

Elaboración de Cerveza

El proceso de Elaboración de Cerveza consta de tres etapas claramente definidas, que son Cocimiento, Fermentación y Reposo las cuales dependen exclusivamente del tipo de cerveza que se piensa elaborar, debido a que según la clase de cerveza varía la cantidad y tipo de Materia Prima. Esta es una de las causas principales por las cuales existen tantas variedades de cerveza. Siendo las otras el

- Tipo y naturaleza de Agua cervecera
- Tipo y naturaleza de levadura cervecera
- Tiempos y Temperaturas en Cocimiento
- Tiempos y Temperaturas en Fermentación

Procesos de Elaboración

COCIMIENTO:

Tiene por objeto extraer todos los principios útiles de la malta (extracto fermentesible), lúpulo (Amargos y aceites esenciales) y sucedáneos o materias auxiliares para preparar el mosto cervecero. Comprende 5 fases que son :

1. Molienda:

La molienda consiste en destruir el grano, respetando la cáscara o envoltura y provocando la pulverización de la harina. la malta escomprimida entre dos cilindros pero evitando destruir la cáscara lo menos posible pues ésta servirá de lecho filtrante en la operación de filtración del mosto; a su vez el interior del grano en una harina lo más fina posible. Estas dos condiciones, cáscara entera y harina fina no podrán respetarse si el grano no está seco (excepción molienda húmeda) y muy bien desagregado una tercera exigencia es un buen calibrado de la malta. La molienda debe ser también regulada según el cocimiento; si se utiliza un alto porcentaje de granos crudos o adjuntos es necesario moler groseramente. Si para la filtración del mosto se utiliza un filtro prensa en lugar de una cuba-filtro o de falso fondo se puede moler mas fino pues en el filtro prensa el espesor de la capa filtrante de orujo o afrecho es mucho mas delgada.

Porcentaje Molienda

	Paila-Lauter	Filtro-Prensa
Cascara	20 a 25	12 a 15
Harina Gruesa	45 a 55	40 a 45
Harina Fina	20 a 30	40 a 45

2. Proceso en Pailas

Fase del proceso donde se extraen de la malta y eventualmente de los granos crudos la mayor cantidad de extracto y de la mejor calidad posible en función al tipo de cerveza que se busca fabricar. La extracción se logra principalmente por hidrólisis enzimática, solamente un 10% de la extracción es debida a una simple disolución química. Las amilasas desdoblan el almidón en dextrinas y maltosa principalmente las enzimas proteolíticas desdoblan las proteínas complejas en materias nitrogenadas solubles, la fitasa desdobla la fitina en inositol y fosfato, etc. Estas transformaciones enzimáticas han sido ya empezadas durante el malteado a un ritmo mucho menos intenso de el que sucederá en el cocimiento; donde debido a la acción de las diferentes temperaturas y la gran cantidad de agua las reacciones suceden muchas veces en forma explosiva. Cuantitativamente el desdoblamiento del almidón en azúcares y dextrinas es el mas importante. La fórmula bruta del

almidón es: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Las principales reacciones que ocurren durante el cocimiento por acción de las amilasas son formación de dextrinas. $(C_6H_{10}O_5)_n \longrightarrow n(C_6H_{10}O_5)_n/x$ formación de maltosa : $(C_6H_{10}O_5)_n + n/2 H_2O \longrightarrow n/2(C_{12}H_{22}O_{11})$ Y en menor proporción formación de glucosa $(C_6H_{10}O_5)_n + n H_2O \longrightarrow n(C_6H_{12}O_6)$ El almidón contiene dos polisacáridos diferentes : **amilosa** y **amilopéctina**; la **amilosa** esta constituida por cadenas rectilíneas de glucosa con uniones a **1-4**; la **amilopéctina** esta constituida por cadenas ramificadas de uniones de glucosa en uniones a **1-4** y a **1-6** existiendo también uniones del tipo a **1-3**. Para desdoblar el almidón se necesitan varias amilasas siendo las principales las α y β **amilasas**.

Las características de las enzimas amilolíticas de la malta son :

La **β -amilasa** corta las cadenas rectas de almidón de dos en dos glucosas, cada pareja se combina con una molécula de agua formando una molécula de **maltosa**, esta enzima puede de esta manera desdoblar enteramente las cadenas de **amilasa** en **maltosa**, sólo es detenida sí el número de glucosas de la cadena es impar, formando una molécula de **malto-triosa** al final. La **β -amilasa** también ataca la **amilopéctina** pero se detiene totalmente en las zonas donde existen enlaces del tipo α **1-6**.

α -amilasa : Tiene su óptimo de temperatura de 62 a 65 °c , se destruye sí se mantiene 30 minutos a 65 °c rápidamente, y entre 70 a 75 °c inmediatamente. Su PH óptimo se sitúa a 5.0, a un PH superior de 5.7 su acción declina fuertemente..

La **α -amilasa** es también incapaz de romper los enlaces α **1-6** de la **amilopéctina**, su misión consiste en cortar en un lugar cualquiera los enlaces α **1-4**. Teóricamente la **α -amilasa** podría formar moléculas de maltosa cortando las cadenas hasta que queden dos unidades de glucosa, pero para llegar a esos extremos se tendría que dejar reaccionar mucho tiempo la enzima. Se observa pues que por la acción combinada de estas 2 enzimas el almidón será desdoblado en gran parte en maltosa y dextrinas es decir las zonas donde por la existencia de enlaces α **1-6** las enzimas en mención no han podido actuar; estas zonas son compuestas por tres glucosas como mínimo es decir maltotriosas.

α - Amilasa : Tiene su óptimo de temperatura entre los 72 y 75 °c , es destruida a 80 °c, su PH óptimo es de 5.6 a 5.8

Las características de las enzimas Proteolíticas son:

Contrariamente a lo que pasa con el almidón las sustancias nitrogenadas están lejos de disolverse completamente durante el cocimiento; se disuelven mayormente durante el malteado. Pero es muy importante tener en cuenta la gran diferencia existente entre los compuestos nitrogenados que se disuelven durante el malteado, y los que se disuelven durante el cocimiento, los compuestos que aquí se forman son sobre todo los péptidos.

Las proteínasas están en su máxima actividad a la temperatura de 45 -50 °c; a 60 °c están aún en actividad, pero formando una proporción alta de compuestos nitrogenados complejos; A 70 °c las proteínasas son rápidamente destruidas; su PH óptimo de acción es de 4.6 a 5.0 El 5 a 6 % de los sólidos del mosto son compuestos nitrogenados, y un 40 a 45 % de las proteínas de la malta son solubles. En cambio los adjuntos tiene 8 a 10 % de proteínas, pero la casi totalidad de estas no entran en solución durante el macerado. El lúpulo contiene 14 a 15 % de proteínas. De las proteínas que se solubilizan en la maceración buena parte de ellas se retira por coagulación, en parte en la misma maceración y en parte durante la ebullición del mosto. La actividad de las enzimas proteolíticas durante la maceración es baja por que las condiciones de PH no son óptimas. En el mosto quedan compuestos nitrogenados a partir de **proteosas y peptonas** en forma coloidal, las proteínas que no son degradadas hasta proteosas y peptonas se coagulan por desnaturalización debida al calor y sucede durante la ebullición del mosto. Las proteosas y peptonas no son coaguladas, sino que permanecen en forma coloidal, pueden combinarse parcialmente con taninos provenientes de malta y lúpulo y buena parte de aquellos precipitan cuando el mosto es enfriado durante la fermentación.

Temperaturas y Tiempos tradicionales de maceración:

Cada cervecería utiliza el sistema de maceración que más le conviene según las materias primas y los equipos de que se dispone, y según la cerveza que se desea elaborar. Para lograr esto se busca favorecer determinadas reacciones enzimáticas dejando las masas a determinadas temperaturas durante algún tiempo. Este tiempo que dura la masa a determinada temperatura se le llama descanso. Los descansos más comunes en los diferentes sistemas de maceración son:

Descanso de Hidratación (35 °c) Es un descanso que varía entre 20 a 60 minutos, y se realiza cuando se descarga las harinas de malta en el agua cervecera con el agitador de la paila funcionando.

Descanso de Proteolisis (45 °c) Esta temperatura es óptima para la actividad de la **peptidasa**, es decir para la formación de aminoácidos y péptidos simples, también hay actividad de la **fitasa (48 °c)** que activa la transformación de los compuestos orgánicos del fósforo. Este descanso se conoce también como de **peptonización**. y puede variar de 10 a 60 minutos.

Descanso de formación de azúcares (55 - 62.5 °c) Temperatura óptima para la formación de maltosa o sea para la actividad de la **β-amilasa** variando entre 5 a 20 minutos, aquí aún hay algo de actividad proteolítica y algo de actividad de la **α-amilasa**.

Descanso formación de dextrinas (67 - 72.5 °c) A esta temperatura se tiene la máxima actividad de la **α-amilasa** produciéndose una gran cantidad de dextrinas, con un tiempo que varía entre los 5 y 30 minutos.

Descanso de conversión (70 - 74 °c) Este descanso la mayoría de veces es idéntico al anterior, pero sirve para completar todas las actividades enzimáticas, en este descanso quedan sacáridos de acrodextrinas hacia abajo. Con una duración máxima de 30 minutos.

Descanso estabilización de masa (74 - 77.5 °c) Se realiza para inactivación total de las enzimas, hay una ligera actividad de la **α-amilasa**, pero se va destruyendo. Con este descanso se termina la maceración, posteriormente se pasará la masa a la paila de filtración o filtro prensa para separar los afrechos. Este descanso con un promedio de duración entre 5 a 10 minutos es importante para regular la viscosidad del mosto durante la filtración.

Sistemas de Maceración:

Depende de las materias primas, del tipo de cerveza que se desea elaborar y de los equipos que se dispone. actualmente se practican tres sistemas siendo estos sistemas los que dan origen a la variedad de cervezas en el mundo y son los siguientes :

Infusión Donde el aumento de la temperatura se hace progresivamente en todo el conjunto. a con el agitador de la paila funcionando.

Decocción La elevación de la temperatura se hace únicamente haciendo hervir una de las partes del cocimiento y mezclando. oteolítica y algo de actividad de la **α-amilasa**.

Doble masa o Mixto Típico para la utilización de adjuntos, siendo el mas empleado en nuestro medio, y se puede decir que es una mezcla de los dos anteriores.

3. Filtración de Mosto

Habiendo ya disuelto las materias solubles por el cocimiento es necesario separar el mosto de la parte insoluble llamada orujo o afrecho. La operación se realiza en dos fases primero el flujo del mosto y luego la operación de lavado del extracto que contiene el orujo. El mosto y el agua de lavado deben ser claros pues si se aporta durante la operación demasiadas sustancias mal disueltas, la clarificación de la cerveza será demasiado difícil. La calidad de la cerveza puede ser también alterada por un lavado de orujo con agua alcalina pues los polifenoles y sustancias amargas de la cáscara de la malta se disuelven muy fácilmente en agua alcalina aún más si se tiene en cuenta que el lavado se hace en agua a una temperatura máxima de 75 °c; a propósito de la temperatura es muy importante no excederse de 75 °c pues se corre el riesgo de disolver almidón presente aún en el orujo, lo que acarrearía problemas de turbiedad y fermentación posteriores. Existen dos tipos de aparatos donde se realizan la filtración y posteriormente el lavado del orujo : Cuba filtro y Filtro prensa.

Cuba Filtro. La variación de concentración del orujo no implica directamente en el volumen de la cuba, pudiendo ser el espesor de 25 a 50 cm. Como desventaja la proporción de adjunto es de 25 %. Otra ventaja es la menor mano de obra, pero el tiempo de filtración es mayor.

Filtro Prensa. Se puede filtrar un mosto más denso, con una filtración más rápida y una proporción de adjuntos mayor del 75 %. Como desventajas el mosto es menos brillante, hay mayor cantidad de ácidos grasos insaturados, y el trabajo es más exigente.

4. Ebullición de Mosto

La finalidad de la ebullición es Estabilizar enzimática y microbiológicamente el mosto, buscar la **coagulación** de las proteínas. La destrucción de las enzimas es realizada para evitar que sigan desdoblando a lo largo de la fermentación, las amilasas podrían seguir desdoblando las dextrinas y éstas se transformarían enteramente en alcohol. La **esterilización** del mosto es obtenida por simple ebullición, pues su reacción es ligeramente ácida. La coagulación de las materias proteínicas debe hacerse lo mejor posible, pues si subsisten en el mosto ocasionarían problemas en la fermentación y provocando fácilmente turbiedad en la cerveza embotellada. La **esterilización y la destrucción de las enzimas** es fácil de realizar, un cuarto de hora de ebullición es generalmente suficiente. La **coagulación de proteínas** es mucho más difícil, se realiza por etapas, la primera es la **desnaturalización** que consiste en la ruptura de puentes de hidrógeno en la molécula de proteína, pasando del estado hidratado al deshidratado, manteniéndose en suspensión únicamente por su carga eléctrica; luego de la desnaturalización se produce la **coagulación propiamente dicha** por agrupación de micelios deshidratados; es aquí donde el PH juega un papel importantísimo pues la coagulación será eficiente si se realiza en el punto isoeléctrico; como existen muchas proteínas en el mosto se ha optado por el PH 5.3 como el más conveniente. La violencia de la ebullición influye también en la coagulación más no en la desnaturalización. Durante la ebullición. La **coloración** también aumenta sobre todo por la formación de **melanoidinas**, también por **oxidación de taninos**, estas dos reacciones son favorecidas por el PH elevado. Por último a lo largo de la ebullición se forman **productos reductores** que contribuyen a la calidad y estabilidad de cerveza.

El **Lupulado** del mosto se realiza tradicionalmente durante esta operación, es decir en la paila de ebullición. El amargor es obtenido por **isomerización** de los ácidos y del lúpulo; esta isomerización es incompleta debido principalmente al PH del mosto, el PH óptimo de isomerización es 9. Como se ha visto existen muchas lupulonas y humulonas en el lúpulo; cada uno de estos compuestos donará su isómero respectivo; el conjunto es conocido como isohumulonas pues son esencialmente quienes donan el amargor deseado.

5. Enfriamiento de Mosto

El mosto obtenido por sacarificación de la malta o de los adjuntos y por proteólisis de las proteínas de la malta, ebullición durante hora y media con el lúpulo para otorgarle el amargo, a lo largo de esta ebullición la esterilización completa es obtenida gracias en particular a un PH vecino a 5.3. Los precipitados proteínicos son eliminados por sedimentación, filtración o centrifugación; el mosto es enseguida enfriado a la temperatura de inoculación de la levadura, esta temperatura depende del tipo de levadura empleada y del tipo de cerveza a fabricar entre 6 a 20 °c. Durante el enfriamiento un nuevo precipitado de **polifenoles-proteínas** se forma, por un lado por enlaces de hidrógeno y también por la falta de solubilidad de las prolaminas. La presencia de este nuevo precipitado juega un rol esencial sobre la formación de **H₂S** por la levadura.

El mosto enfriado, en principio estéril, debe ser airada antes del inicio de la fermentación, de no ser airada la tasa de mortalidad levuriana aumentaría a tal punto que la levadura no podría ser reutilizada; la oxigenación del mosto antes del inicio de la fermentación permite a la levadura sintetizar **ácidos grasos insaturados (oleícos, linoleícos, y linolénicos)**, en ausencia de estos ácidos grasos la pared celular esta sujeta a alteraciones lo cual lo hace más permeable a los ésteres correspondientes a los alcoholes superiores que ella misma forma.

La composición del mosto es muy variable en función al tipo de cerveza fabricada, su densidad puede variar entre 2 a 20 °P (grados Plato) es decir que puede contener de 2 a 20 gr de soluto por 100 grs de líquido; a su vez puede ser rico o no en aminoácidos y péptidos en función de la importancia de la proteólisis y de la proporción de adjuntos utilizados. La relación **maltosa/dextrinas** es igualmente variable de acuerdo al método de cocimiento escogido. De manera general se puede decir que el mosto es un medio incompleto, normalmente carente de aminoácidos y ácidos grasos insaturados pues es imposible obtener un crecimiento rápido y completo de levadura; cosa que no sucede si se tratara de un medio sintético a base de extractos de levadura.

FERMENTACION:

La fermentación juega un rol esencial en la calidad de la cerveza, en particular gracias a los productos secundarios como los alcoholes superiores y ésteres; es también la etapa de la fabricación más difícil de controlar. La levadura que es reutilizada de una fermentación a otra no tiene un metabolismo estable; ella degenera. Esta degradación es debida a una infección por presencia de otros microorganismos, ni habitualmente tampoco debido a una mutación; debido a modificaciones progresivas de la membrana celular y de la actividad enzimática de la levadura. Las fermentaciones son modificaciones del metabolismo celular, es decir el conjunto de modificaciones bioquímicas y físicas. Este metabolismo comprende el catabolismo y anabolismo. Se ha preparado un líquido complejo y se ha purificado cuidadosamente hasta el momento de agregar la levadura cervecera para producir su fermentación. Al final de esta cuando los azúcares han sido transformados hasta alcohol y gas carbónico se tendrá la cerveza. Después de la fermentación la cerveza es separada de la levadura, la cual puede ser utilizada para fermentar más mosto, posteriormente. La cerveza se deja un determinado tiempo en reposo durante el cual se fijan ciertas cualidades y se clarifica naturalmente; después es filtrada. El principal producto obtenido durante la fermentación es el alcohol etílico pero se conoce dos tipos de fermentaciones en cervecería la fermentación de superficie y la fermentación de fondo

Fermentación de superficie. - Se usa levadura que va a la superficie del líquido después de filtrar la fermentación. Con este sistema se hacen cervezas tipo Ale, Porter, Lambic.

Fermentación de fondo. - Se emplea un tipo de levadura que se sedimenta al fondo de la tina después de haber efectuado la fermentación del mosto con ella se hacen cervezas tipo Lager. En las cervecerías nacionales se emplea este tipo de fermentación.

Descripción del proceso:

Se agrega al mosto frío, levadura en una cantidad calculada, para que quede en el mosto de 8 a 10 millones de células por cc. Para la fermentación de mosto concentrado, se usa un millón de células por cc por cada grado plato del mosto. La cantidad de levadura previamente determinada se diluye en el mosto y luego se inyecta a la línea de mosto frío durante el enfriamiento. La cantidad total de levadura que se inyecta se calcula teniendo en cuenta el volumen de mosto que va a contener la tina de fermentación. La temperatura inicial de fermentación puede variar entre 6 a 10 °C. Una vez que se inicia la fermentación se aprecian como cambios notorios, el descenso del extracto, la producción de gas carbónico y el desprendimiento de calor; durante la fermentación se controla el descenso de la densidad regulando la temperatura con atemperadores (serpentines o chaquetas), por los cuales circula agua fría o salmuera o agua glicolada a temperaturas que oscilan entre 1 a 2°C para el caso del agua y de -5 a -10°C. para el caso de la salmuera o el agua glicolada. Para recolectar el gas carbónico que se desprende de la fermentación, comúnmente el tanque está conectado por la parte superior con dos tuberías; una que va a la intemperie y la otra que va a la planta de purificación de gas carbónico. En la planta de gas carbónico, éste es purificado y licuado con el fin de inyectarlo posteriormente a la cerveza. Cuando se alcanza el extracto límite o sea hasta donde se le va a dejar fermentar se abre el frío para conseguir enfriar la cerveza y para que la levadura se alimente. Se consigue enfriar la cerveza hasta 5°C. y se suspende el envío de gas carbónico a la planta, luego se bombea la cerveza a los tanques de maduración y se recupera la levadura. A la cantidad de levadura

obtenida en cada fermentación se le denomina cosecha de levadura , lo normal es obtener 4 veces la cantidad de levadura agregada.

MADURACION:

Con el nombre de maduración se distingue la etapa siguiente a la fermentación y comprende todo el tiempo que dure la cerveza en los tanques a baja temperatura antes de ser filtrada. Comúnmente se divide en dos etapas que son reposo y acabado, entre el reposo y el acabado puede haber una prefiltración, preenfriamiento y precarbonatación. La maduración se puede hacer :

Dos etapas Reposo y acabado y durante el reposo hacer una segunda fermentación, en el paso de reposo a acabado la temperatura es de 2 a 3°C. y en acabado se puede enfriar a -1°C.

Fermentar hasta el extracto límite Este sistema es americano y en el paso de fermentación a reposo se efectúa el enfriamiento y entre reposo y acabado, precarbonatación, prefiltración y preenfriamiento y durante la filtración final se hace también enfriamiento.

Los objetivos de la maduración

son acumular o almacenar cerveza, dejar sedimentar en forma natural la materia amorfa y la levadura que aún tiene la cerveza, refinación del sabor por eliminación de las sustancias volátiles que causan el sabor verde, separación por precipitación de los compuestos que se forman al ser enfiada la cerveza, es muy importante considerar que la cerveza se enturbia al ser enfiada después de haber sido filtrada, otro de los objetivos es completar la atenuación límite que no ha sido alcanzada en la fermentación y también se busca carbonatar la cerveza. Al recibir la cerveza en un tanque de maduración es necesario contrapresionar para evitar la salida de gas y la formación de espuma. Es un factor que puede contribuir a la deficiencia de espuma. Durante la maduración la cerveza debe mantenerse bajo presión de 0.3 a 0.5 atmósferas para evitar la oxidación y facilitar la clarificación (la levadura con presión tiende a sedimentarse y mas con frío) y se evita el exceso de purga. Al recibir la contrapresión puede ser con aire o con gas carbónico. Después se deja bajar la presión con el objeto de efectuar purga y eliminar aire en la parte vacía del tanque. Luego se cierra y se sostiene algo de presión porque si no , hay eliminación de muchas sustancias volátiles y se afecta el aroma de la cerveza. El tanque no se llena completamente Si la maduración es muy larga o prolongada el sabor se suaviza demasiado, pierde cuerpo, pierde amargo y queda muy simple aparte de que es muy costoso tener maduraciones largas, pues se necesitan muchos tanques. generalmente se deja un 2 a 5 % de cámara libre.

Con respecto a la temperatura de cerveza en maduración se especifica entre -2 y 0°C. si se hace segunda maduración se pasa a la etapa de reposo de 2 a 3°C. y cuando se pasa al acabado se enfría a -2°C. Si es mayor de 0°C. puede presentarse autólisis de la levadura que pasa a maduración afectando el sabor, se presentan coagulaciones de las sustancias que precipitan en frío (proteasas o peptonas - taninos) y por tanto se obtienen cervezas químicamente inestables, también por esta temperatura alta no se obtiene una buena clarificación y por lo tanto cervezas muy turbias al final de la maduración que causan problemas en la filtración. Al subir la temperatura se puede aumentar el efecto de la oxidación. En referencia al tiempo de la maduración cuando se hace en una sola etapa se deja de 2 a 3 semanas. Cuando es en dos etapas el tiempo de la primera etapa dura comúnmente 2 semanas y el tiempo de acabado o segunda etapa dura aproximadamente una semana. La producción debe ser programada de tal manera que la cerveza tenga una maduración uniforme. Si el tiempo es corto menos de 15 días es posible que se obtenga un sabor verde, no precipiten las sustancias que causan estabilidad química deficiente, no se clarifique bien la cerveza originando problemas de filtración.

Al final de la maduración como se va a llevar a cabo una filtración y por lo tanto una eliminación de la levadura se tendrá que proteger la cerveza agregándole antioxidantes para que se combinen con el oxígeno y evitar que se combine con la cerveza pudiéndose emplear ácido ascórbico o bisulfito de sodio o potasio y para mejorar la clarificación de la cerveza se emplean clarificantes que pueden ser gelatina, viruta y una mezcla de bentonita con ácido tánico. La clarificación normal de la cerveza en maduración es afectada por maltas muy frescas sin el debido tiempo de reposo, temperaturas altas en maduración, alto extracto fermentable residual, poco tiempo de maduración, falta de presión

positiva en los tanques de maduración y también por maltas mal modificadas o con un alto contenido de beta glucanos. Para proteger la cerveza contra la turbiedad fina o por frío se emplean estabilizadores que son enzimas proteolíticas de origen vegetal como la papaina de la papaya o la bromelina de la piña. El efecto de los estabilizadores contra la turbiedad por frío es degradar proteínas, proteosomas y peptonas hasta polipéptidos para que no se combinen con los antocianógenos y no se formen las proteínas taninos que ocasionen turbiedad, estos se agregan por lo general antes de la filtración.