

Marco Teórico

Malta

Todo el mundo sabe que el vino se produce a partir de uva y en ocasiones, a partir de otras frutas; sin embargo, mucha gente, incluso los consumidores habituales, ignora que la cerveza se produce a partir de la cebada y, ocasionalmente, a partir del trigo o de otros cereales. Todos los cereales pertenecen a la familia de las gramíneas, y sus granos o semillas son sus frutos.

La cebada y el trigo son los dos cereales cultivados para alimentación más antiguos, y al parecer, el cultivo domestico de ambos comenzó simultáneamente.

La conversión del grano en malta

En tanto que es suficiente aplastar las uvas para obtener el jugo que contiene los azucares fermentables, los granos resultan más difíciles de tratar. Deben, en primer lugar, mantenerse en agua durante un par de días y, a continuación, dejarlos germinar durante una semana, aproximadamente. Cuando el desarrollo alcanza su punto óptimo, sin llegar a brotar (con lo que empezaría a consumir sus propios azucares, como ocurriría si estuviera plantado en la tierra), se detiene el mismo mediante un proceso de secado. El grano se ha convertido en malta.

La cebada, el trigo, la avena y el centeno pueden ser malteados; otros granos cerveceros tales como el maíz, el arroz o (en algunos países tropicales) el sorgo, se deben solubilizar por cocción. Al tiempo que el grano se vuelve soluble, el malteo libera enzimas que se necesitaran en la maceración y la fermentación. Durante el malteo, los granos no cambian sensiblemente su apariencia, excepto que se secan y en algunos casos, se oscurecen. Para el profano, la diferencia más obvia es que los granos después del malteo son mas duros y que, después del mismo, se pueden masticar y comer. Un maltero, así como cualquier cervecero que pasee por los almacenes de malta acabada, toma con frecuencia un puñado de la misma para masticarla. Además de base para la producción de cerveza u de whisky. La malta se puede convertir extracto espeso como jarabe y oscuro que se utiliza como tónico (contiene vitamina B y hierro) y la preparación de las bebidas lácteas, pan, dulces y otros productos alimenticios.



La selección de granos

El cervecero debe decidir que cereal utiliza, en ocasiones utiliza más de uno. La cebada proporciona sabores suaves, dulces y limpios; trigo da una nota ácida; la avena da una suavidad oleosa y sedosa (aunque se utiliza en pequeña proporción y únicamente en cervezas especiales); el centeno (aún menos utilizado) aporta un cierto sabor picante. La micro-cervecería de la isla escocesa de Orkney ha realizado experimentos con bere, una cebada primitiva que produce una cerveza muy ligera. Algunos cerveceros alemanes han empleado ocasionalmente spelt, una variedad de trigo del que se obtiene una harina muy fina y, eventualmente una cerveza de sabor muy refinado-

En algunos países se utiliza el azúcar de remolacha o el de caña. El azúcar es muy soluble, y se puede esperar de él una fermentación completa. En efecto, los azúcares muy refinados que se utilizan en grandes proporciones lo hacen, y dan a la cerveza un sabor más suave. Sin embargo, los azúcares menos refinados pueden dar resultados muy interesantes. Los cerveceros belgas utilizan el azúcar cande poco refinado en sus cervezas son muy fuertes, los que le da un sabor vinoso.

Los cereales deben ser la base de todo aquello que quiera recibir el nombre de cerveza, los productores belgas de cerveza blanca añaden higos o por lo menos todavía lo hacen, algunas micro-cervecerías norteamericanas han hecho cervezas de calabazas para las fiestas de Halloween.

La elección de las cebada

Ningún productor moderno de vinos, o consumidor de los mismos, tiene la menor duda que la variedad de uva utilizada ejerce una influencia primordial en el carácter del producto final. Algunos cerveceros insisten en que la cebada de un determinado tipo de origen Moravio es esencial para obtener una buena lager tipo Pilsen. Muchos cerveceros alemanes se decantan por una variedad llamada Alexis.

Los alemanes y los bohemios son de la firme opinión de que la cebada de primavera proporciona la deseada nota suave, limpia y de malta. Sin embargo algunos cerveceros belgas y británicos consideran que las cebadas de invierno, por el hecho de ser duras y robustas, proporcionan la firmeza que buscan para sus ales.



La mayoría de los cerveceros creen que los sabores más suaves y limpios se obtienen de las variedades de cebada que tienen dos carreras de granos en cada espiga.

Otros están a favor de seis carreras es más resistente y proporciona un sabor agudo y áspero.

Dado que los agricultores desean cultivar las variedades que producen más cantidad de grano por hectárea, y que algunas grandes cervecerías buscan las variedades que proporcionen la mayor cantidad de azúcar fermentable por tonelada, algunas de las cebadas más finas resultan cada vez más difícil de conseguir. Cuando se prueba una cerveza producida exactamente con el mismo proceso pero con cebadas diferentes, se llega a la conclusión de que estos agricultores y cerveceros están tomando una senda totalmente equivocada. La cantidad va en perjuicio de la calidad, y esto es tan cierto para la cebada como para los tomates y las fresas.

La elección de las maltas

El productor de vinos debe decidir cuánto tiempo deja el mosto en contacto con los hollejos (durante el cual adquirirán no solo el color sino también taninos y otros componentes del aroma y el sabor); el maltero debe tomar decisiones acerca del secado y el tostado.

Existen diferentes tipos clásicos de malta, algunos de los cuales se pueden dividir, a su vez en varia sub-categorías según los distintos y precisos sistemas de remojado, germinación y secado. Los granos tostados muy suavemente producen cervezas doradas como las Pilsen, con un carácter suave, limpio, ligeramente dulce y con sabor a malta. La clásica malta británica pale ale se tuesta a temperaturas ligeramente más altas a fin de conseguir un cierto color y un toque de sabor más seco. En la Europa continental se sigue un proceso semejante para conseguir una malta tipo Viena, algo más rojiza y más dulce. La malta tradicional de Múnich se somete a un tostado ligeramente más intenso a fin de obtener más color y un sabor con reminiscencias de pan fresco.



Si la humedad de los granos es mayor al empezar el proceso y se hornean, se caramelizan parcialmente o se cristalizan, de modo que se consigan aromas dulces, colores castaños-rojizos y sabores a nuez.

De la misma manera que algunos vinos se producen a partir de una sola variedad de uva y otros a base de varias, lo mismo ocurre con las cervezas y las maltas. Algunas cervezas se fabrican a partir de una sola malta, Pilsen ale o pale; en cambio, contienen dos o tres estilos y algunas, incluso, siete u ocho. Mezclando distintos tipos de malta, desde el cristal hasta las muy tostadas, se puede recorrer un largo camino para obtener olor, color, sabor y cuerpo. La mezcla de las maltas constituye la piedra angular del arte de un cervecero. (3)

El malteado y la elaboración de la cerveza

La levadura de las cervezas puede crecer anaeróbicamente mediante la fermentación de azúcar a etanol:



Mientras la malta y la levadura contribuyen sustancialmente del lúpulo empleado, en la mayoría de las cervezas del mundo, el almidón de cebada proporciona la mayoría de los azúcares que derivan en alcohol. Históricamente esto se debe a que a diferencia de otros cereales, la cebada retiene su cascara después de la trilla, y esta cascara forma un bagazo filtrante a través del cual se separa el extracto líquido de los azúcares. A pesar de esto, algunas cervezas se elaboran de trigo y sorgo.

En la elaboración de la cerveza, el grano malteado debe ser primero molido para producir partículas relativamente finas, que en su mayoría son almidón. Las partículas son posteriormente mezcladas con agua caliente en el proceso conocido por maceración. El agua debe contener la correcta mezcla de sales. Por ejemplo, las cervezas ale (de alta fermentación) se elaboran con agua ricas en calcio, mientras que las famosas pilsners con agua de bajo contenido en calcio. Típicamente un macerado tiene un espesor de tres partes de agua por una parte de malta; y se deja en reposo a aproximadamente a 65°C, a cuya temperatura los gránulos de almidón son convertidos por gelatinización desde un estado granular indigerible a una forma fundida mucho más susceptible a la digestión enzimática.



Estas enzimas se producen durante el malteado, pero únicamente empiezan a actuar después de la gelatinización de almidón dentro de la cuba de macerado.

El lúpulo tiene dos componentes principales: resinas y aceites esenciales. Las resinas (llamadas α -ácidos) durante el hervido cambian (isomerizan) a iso- α -ácidos, que dan amargor a la cerveza, este es un producto bastante ineficiente, actualmente, los lúpulos son a menudo extraídos con dióxido de carbono licuado y el extracto obtenido se añade a la caldera o bien son isomerizados extensamente fuera del proceso para ser añadidos a la cerveza final (evitándose las pérdidas debido a las tendencias de las sustancias amargas de adherirse a las levaduras). Los aceites son responsables del aroma a lúpulo de la cerveza. Son compuestos muy volátiles, y si el lúpulo se añade a los inicios del hervido, entonces todo el aroma se escaparía por la chimenea.

Durante la elaboración tradicional de la cerveza de baja fermentación (ale), cierta cantidad de lúpulo se añade al barril al final del proceso, permitiendo que una compleja mezcla confiera las características distintivas de tales productos. Esto se conoce como lupulización en seco (dryhopping).

En la elaboración de cerveza lager tradicional, la cerveza joven se hace madurar durante varias semanas de almacenado frío, previamente al filtrado. Actualmente, la mayoría de las cervezas ales, o lager entre la fermentación y la filtración reciben un tratamiento relativamente corto. (4)

La Molienda.

La malta u otros granos deben ser molidos antes de poder ser extraídos. Fundamentalmente, cuanto más extensa es la molienda, el potencial de extracción de materiales aumenta. Sin embargo, en la mayoría de sistemas de separación del mosto de las cebadillas después de la maceración, la cascara es importante como medio de filtrado. Cuanto más intacta esté la cascara, mejor será el filtrado. Así pues, la molienda debe conseguir moler al máximo el endosperma, pero dejando la cascara más intacta posible. Fundamentalmente existen dos tipos de molienda: molienda seca y molienda húmeda. En



la primera, el molino puede ser de rodillos, de disco o martillo. Si la separación de mosto es mediante una cuba de filtración lauter se utilizan molinos de rodillo. En el caso de instalar un filtro de macerado, se pueden utilizar molinos de martillo (o disco), ya que con este tipo de filtro, la cascara es de mucha menor importancia en la separación del mosto. La molienda húmeda, tomada de los procesos de almidón de maíz, fue introducida en las operaciones de cervecería como una posibilidad para minimizar el daño a la cascara durante la molienda. (4)

El Macerado

El macerado es el proceso de mezcla de la molienda con agua caliente, consiguiendo digerir los componentes claves de la malta y generar mosto que contenga todos los ingredientes necesarios para la fermentación deseada y para los aspectos de la calidad de la cerveza. Y lo más importante es que el macerado es el primer paso en la degradación del almidón.

El almidón presente en los gránulos está altamente ordenado, haciendo difícil su digestión. El calentamiento de los gránulos (en el caso del almidón de cebada a temperaturas mayores de 55-65 °C) rompe el orden molecular en los gránulos, en un proceso conocido por gelatinización.

A pesar que el 80-90% de los gránulos en la cebada son pequeños, estos representan únicamente el 10-15% del peso total del almidón. Los gránulos son degradados sustancialmente durante el proceso de macerado, mientras la degradación de los gránulos grandes se limita a cierto grado de depresiones superficiales. (4)

Colores de la cerveza

A fin de que los cerveceros puedan especificar los colores de la malta que requieren, se ha definido y aceptado una escala por la European Brewing Convention. La escala E.B.C se puede aplicar tanto a la malta como a la cerveza. Una Pilsen dorada típica tendrá un color definido por valores de una sola cifra: 6-8 unidades E.B.C; una pale roja ámbar tiene su color definido por valores de dos cifras (20-40), en tanto las porters y las stouts definen su color con números de tres cifras (150-300 o más). Estos números no pueden, sin embargo, definir las atractivas sutilezas de los colores, pero son de interés para algunos conocedores y cerveceros. (3)



El Agua

El agua representa como mínimo el 90% de la composición de la mayor parte de cerveza, así pues, es claramente un factor de gran efecto en este producto, particularmente en termino de sabor y claridad. La naturaleza del agua ejerce, sin embargo, su influencia en el proceso mucho anteriormente, por el efecto de las sales que contiene en los procesos químicos y enzimáticos, en la determinación del ph, etc.

Tabla1: composición iónica del agua (mg/L)

Componente	Burton	Pilsen	Dublin	Munich
Calcio	352	7	119	80
Magnesio	24	8	4	19
Sulfato	820	6	54	6
Cloruro	16	5	19	1
Bicarbonato	320	37	319	333

La composición iónica del agua de cuatro centros de cerveza se muestra en la tabla. El agua de Burton es claramente muy dura, tanto la permanente como la temporal. El agua Pilsen es extremadamente blanda. Es evidente que la naturaleza de agua afecta en cierto modo la calidad de los dos estilos de cerveza producidos tradicionalmente en estas localidades; aunque no sea razón suficiente para explicar las diferencias.

La composición del agua puede ser alternada, ya sea por adición o eliminación de iones. Los niveles de calcio pueden ser aumentados para promover la precipitación de ácido oxálico en forma de oxalatos, para disminuir el ph mediante reacción con iones fosfato ($3\text{Ca}^{+2} + 2\text{HPO}_4^{-2} \longrightarrow \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 2\text{H}^+$) y para promover la acción amilasa. (El pH óptimo para el macerado está entre 5,2 y 5,4). (4)

Lúpulos.

El lúpulo, *Humulus Lupulus*, es rico en resinas y aceites. Las resinas son fuentes de amargor, y los aceites son fuentes de aroma. El lúpulo destaca por ser cultivado



esencialmente con el único objetivo de ser utilizado en la elaboración de la cerveza. Los lúpulos crecen en regiones templadas del mundo, y aproximadamente una tercera parte se produce en Alemania.

Los lúpulos son plantas herbáceas perennes, trepadoras, resistentes, crecidas en huertas con el uso de estructuras de cuerdas que las sostienen. Únicamente se cultiva la planta femenina, que desarrolla los conos de lúpulo. (6)

Hubo un tiempo en el que los productores de vino aromatizaban sus productos con hierbas, especias y frutas.

Algunos lo hacen todavía con bayas de enebro, flores de cardo y manzanilla u otros ingredientes más exóticos como jengibre, granos del paraíso, corteza de quinina, cilantro o cascara de naranja, y llaman vermouth al resultado. La mayoría de los ingredientes aromáticos, además de milenrama, romero y otros, también se han utilizado en la cerveza, pero el favorito de los cerveceros es el cono frondoso, algunas veces conocido como la flor o el capullo (técnicamente, el strobile) de la planta de lúpulo, miembro de la familia de las ortigas y primo hermano del cáñamo de la india.

Los lúpulos se utilizan para una infinidad de aplicaciones: sus brotes se pueden comer en ensaladas; sus capullos se emplean como tranquilizantes (en las almohadillas de lúpulo); sus resinas y aceites, en champús y bronceadores. Recientes estudios realizados en la universidad de Minnesota han demostrado que alguno de los componentes del lúpulo puede ayudar al cuerpo en el proceso de eliminación de venenos, contaminantes y drogas. (5)

Los cono de lúpulo (específicamente las sumidades floridas del pie femenino) suministran taninos de tipo pirogalol y catecol, resinas aceites esenciales y otros constituyentes.

Los taninos son importantes porque precipitan las proteínas inestables durante la ebullición de la cerveza nueva. Las resinas, que confieren sabor amargo y estabilidad biológica a las bebidas malteadas, están integradas por las alfa y beta resinas (blandas) y



la gamma resina (dura), conteniendo humulona, lupulona y cohumulona. Los aceites esenciales (mirceno, linalol, geraniol, humuleno, etc) proporcionan su aroma al lúpulo. (3)

El comportamiento del lúpulo es particularmente bueno, y este puede ser uno de los motivos de que pasara a ser la elección preferida de los cerveceros, no está determinada la época en la que se comenzó a utilizar el lúpulo en la producción de la cerveza.

El empleo del lúpulo en la cerveza no llego a Gran Bretaña hasta los siglos XV y VXI, pero solo un siglo más tarde se cultiva con este objeto en Nueva Holanda, Norteamérica. En la actualidad se cultiva a gran escala en Nueva Zelanda y Australia, y en menor cantidad en Japón y China. (5)

Los lúpulos se clasifican en dos categorías: lúpulos aromáticos y lúpulos amargos. Todos los lúpulos proporcionan aroma y amargor. No obstante, algunos lúpulos, como la variedad checa de Saaz poseen una proporción relativamente elevada de aceite comparada con las resinas, y las características del componente aceite son especialmente apreciadas. Dichas variedades resultan de precio mas elevado y son conocidos como variedades aromáticas. Generalmente, apenas son utilizadas como única fuente de amargor y aroma en una cerveza: algún lúpulo barato y de alto contenido en α -ácidos (variedad amargarte) se utiliza para proporcionar la mayor parte del amargor, y la preciada variedad aromática se añade posteriormente en el hervido para que contribuya con su mezcla de aceites única. (4)

Levadura

En la mayoría de los casos, usar la palabra de levadura en un contexto de alimentario es sinónimo de *S. cerevisiae*, la principal levadura del cervecero y el panadero. No obstante, como ya veremos, existen otras levaduras implicadas en los procesos fermentadores.

Las levaduras son organismos heterotróficos cuyos hábitats naturales son las superficies de tejidos vegetales, incluidos frutas y flores. La mayoría son aerobios



obligados, aunque algunos (como la levadura de la cerveza) sean anaerobios facultativos. Son organismos bastante sencillos en sus demandas nutricionales, requiriendo una fuente de carbono reducido, varios minerales, una fuente de nitrógeno y vitaminas. Las sales de amonio las utilizan fácilmente, pero también pueden utilizar otros compuestos nitrogenados como aminoácidos y urea. Las vitaminas clave requeridas son la biotina, el ácido patagénico y la tiamina.

Centrándose en la levadura de la cerveza, y siguiendo los avances taxonómicos más actuales, el *S. cerevisiae* es apropiado únicamente para las levaduras Ale. Las levaduras Lager se deben ser llamadas *Saccharomyces Pastorianus*, representando organismo con un genoma 50% mayor y resultante del cruce de *S. cerevisiae* con *Saccharomyces Bayanus*.

La levadura de la cerveza tiene vida sexual, pero en las condiciones de la producción se reproduce principalmente por gemación. Una célula puede gemar hasta 20 veces, dejando cada vez una cicatriz, la contabilización de las cuales indica la vejez de la célula.

Las levaduras de la cerveza son *Saccharomyces cerevisiae* (levadura ale) *Saccharomyces Pastorianus* (levadura Lager). Existen una gran variedad de cepas distintas de las levaduras de la cerveza, cada una de ellas diferenciada fenotípicamente (por ejemplo, en la medida que fermentan azúcares distintos, o en la cantidad de oxígeno que necesita para activar su crecimiento, o en la cantidad de oxígeno que necesita para activar su crecimiento, o en las cantidades de producción metabólicas (es decir, el espectro de sabor de la cerveza resultante), o su comportamiento en suspensión (fermentación alta o baja, floculante o no floculante)) o genotípicamente, en términos de su huella genética.

La diferencia fundamental entre las cepas Ale y Lager se basa en la capacidad de fermentar el azúcar melibiosa, las cepas Ale no son capaces, mientras las cepas Lager tienen esa capacidad gracias a la producción de una enzima (α -galactosidasa) necesaria para la conversión de melibiosa a glucosa y galactosa. Las levaduras Ale son llamadas de



fermentación alta por su desplazamiento hacia la zona superior de los recipientes de fermentación abierta. Las levaduras Lager descienden al fondo de los fermentadores y son conocidos por levaduras de fermentación baja. Actualmente. A menudo es difícil observar la diferencia, ya que las cervezas generalmente se fermentan en recipientes similares (tanques cilindro cónico profundos) que tienen a igualar el comportamiento de las levaduras en suspensión.(4)

En la fabricación del pan, el queso, diversos tipos de pepinillos y salsas y muchos otros alimentos y bebidas, la cerveza requiere levadura, compuesta de microorganismos que, células individuales, son invisibles a simple vista. Las levaduras transforman los azúcares en alcohol y anhídrido carbónico. Sin las levaduras, el vino sería sumo de uvas y la cerveza, agua de cebada.

Los cerveceros primitivos no comprendían que, al enfriarse, el líquido atraía la atención de la levadura existente en el aire.

Este procedimiento, la fermentación espontánea, todavía es utilizada por los fabricantes de cerveza tradicionales semejantes a gachas que se obtienen de cereales silvestre, raíces y savias en Asia, África y Latinoamérica. Sin duda los recipientes de madera utilizados a menudo para la fermentación también retienen levadura.

La familia de las lambic

El método más antiguo de fermentación utilizado por cerveceros comerciales en el mundo civilizado es el sistema empleado por los fabricantes más tradicionales de Lambic, en el valle Zenne, en Bélgica. Dejan las ventanas abiertas para que las levaduras salvajes se depositen sobre la mezcla en enfriamiento, y consideran que los mejores resultados se obtienen de una fresca tarde de otoño. Algunos ponen especial cuidado en no tocar las telarañas ni los mohos de las paredes y los toneles donde fermentan sus cervezas. En un hábitat determinado, una serie de cepas de levaduras se adaptarán mejor y sobrevivirán como las más fuertes. En tanto el hábitat no sufra modificación, es la ley del más fuerte la que rige. Si se producen cambios puede ocurrir que la cerveza no fermente o que no resulte de la calidad deseada.



Las levaduras salvajes, al no estar domesticadas ni entrenadas, son poco eficientes e indisciplinadas. Dejando muchos azúcares y componentes aromáticos volátiles (ésteres) en la cerveza. Este es el motivo por el cual las Lambic tienen sabores extremadamente complejos, vinosos, afrutados y, a veces, fenólicos.

Importancia de las levaduras

El mayor terror de los cerveceros es que sus levaduras puedan cambiar de carácter por razones desconocidas, que sufran una mutación o que resulten infectadas por algún otro microorganismo. La mayoría de ellos, y por este motivo, mantienen su cervecería limpia como un hospital, pero aun así ocurre desastre que provoca que la cerveza cambie de sabor, resulte agria o desarrolle otras características desagradables. Si esto ocurre, se debe eliminar todos los contenidos de los tanques y la cervecería ha de ser esterilizada de arriba abajo. He oído decir que algunos cerveceros conservan una pequeña porción de sus levaduras en el refrigerador de sus casas de emergencia. Con ella se puede lograr un cultivo en cantidad suficiente y en poco tiempo. (3)

Enfriamiento del mosto

El enfriamiento del mosto por reducción de la temperatura va desde de aproximadamente desde 100°C, hasta la temperatura de siembra, de 7 – 12 °C, esto para la preparación de la eliminación subsiguiente de los constituyentes del mosto que sean productores de velo. La aeración adecuada del mosto para permitir que la levadura opere debidamente.

El enfriamiento se logra habitualmente por etapas de la manera siguiente:

- A- Enfriamiento por el aire de la atmósfera
- B- Enfriamiento por agua
- C- Enfriamiento por agente refrigerantes tales como, el glicol, la salmuera, el hielo, el amoníaco de expansión directa o freón.

Riesgos durante el enfriamiento

El punto de muerte de los microorganismos varía de acuerdo a las que contengan sus especies y puede elevarse de 6 a 12 °C en levaduras que contengan esporas. Las células jóvenes de *S. validus* quedan muertas así en 5 minutos en agua a 56-57°C, pero



células más viejas pueden sobrevivir a 60°C (las esporas a 66°C) o a temperaturas más elevadas. Las esporas sacadas de algunos otros microorganismos pueden resistir la ebullición durante algunas horas. Estas cifras sugieren que no se obtiene una seguridad completa mediante la limitación del enfriamiento a una temperatura mínima de 6 °C en recipientes abiertos. Este es el mínimo generalmente aceptable, pero resulta difícil de lograr en los últimos hectolitros. La mayoría de las células vegetativas quedaran muertas a esa temperatura; sin embargo, algunas podrán sobrevivir así como muchas esporas.

Un alto porcentaje de los microorganismos que sobreviven, la mayoría de ellos debilitados por desecación previa, quedan destruidos o inhibidos el almacenamiento, cuando ha quedado agotada la actividad primaria de la levadura. En los casos de infección seria, pueden resultar muy perjudiciales los efectos que producen sobre la cerveza, algunos días o semanas después del llenado. Por consiguiente, pese al hecho de que los cerveceros pueden usar sin temor refrigeradores abiertos en localidades más favorecidas, el riesgo está presente en la mayoría de los lugares.(7)

Otros de los riesgos durante el enfriamiento es que sea de una manera lenta y esto puede producir la (Reacción de Maillard), las cuales dan una coloración oscura no deseada al mosto y también alterando su sabor.

(Reacción de Maillard) o pardeamiento no enzimático

Bajo la denominación de pardeamiento no enzimático o reacciones de Maillard se incluye una serie de reacciones muy complejas por medio de las cuales, y en determinadas condiciones, los azúcares reductores pueden reaccionar con las proteínas y producir una serie de pigmentos de color pardo-oscuro y unas modificaciones en el olor y sabor de los alimentos que en algunos casos son deseables (asados, tostados y frituras) y en otros indeseables (colores oscuros que se desarrollan durante el almacenamiento).

El nombre de pardeamiento no enzimático sirve para diferenciar del pardeamiento enzimático rápido, que se observa en las frutas y hortalizas



El pardeamiento no enzimático se presenta durante los procesos tecnológicos o el almacenamiento de diversos alimentos. Se acelera por el calor y, por lo tanto, se acusa en las operaciones de cocción, pasteurización, esterilización y deshidratación

El pardeamiento no enzimático es debido a una reacción que tiene lugar entre un grupo aldehído o cetona, procedentes de los azúcares reductores, y grupos aminos de amino ácidos o proteínas, va acompañado por una reacción de la solubilidad de las proteínas, una disminución del valor nutritivo y la producción de sabores extraños.

El pardeamiento de Maillard, o pardeamiento no enzimático, incluye una serie de reacciones en las que el desarrollo del color tiene lugar en el último paso del proceso. Se puede resumir en tres pasos:

Paso inicial: no hay producción de color

Paso intermedio: formación de colores amarillos muy ligeros y producción de olores desagradables

Paso final: formación de pigmentos. (8)

Fermentación

La palabra fermentación es de origen latino y en sentido estricto se ha usado para designar la transformación del jugo de la uva en vino. Las fermentaciones han sido objeto de estudio y discusión desde tiempo atrás y constituyen uno de los procesos biológicos más utilizados por el hombre para fines industriales. Se sabe que el hombre, desde épocas muy remotas tenía conocimientos de que los jugos provenientes de frutas dulces, cuando entran en actividad, se transforman en bebidas alcohólicas.

La primera explicación bioquímica del proceso por el cual el azúcar en solución acuosa es descompuesto en alcohol y gas carbónico, en virtud de la acción de células vivas de levadura, la dio el químico francés Louis Pasteur, el cual vio que, mientras descomponen el azúcar en ausencia de aire, las células de levadura viven y se propagan



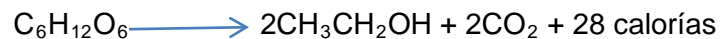
en el líquido en fermentación, y llamo al proceso de la fermentación alcohólica “ vida sin oxígeno”.

Pasteur reconoció el carácter biológico de la fermentación al demostrar que en todo proceso de fermentación alcohólica siempre están presentes las levaduras, que son los microorganismos encargados de efectuar la acción biológica o microbiana para la transformación de la azúcar en alcohol.

La explicación de Pasteur fue modificada por Buchner, quien demostró que el jugo obtenido prensando células muertas de levadura contenía una sustancia eficaz para descomponer los azúcares cuando es agregado a un líquido azucarado. A esta sustancia activa se le dio el nombre de fermento, enzima o zimasa.

La palabra fermentación designa la desasimilación anaeróbica de compuestos orgánicos por la acción de microorganismos u otras células. Sin embargo, en muchos artículos técnicos y en mayor grado aun en el uso corriente en laboratorios y fábricas, el termino fermentación denota la acción microbiana regulada por el hombre. En este sentido más amplio, la palabra fermentación no solo designa los procesos de desasimilación anaeróbica como la formación de alcohol, butanol-acetona, ácido láctico, etc., sino también la producción industrial de vinagre, ácido cítrico, enzimas, penicilina y otros antibióticos, reboflavina y otras vitaminas, todos estos productos son el resultado de procesos microbianos y se llaman “productos de fermentación”. (6)

La fórmula típica de la fermentación alcohólica esta expresada en la transformación de un monosacárido en alcohol etílico y bióxido de carbono, Gay –Lussac la desarrolla en el siguiente esquema:

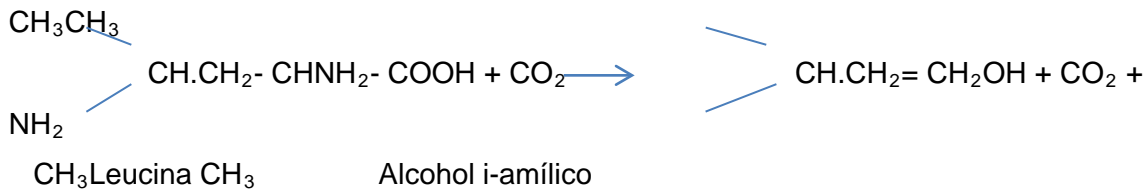
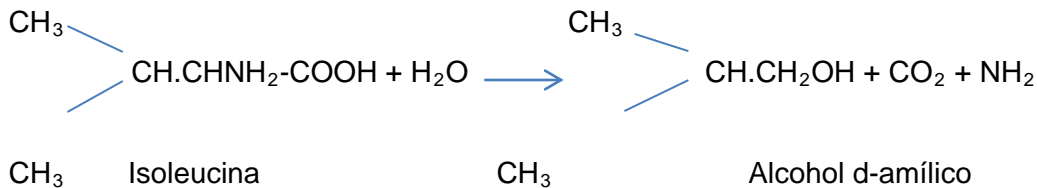


En la cual una molécula de glucosa se transforma en dos moléculas de alcohol y dos de bióxido de carbono, con producción de 28 calorías, lo cual demuestra, según el balance de esta ecuación, que la descomposición de la glucosa da 50% de alcohol y 50% de gas carbónico aproximadamente.



Productos Secundarios de una Fermentación Alcohólica

Durante la fermentación, además del alcohol etílico, se producen otros alcoholes en pequeñas cantidades: n-propílico, i-propílico, n-butílico, i-butílico, n-amílico e i-amílico, los cuales componen los llamados aceites de fusel; también se produce ácido succínico y glicerina. Según Ehrlich algunos alcoholes superiores provienen de ciertos ácidos aminados (isoleucina y leucina), derivados de las proteínas, de las levaduras muertas, produciéndose por procesos de desaminación y descarboxilación de dichos ácidos.



Estas reacciones tienen lugar solamente en presencia de azúcares fermentables.

Teorías del Mecanismo de la Fermentación.

Lavoisier y Gay-Lussac fueron los primeros que se ocuparon del mecanismo de la fermentación alcohólica y sus trabajos fueron confirmados posteriormente por otros investigadores. En 1905, Harden y Young demostraron que la fermentación alcohólica se produce en presencia de sales fosfatadas y si estas no están presentes, la fermentación no tiene lugar.



Todas las teorías que se conocen sobre este mecanismo hacen intervenir, como elemento intermediario de importancia, el monofosfato de la glucosa, en el desdoblamiento del monosacárido, en los elementos de 3 carbonos.(6)

Las levaduras empleadas en la fermentación de la cerveza son variedades de *saccharomyces cerevisiae*. La selección de la variedad apropiada influye sobre el carácter de la cerveza obtenida.

Al mosto enfriado se le inocula la levadura, que transformara en alcohol y gas carbónico los azucares fermentescibles presentes en el mosto. Este proceso dura unos 8 días. Se pueden utilizar dos tipos de levadura, las bajas que actúan entre 5° y 10° c, dando lugar a cervezas de fermentación baja, y altas, que fermentan entre 15° y 20° c, produciendo cervezas de fermentación alta. Ambas levaduras son de la misma especie, solo se diferencian por su distinta adaptación al medio, la primera desciende al fondo durante el proceso y la segunda asciende hasta la superficie.

Después de la fermentación principal, la cerveza es transportada a las bodegas de maduración con una temperatura comprendida entre 0° y 2° c. durante el almacenamiento sufre una serie de fermentaciones secundarias que son más lentas. Se eleva el grado alcohólico y se logra una saturación de ácido carbónico que impida una oxidación de la cerveza, consiguiendo refinar su sabor, finalmente se filtra y se envasa en barriles o botellas.

Es indispensable en la fabricación de la cerveza evitar las contaminaciones biológicas ya que ellas son causas de muchas alteraciones en el producto terminado. Por otra parte el agua utilizada debe ser potable y estar exenta de hierro y manganeso ya que la presencia de los minerales origina cervezas oscuras. (3)

Cinética de fermentación alcohólica

En un proceso de fermentación alcohólica se presentan dos situaciones diferentes en cuanto a la cinética. Una es cuando está dirigida hacia la producción de la levadura y la otra hacia la obtención del alcohol etílico, estando concentrado este trabajo hacia la cinética de obtención de alcohol etílico.



De acuerdo con los estudios cinéticos realizados, la fermentación ha sido clasificada en tres grandes grupos, los cuales presentan una variación en sus modelos de velocidad y en los cambios de energía libre. La fermentación alcohólica pertenece, según lo anterior, al grupo en que los productos deseados resultan de la oxidación directa de un carbohidrato primario, en la cual la reacción presenta un N° negativo y puede ser representada por la siguiente ecuación:

A \longrightarrow Productos

O

A+B+C \longrightarrow Productos

Basándose en los resultados experimentales, Garden propuso la siguiente ecuación de velocidad:

$$\frac{dxp}{dt} = \alpha * \frac{dx0}{dt} + \beta * x0$$

Donde:

$$\frac{dxp}{dt} = \text{velocidad volumetrica de produccion de microorganismos.}$$

$$\frac{dx0}{dt} = \text{velocidad volumetrica de crecimiento de los microorganismos}$$

$$X0 = \text{densidad de microorganismos}$$

α y β

= coeficientes dimensionales de crecimiento los cuales son funcion del pH, y temperatura

Se puede notar claramente que el modelo cinético propuesto por Garden para el estudio de las fermentaciones está dirigido única y exclusivamente a la producción del microorganismo. Se considera de interés expresar que quizás por lo complejo de los mecanismos propuestos para la obtención de alcohol etílico no existe un estudio cinético que se adapte adecuadamente a este tipo de reacción.

Influencia de las variables de proceso

Así como cualquier proceso que se lleve a cabo en presencia de microorganismos, en una fermentación alcohólica las condiciones de operación dependen, en cierta forma, de algunos factores que de alguna u otra manera ejercen su influencia sobre el crecimiento y desarrollo de dichos organismos. Dentro de estos factores pueden ser



mencionados: la concentración de levadura, la concentración de azúcar, la temperatura, el pH y los nutrientes

Efecto de la concentración de levadura

No todas las levaduras fermentan con la misma velocidad los azúcares sino que hay diferencias entre unas y otras, ya sea en el tiempo o en la cantidad. De acuerdo con esto, hay que tener en cuenta dos cualidades de mucha importancia, que son: rapidez fermentativa y poder de fermentación. La primera se refiere a la propiedad que tiene una levadura de fermentar el azúcar en el menor tiempo, mientras que la segunda en la propiedad de fermentar totalmente una determinada cantidad de dicho azúcar, la cantidad de levaduras a usar debe ser suficiente para inocular determinado volumen de mosto, recomendándose que el agregado de levaduras sea del 3 al 5% del volumen del mosto a fermentar. En la fermentación alcohólica, una pequeña parte del azúcar presente inicialmente es consumida por los microorganismos para su nutrición y desarrollo. La levadura se propaga bien en la presencia de aire y en ausencia de él, pero fermenta los azúcares más rápidamente cuando está ausente el aire.

Durante parte del proceso fermentativo, la actividad enzimática y las funciones vegetativas de la levadura se suceden paralelamente; sin embargo, estas últimas se interrumpen cuando las nuevas células de levadura desarrolladas alcanzan una determinada concentración en el líquido que puede denominarse de saturación específica. Si en este instante se añade al medio una nueva solución azucarada, se altera el estado de saturación específica formándose nuevas células para restablecer el equilibrio. Estos procesos ocurren en todas las fermentaciones, y la formación de levadura y alcohol se lleva a cabo paralelamente.

Efectos de la concentración de azúcar

Aparentemente podría resultar obvio que mientras mayor sea el contenido inicial de azúcar en un mosto, mayor debe ser la cantidad de alcohol producida; pero también es cierto que la duración del proceso se hace mayor. No se debe olvidar que la cuestión económica juega un papel fundamental en la producción de alcohol etílico, persiguiéndose como objetivo principal la obtención del máximo rendimiento del azúcar en el menor



tiempo posible. Es por ello, que se debe tratar establecer las óptimas condiciones para el logro de tal objetivo.

Efecto de la temperatura

La temperatura tiene una marcada influencia en un proceso de fermentación, por lo que se hace necesario controlarla adecuadamente. Se sabe que una temperatura muy elevada puede producir evaporación de alcohol, facilitar el desarrollo de la flora microbiana infecciosa y podría destruir las levaduras necesarias para el proceso. Se recomienda una temperatura entre (25-36)°C para llevar a cabo una fermentación. De ordinario, la variación de la temperatura hace cambiar la proporción de los productos finales.

Efecto del pH

La influencia ejercida por el pH es compleja y no se puede generalizar mucho. Sin embargo, se puede decir que el pH inicial óptimo depende de la especie de organismo usado, de la reacción deseada y de las demás condiciones del proceso. Es conveniente la acidificación o ajuste del pH en el mosto en un rango de 4 a 5 mediante el agregado de ácidos minerales, valores suficientes para favorecer el crecimiento de las levaduras, a la vez que las protege de la competencia de otros microorganismos infecciosos.

Efecto de los nutrientes

Como ya se ha dicho anteriormente, los nutrientes son las sustancias asimilables por los microorganismos contribuyendo, por lo tanto, a su crecimiento y desarrollo. En vista de esto es que se considera que ejercen notoria influencia en el proceso de fermentación y en los rendimientos de alcohol y levadura obtenidos. Además, el agregado de nutrientes aumenta la eficiencia y velocidad de un proceso de fermentación.

Proceso de filtración



La filtración es la separación de partículas solidas a partir de un fluido mediante el paso del fluido a través de un medio filtrante o pared separadora sobre el que se depositan los sólidos. Las filtraciones industriales van desde un sencillo colado hasta separaciones altamente complejas. El fluido puede ser un liquido o un gas, y la corriente valiosa procedente de un filtro puede ser el fluido, los sólidos o ambos productos. (9)

La cerveza, generalmente, se filtra después de un periodo de típicamente 3 días como mínimo de condicionamiento frio. Existen distintos tipos de filtración, que quizás el más común es el filtrado de placa y marco que consiste en una serie de placas secuenciales, sobre cada una de las cuales cuelga una tela. La cerveza se mezcla con un filtro ayuda; partículas porosas que atrapan partículas y evitan que el sistema se atasque. Los dos tipos de filtro ayuda utilizados más frecuentemente son kieselguhr. El kieselguhr está compuesto de fósiles o esqueletos de organismos primitivos llamados diatomeas. Estos pueden ser clasificados en grados que difieren en las características de permeabilidad. La filtración comienza cuando una pre-capa de filtro de ayuda se aplica al filtro con la circulación entre las placas de una suspensión del filtro ayuda. Esta pre-capa generalmente es de graduación gruesa, mientras el filtro ayuda suele ser más fino. La selección se hace en base a las partículas que deben ser eliminadas de la cerveza. En el caso de cervezas que contienen gran cantidad de levadura pero relativamente pocas partículas pequeñas, lo conveniente es un grado relativamente grueso. En el caso contrario, se utilizara el grado más fino con poros menores. (4)

La Estabilización de la Cerveza.

Además de la filtración, existen otros tratamientos que pueden aplicarse a las cervezas con el objetivo de alargar su vida útil de almacenamiento. La turbidez de la cerveza puede ser debida a diversos compuestos, pero la causa principal son los enlaces cruzados entre ciertas proteínas y ciertos poli-fenoles. En consecuencia, la eliminación de uno o ambos factores prolongara la vida útil de la cerveza. Los procesos realizados



durante la elaboración de la cerveza están diseñados, en parte, con el objetivo de la precipitación de complejos proteína-poli-fenol. Por tanto, si estas operaciones se realizan eficientemente, al mismo tiempo se consigue realizar gran parte del trabajo de estabilización. Si además previamente, se eluden los últimos pasos de las operaciones de separación del macerado (lautering) se evitara la entrada al mosto de excesivos polifenoles. La fase de condicionamiento frío también juega un papel importante, por la refrigeración de los complejos proteína-poli-fenol que permite eliminarlos del filtro. El control de oxígeno y la oxidación es también un factor de importancia ya que los polifenoles oxidados tienen la tendencia de unirse con proteínas. Para conseguir una vida útil realmente prolongada, sobre todo si la cerveza es enviada a zonas con climas extremos, serán necesarios tratamientos especiales de estabilización. (4)

Control de gases

Los ajustes finales son los niveles de gas de la cerveza. Como hemos visto, es importante que el nivel de oxígeno en la cerveza brillante sea lo más bajo posible. Desafortunadamente, en los traslados y procesado de la cerveza siempre existe el riesgo de entrada de oxígeno. El control del contenido en oxígeno se realiza después del llenado del tanque de cerveza brillante (la cerveza brillante es la cerveza filtrada), si la cantidad sobrepasa las especificaciones (la mayoría de cerveceras la sitúan entre 0,1-0,3 ppm), el oxígeno necesitará ser eliminado. La eliminación se consigue con la purga del tanque con un gas inerte, generalmente nitrógeno, con entrada desde la base del depósito. El nivel de dióxido de carbono de la cerveza puede requerir ser aumentado o disminuido. La mayor parte de cervezas contienen entre dos o tres volúmenes de CO_2 , mientras que la mayoría de fermentaciones cerveceras genera de forma natural un máximo de 1,2-1,7 volúmenes de este gas. El procedimiento más simple y habitual de introducción de CO_2 es por inyección, en forma una corriente de burbujas, durante el traslado de la cerveza desde el filtro al tanque de cerveza brillante. Si el contenido de CO_2 requiere ser disminuido resulta un desafío mayor. Este puede ser el caso de cervezas supuestamente de baja carbonatación, y similarmente al oxígeno, se consigue mediante purga. Sin embargo, la preocupación por pequeñas producciones ha estimulado el desarrollo de sistemas a base de membranas para el control de gases. (4)



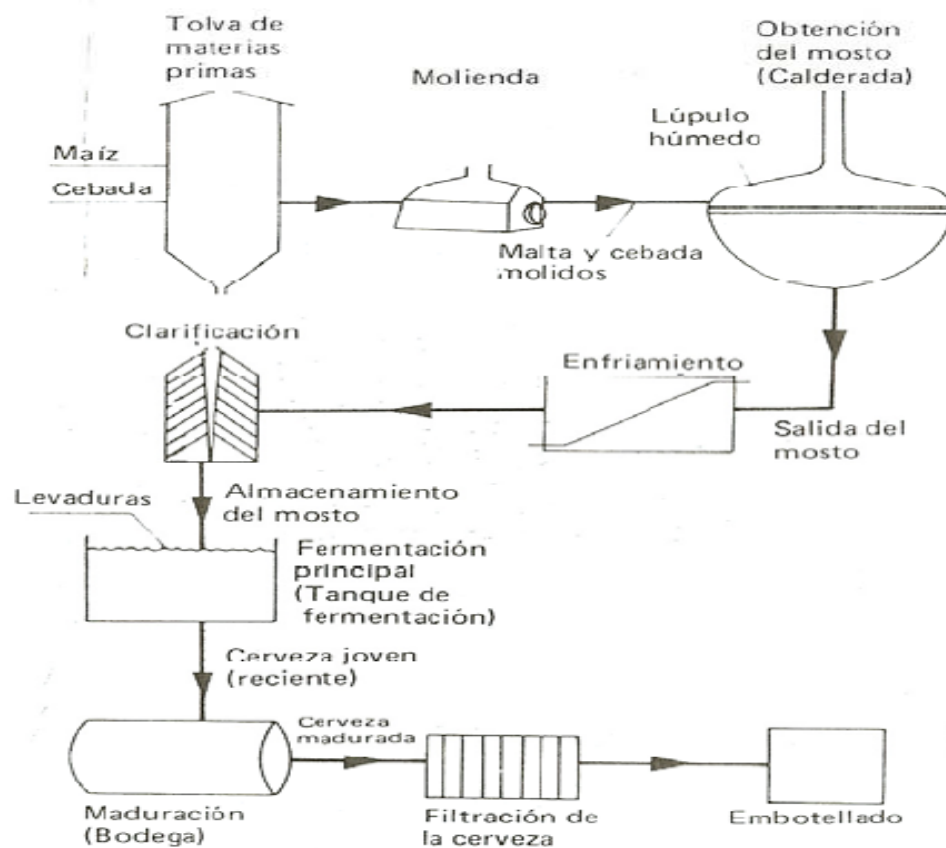
Destilación

La destilación puede llevarse a cabo según dos métodos principales. El primer método se basa en la producción de vapor mediante la ebullición de la mezcla líquida que se desea separar y la condensación de los vapores sin permitir que el líquido retorne a la columna de destilación. Por lo tanto, no hay reflujo. El segundo método se basa en el retorno de una parte del condensado a la columna, en condiciones tales que el líquido que retorna se pone en contacto íntimo con los vapores que ascienden hacia el condensador. Es posible realizar cualquiera de los métodos como un proceso continuo o discontinuo (por etapas). Y la destilación continúa con reflujo (rectificación) para sistemas que contienen solo dos componentes. (9)

Bebidas alcohólicas destiladas

Las principales bebidas destiladas son aquellas procedentes de grano (whiskys), uva (coñac, armagnac, brandy) o melaza (ron). Los alambiques utilizados en la producción de son de dos tipos: por lotes (discontinuos o batch) y continuos. Los alambiques por lotes (o alambiques potstill) emplean destilaciones dobles o triples y generan un espirituoso altamente gustoso. Los alambiques continuos proporcionan espirituosos de sabor más ligeros que son utilizados mayoritariamente para mezclas.

Generalmente, los espirituosos de menos cuerpo producidos en alambiques continuos son mezclados con varios espirituosos de más cuerpos procedentes ya sea de alambiques por lotes o de la destilación a inferiores concentraciones de etanol en alambiques de columnas. Durante los procesos de decantación, los distintos whiskys se decantan en canales por donde diluyen a las cubas de mezcla donde se agitan mecánicamente y con aire comprimido. Finalmente, se añade agua para rebajar el producto a su graduación final.(4)



Desintegración de los cereales o materias primas (molturación)

Maceración (batido de la malta) y extracción del contenido de los Granos (lixiviación)

Separación de los materiales sólidos de la fase líquida (filtración)

Calentamiento del mosto con el lúpulo (cocción)

Enfriamiento del mosto y eliminación de los materiales que lo enturbian (Enfriamiento y clarificación). (10)



Diagrama de flujo Producción de cerveza

