existe un microclima en el que conviven un elevado número de microorganismos entre los que destacan *Bretanomyces lambicus* y *bruxellensis*, que son los encargados de producir la fermentación del mosto y dar lugar a la Lambic.

**Fermentación alta:** A grandes rasgos es un paso evolutivo de la espontánea.

Cuando las levaduras presentes en el aire actúan y comienzan la fermentación, las células del fondo del recipiente en el que está el mosto suben a la superficie formando una corona de espuma.

Los primeros cerveceros recogían esta "espuma" para utilizarla en próximas fermentaciones. La selección continua de levaduras de alta fermentación (*Sacharomyces cerevisiae*), hizo que la conversión del azúcar en alcohol comenzase a ser controlada.

A este tipo de fermentación también se la denomina fermentación en caliente porque la misma ocurre a unos 25 °C.

En las cervecerías tradicionales el mosto fermenta durante una semana en tanques abiertos y una fermentación secundaria en tanque cerrado durante una o dos semanas para una maduración organoléptica.

Si la guarda es a temperatura ambiente (15-20 °C), se producen cervezas donde se intensifican los aromas y sabores afrutados, propios de este tipo de levaduras que dejan algunos azúcares sin transformar. Por el contrario en una guarda en frío (3-5 °C), se consiguen cervezas con menos matices, más "limpias en aromas y sabores".

**Fermentación baja:** Este tipo de fermentación es posterior a las dos anteriores y la obtención de la flora para el proceso se obtuvo de la selección en los barriles de guarda de los depósitos cuando la cerveza (Lager) se guardaba en cuevas frías para preservarla del calor del verano.

Este tipo de levaduras (*Sacharomyces calbergensis*) trabajan más lentamente que las de fermentación alta, siendo la temperatura de fermentación principal entre 5 y 9 °C y la guarda a 0 °C.

Estas levaduras de baja fermentación transforman muchos más azúcares y dejan la cerveza más "limpia", lo cual no tiene nada que ver con el color de la misma.

#### Factores que afectan a la fermentación

Todos los azúcares no fermentan por igual; primero fermentan las hexosas, después la maltosa y finalmente la maltotriosa.

La influencia de conversión de los azúcares durante la fermentación es influenciada por multitud de factores:

- Tipo de levadura.
- Cantidad de levadura.
- Condición de la levadura en la siembra.
- Composición del mosto.
- Temperatura de fermentación.
- Movimiento.
- Presión o contrapresión en el tanque.
- Tamaño y geometría del tanque de fermentación.

#### Fermentación secundaria – guarda

##### Objetivos

La cerveza obtenida al final de la fermentación principal se denomina "cerveza verde o joven". Desde hace siglos los cerveceros saben por experiencia que la cerveza mejora sus cualidades si después de la fermentación principal se "guarda" dentro de un tonel y, a bajas temperaturas durante un cierto tiempo.

##### Fundamentos de la guarda tradicional

##### Clarificación

Al finalizar la fermentación principal, la cerveza está muy turbia. Esta turbidez es debida principalmente al contenido de la levadura en suspensión y al velo producido por las micelas coloidales en la asociación proteína-polifenol.

Durante el tiempo de guarda a temperaturas bajas (de 0 a 5 °C), la mayor parte de la levadura en suspensión y la turbidez proteína-polifenol, sustancias amargas, etc. precipitan y se depositan en el fondo del tanque.

La clarificación que se produce en la última fase de la guarda favorece la filtrabilidad de la cerveza y la estabilidad coloidal de la misma.

Los parámetros que afectan a la clarificación son los siguientes:

Cantidad y propiedades del turbio.

Temperatura de la cerveza.

Existencia de una fermentación secundaria vigorosa.

PH de la cerveza.

Profundidad del tanque y peso del líquido: cuanto menor es la profundidad, mejor es la clarificación.

Tiempo de clarificación de 1 a 2 semanas, entre 0 y -1 °C.

### Carbonatación

Otra de las finalidades de la guarda tradicional es lograr la carbonatación de la cerveza hasta alcanzar los niveles de anhídrido carbónico deseados en el producto final: en barril de 4,5 a 5 g/l y en botella de 5 a 6 g/l.

Al final de la fermentación principal el contenido de dióxido de carbono es variable y dependerá de las temperaturas de proceso, altura de la cerveza en los tanques, etc., pero puede oscilar entre 2,5 y 3,5 g/l.

La uniformidad en el contenido de carbónico responde a una exigencia del consumidor más que a una cuestión de calidad de la cerveza.

Esta carbonatación se regula:

#### Con una carbonatación natural

Se entiende por carbonatación natural la conseguida durante la guarda por disolución del dióxido de carbono que se desprende durante la fermentación secundaria en los tanques de guarda del extracto residual fermentescible.

#### Con una carbonatación artificial

El anhídrido carbónico que se ha generado durante la fermentación principal y se ha recuperado, purificado y licuado se reincorpora a la cerveza durante la última etapa de la fabricación.

### Maduración organoléptica



Es la función principal de la guarda.

Se han identificado miles de componentes químicos en la cerveza; algunos de ellos disminuyen, otros aumentan y otros permanecen prácticamente invariables durante la fase de maduración. Las reacciones dependen de la temperatura principalmente y en cualquier caso requieren la presencia de la levadura que actúa como catalizador aunque con menor actividad que durante la fermentación principal.

Hay tres tipos de reacciones que tienen una gran influencia sobre la maduración:

La reducción del diacetilo; éste es responsable de un sabor a mantequilla en la cerveza. Es producido por el metabolismo de la levadura y posteriormente reducido por ella misma.

La reducción del ácido sulfhídrico; éste es responsable del olor a huevos podridos. La levadura lo transforma en sulfatos que carecen de influencia negativa sobre el sabor.

La reducción del acetaldehído; éste es responsable de un sabor herbáceo áspero, de manzana seca. El acetaldehído es un precursor normal del alcohol en la fermentación y es reducido por la levadura durante la maduración.

## Filtración

### Objetivos

La cerveza incluso después de una guarda larga, permanece ligeramente velada y esto, de acuerdo con los gustos actuales del mercado, la hace impropia para el consumo.

La filtración tiene por finalidad clarificar la cerveza dándole el aspecto brillante con el que se consume.

Los componentes de la cerveza de guarda son:

La fracción soluble. Formada por:

El Alcohol.

La fracción proteica asimilable por la levadura.

Los oligoelementos metálicos.

La fracción insoluble, no dispersa de forma molecular, sino en forma de agregados voluminosos. Constituida por:

Las dextrinas (restos azucarados).

Las sustancias amargas.  
Los taninos (polifenoles), que provienen de las cáscaras del grano.  
Materias coloreadas.  
Fracción proteica.

Los coadyuvantes de filtración por orden de importancia son:

Kieselgur o tierras de diatomeas.  
Perlitas.  
Celulosa.  
Amianto.

La celulosa y el amianto apenas se utilizan en cervecería.

Secuencia de operaciones en la filtración

Llenado del filtro con agua: Se utiliza agua desgasificada y la finalidad es eliminar bolsas de aire en el circuito.

Formación de la precapa: Las tierras de filtración se mezclan con agua y quedan retenidas en las bujías. El poro que forma la arandela impide el paso del kieselgur que queda en el soporte formando un lecho poroso.

Comienzo de la filtración: A continuación se hace pasar la cerveza a filtrar; las partículas quedarán retenidas en el kieselgur, pasando "limpia" por el poro de la arandela. El líquido pasa, atraviesa estas rendijas, circulando por el espacio hueco existente entre la barra soporte y los discos, entrando en la cámara de cerveza filtrada en la parte superior del filtro.

Dosificación de tierras: Hay de forma automática un tanque dosificador que irá introduciendo las tierras en la filtración. Cada porción de cerveza a filtrar llevará su correspondiente volumen de coadyuvante. Para lograr tal precisión existen unas bombas dosificadoras volumétricas especiales.

Finalización de la filtración: Se empuja la cerveza con agua desgasificada.

Las tierras son eliminadas del filtro por la parte inferior del mismo.

Limpieza del filtro y esterilización.

### Estabilización de la cerveza

La cerveza es inestable por naturaleza. Aún empleando las materias primas óptimas, elaboradas con el máximo esmero con las tecnologías más avanzadas, su período de tiempo de vida brillante no alcanzará las demandas y exigencias del mercado actual. Ante esta situación el cervecero se encuentra obligado a realizar una estabilización complementaria artificial a tres niveles: Estabilización microbiológica, estabilización coloidal y estabilización de aromas.

## Envasado de cerveza

La cerveza que ha sido filtrada es llevada a unos tanques denominados de prellenado y que serán los que alimenten a las distintas líneas de envasado. En la sala de envasado se distinguen principalmente, tres tipos de líneas, según el envase:

Botellas  
Barril  
Bote o lata

## Descripción de los envases

### **Botella**

En la industria cervecera el material utilizado en la construcción de las botellas es el vidrio. Debido entre otras características, a su precio, su facilidad de construcción y coloración, su transparencia, su impecable lavado, su aceptable resistencia al choque y su inalterabilidad por los ácidos y álcalis.

Con referencia al color, las radiaciones luminosas tienen una acción nociva sobre las cualidades organolépticas de la cerveza. Expuesta a intensas radiaciones luminosas se producen reacciones químicas que son causa del llamado sabor a luz. Para preservar a la cerveza de estas radiaciones nocivas, se da a la botella ciertas coloraciones que filtran las radiaciones nocivas.

### **Barril de acero inoxidable**

El barril utilizado con mayor profusión es el acero inoxidable y su construcción se realiza a partir de dos mitades embutidas con una sola soldadura circular que está en contacto con el producto. Los aros superior e inferior son soldados externamente. Este barril presenta como ventajas frente al de aluminio su capacidad de limpieza y nulo mantenimiento.

### **Bote**

Se compone de dos piezas que se preparan por separado:

Envase: Se parte de un disco de hojalata que sufre un estiramiento para dar lugar al bote. En este bote se realiza la decoración exterior formando el diseño dado por el envasador y un barniz sanitario en el interior que evite el contacto de la bebida con la hojalata.

Tapa de aluminio de fácil apertura. El cierre de este envase se produce en la llenadora, uniendo la pestaña del envase con el ala de la tapa.

## Pasteurización

### Objetivos

La pasteurización busca conferir al producto una estabilidad microbiológica, destruyendo o inactivando principalmente a:

Levadura de cultivo.  
Levaduras naturales.  
Bacterias.

La pasteurización significa la destrucción de los microorganismos en una solución acuosa por aplicación de calor.

El descubridor, el francés *Pasteur*, demostró que los medios contaminados biológicamente se estabilizaban si se aplicaba un tratamiento térmico.

La pasteurización viene determinada por dos factores:

Temperatura.  
Tiempo.

La relación entre ambos dependerá del tipo de microorganismo que se quiere destruir.

La temperatura alcanzada debe asegurar la destrucción de los microorganismos, y el tiempo de aplicación debe ser el suficiente para garantizar que se alcanza esa destrucción. Pero la temperatura no debe producir alteraciones tecnológicas en la cerveza y hacerla saludable microbiológicamente pero imbebible, ya que no se pueden utilizar altas temperaturas porque la cerveza desarrolla el denominado "sabor a pan".

Los dos métodos utilizados en la pasteurización por calor son:

La pasteurización en túnel.  
La pasteurización en flash.

## **Cerveza terminada**

### **Composición de la cerveza**

En la composición del producto terminado se encuentra:

Agua: Entre un 91 y 92 %. Es el mayor componente.

Alcohol: El contenido dependerá del tipo de cerveza.

Extracto real: Dependerá también del tipo de cerveza.

De este extracto aproximadamente:

75-78 % de carbohidratos, principalmente dextrinas.

6-9 % de compuestos nitrogenados.

4-5 % de glicerol, betaglucanos, compuestos inorgánicos, compuestos fenólicos, sustancias amargas, ácidos orgánicos y otros compuestos responsables del aroma y sabor en la cerveza.

Son innumerables los tipos y marcas de cerveza que existen en el mundo. Las clases de cerveza varían según la proporción y calidad de los ingredientes básicos empleados, a los que hay que añadir los factores relacionados con la fermentación, envasado, color, composición del mosto, utilización de hierbas o especies, las técnicas de elaboración empleadas y la tradición histórica en lo que se refiere a la selección de levaduras.