



Universidad Católica de Cuyo

Facultad Don Bosco de Enología y

Ciencias de la Alimentación

Licenciatura en Enología e

Industrias Frutihortícolas

Sede Rodeo del Medio, Mendoza. 2024

Cervezas estilo Golden con adición de moras en distintos momentos de elaboración

Alumno: Gonzalo Martín Medina

Profesores:

Asesor: Lic. Leonel Zufia

Revisión formal: Mgter. Ing. Elena Caliguli

Tipo de trabajo: Trabajo final de grado

Lugar y fecha: Mendoza, Rodeo del Medio,

Defensa Oral

Libro: Folio N°: Acta N°:

Fecha:/...../.....

Calificación:

Tribunal Examinador

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	3
RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1: Concepto, estilos e historia de la Cerveza	14
1.1 Conceptos.....	14
1.1.1 ¿Qué es la cerveza?	14
1.1.2 Definición según el Código Alimentario Argentino	14
1.1.3 Diferencias entre cerveza artesanal y cerveza industrial	15
1.2 Historia.....	17
1.2.1 Orígenes y primeros escritos sobre la cerveza	17
1.2.2 La cerveza llega a América	19
1.2.3 Auge de la cerveza artesanal	21
1.3 Estilos de cervezas	24
1.3.1 Cervezas Lager	25
1.3.2 Cervezas Lager Pilsen	25
1.3.3 Lager Especial	25
1.3.4 Lager extra	25

1.3.5	Cervezas Ales	25
1.3.6	Pale Ale	26
1.3.7	Cervezas negras	26
1.3.8	Ales belgas.....	26
1.3.9	Ale Alemanas	27
1.3.10	Abadía.....	27
1.3.11	Lambic.....	27
1.3.12	Weissbier o cervezas de trigo	27
CAPÍTULO 2: Ingredientes de la Cerveza y la importancia de cada uno ...		28
2.1	Cebada u otros granos y su procesamiento	28
2.1.1	Proceso del malteado de la cebada	29
2.1.2	El malteado	30
2.1.3	Características de las maltas más utilizadas.....	34
2.2	Agua	38
2.3	Levadura.....	41
2.4	Lúpulo.....	45
CAPÍTULO 3: Elaboración general de Cerveza		50
3.1	Esquema de Elaboración.....	50
3.2	Proceso de elaboración detallado.....	51
3.2.1	Molienda y maceración	51
3.2.2	Cocción del mosto.....	58

3.2.3	Fermentación	63
3.2.4	Maduración:	66
3.2.5	Filtrado	67
CAPÍTULO 4: Variables que condicionan la concentración de aromas (Ésteres)		69
4.1	La Levadura: factor determinante en el perfil aromático de las cervezas 69	
4.2	La Temperatura de Fermentación	70
4.3	Azúcares del Mosto	71
4.4	Efecto de la Fuente de Nitrógeno	72
4.5	Oxigenación y ácidos grasos insaturados.....	73
4.6	Presión y Dióxido de Carbono Disuelto	75
PARTE II: DESARROLLO E INVESTIGACIÓN		76
CAPÍTULO 5: Elaboración de cervezas con agregado de frutas		77
5.1	Cálculo de los IBUs de las Cervezas	77
5.1.1	Cerveza con agregados de moras durante el macerado.....	80
5.1.2	Cerveza con agregado de moras durante la fermentación.....	80
5.2	Procesos detallados de las Cervezas propuestas para el trabajo	80
5.2.1	Cerveza estilo Golden con agregado de moras en el macerado...81	
5.2.2	Cerveza estilo Golden con agregado de moras en fermentación..88	
CONCLUSIONES		93

ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO	96
ÍNDICE DE TABLAS	102
ÍNDICE DE GRÁFICOS	103
ÍNDICE DE FIGURAS	104

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi novia por ser compañera y dar siempre motivación para que lograra llegar al fin de esta etapa. A mis padres por el esfuerzo realizado a lo largo de los años de cursado para que pudiese culminar mis estudios. Al Lic. Leonel Zufia profesor asesor a cargo de este trabajo y también a todos los profesores de cada cátedra que por su dedicación lograron hacer crecer las ganas de continuar adelante con la carrera.

RESUMEN

El objetivo del trabajo es estudiar y comparar cervezas ordinarias con cervezas a las que se les añade moras en diferentes etapas de su elaboración, y analizar cómo esto afecta a sus características organolépticas como sabor, olor y aspecto. Se elaboraron dos cervezas del estilo Golden con variaciones en la receta: una con moras añadidas durante el macerado y otra durante la fermentación. Se evaluaron las diferencias en aroma, sabor y persistencia, y se investigó cómo la adición de moras en distintas fases impacta la concentración de compuestos como taninos y antocianinas. El objetivo que se persiguió fue desarrollar cervezas novedosas y con buena aceptación por parte del público que esté interesado en nuevas tendencias, en este caso con adición de frutas. También se analizaron los efectos de las moras sobre el perfil organoléptico y se evaluó si el momento de adición afecta significativamente las características de la cerveza.

Palabras claves

Cervezas, moras, agregadas, etapas, elaboración.

ABSTRACT

The objective of the work is to study and compare ordinary beers with beers to which blackberries are added at different stages of their production, and analyze how this affects their organoleptic characteristics such as flavor, smell and appearance. Two Golden style beers were brewed with variations on the recipe: one with blackberries added during the mash and another during fermentation. Differences in aroma, flavor and persistence were evaluated, and how the addition of blackberries in different phases impacted the concentration of compounds such as tannins and anthocyanins. The objective pursued was to develop innovative beers with good acceptance by the public that is interested in new trends, in this case with the addition of fruits. The effects of blackberries on the organoleptic profile were also analyzed and it was evaluated whether the time of addition significantly affects the characteristics of the beer.

Keywords

Beers, blackberries, added, stages, elaboration.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar, analizar y comparar las cervezas ordinarias con este tipo de cervezas, detectando también si existe efecto en las características organolépticas (sabor, olor y aspecto) en la elaboración particular de ambas. Mediante este estudio, cuyo principal atractivo es aportar conocimientos sobre el momento oportuno para la adición de moras al mosto durante su elaboración, se podrán discernir las diferencias entre unos y otros métodos. Con ello se aportará información detallada al lector acerca de cuál momento de adición le resulta más óptimo dependiendo del estilo de cerveza y del efecto que se desee/persiga a través de la adición de esta fruta.

Se abordará la evaluación de las características organolépticas de cervezas del mismo estilo con diferencias en su receta. Serán elaboradas dos cervezas del mismo estilo (Golden) pero con diferencias en la receta. La principal diferencia radica en la adición de moras en el macerado y adición de moras en fermentación, pero también se manejan otras diferencias como una distinta relación de empaste en el macerado entre una y otra. Se plantea que la adición de moras en tiempos diferentes en la receta tendrá una incidencia considerable sobre las diferentes características de las cervezas en cuanto a aroma (frutado, alcohólico), sabor (cuerpo, detalle afrutado) y persistencia.

Se espera denotar en este trabajo cómo la adición de mora en fermentador puede aportar distintas características organolépticas que la adición en otros tiempos. En especial se cree que la gran diferencia estará dada en la

concentración de compuestos tánicos y antocianinas que aportan las moras. En la cerveza que se le agregarán al macerado se espera que las mismas aporten más cantidad de compuestos derivados de las moras ya que éstas serán calentadas a temperaturas cercanas a los 70°C, por lo tanto pueden crecer las concentraciones de pectinas, taninos solubles en agua y antocianos. En la cerveza con agregado durante la fermentación, los taninos que se disolverán serán los solubles en alcohol, aquí puede radicar una de las principales diferencias, también quizás aporten menos pectinas al no ser calentadas. Son todas hipótesis que se intentarán comprobar en el presente trabajo.

Uno de los objetivos principales será elaborar cervezas que constituyan un producto novedoso, como es la cerveza con agregado de frutas, en éste caso moras. Pero sobre todo lograr un producto con una altísima percepción y aceptación por parte del consumidor. Para ellos detallaremos los pasos a seguir en el proceso de elaboración de las cervezas y las técnicas utilizadas en cada una, así como los parámetros de control a realizar en dicha producción y el análisis de las cervezas terminadas.

Otro objetivo de este estudio es mostrar la incidencia de las moras en cervezas tipo Ale, comparando dos cervezas del estilo Golden pero que cambian en un punto de su elaboración al ser agregadas moras, la primera se le agregarán al momento de la maceración y a la segunda se agregarán durante la fermentación, cuando ya hayan transcurrido tres días de la misma. De esta forma podemos observar claramente la influencia de cada adición, tanto a nivel de características organolépticas como de aspecto visual. Es decir, nos centramos en observar si el resultado de añadir moras a la cerveza en el macerado es

diferente a añadir las a la fermentación o si no se notan diferencias químicas apreciables como también organolépticas.

En definitiva, se pretende determinar el efecto de la difusión del mosto al interactuar con las moras, específicamente en comparación con el efecto para la captura de proteínas suspendidas y la presencia de más o menos pectinas de una u otra, así como la verdadera influencia que tiene sobre las moras para la extracción de polifenoles, que también puede verse influenciado por el momento de adición de las mismas.

PARTE I: MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO 1: Concepto, estilos e historia de la Cerveza

1.1 Conceptos

1.1.1 ¿Qué es la cerveza?

La cerveza es una bebida alcohólica producida por la fermentación de un mosto, el cual su base es agua y contiene los azúcares fermentables que necesitan las levaduras para producir alcohol y CO₂. El azúcar para la solución que se somete a fermentación se obtiene generalmente de cereales malteados. Concretamente, la cerveza común en Occidente se obtiene de cebada malteada y del lúpulo que es usado como aromatizante, agregando también su sabor amargo y acción antimicrobiana dependiendo de la proporción que se use. Aunque la cebada es el cereal que mejor se presta a esta elaboración, también se emplea en algunos países el trigo, arroz o mijo.

1.1.2 Definición según el Código Alimentario Argentino

Artículo 1080 - (Resolución Conjunta SPRyRS N° 63/02 y SAGPyA N° 345/0)

Cerveza

Se entiende exclusivamente por cerveza la bebida resultante de fermentar, mediante levadura cervecera, al mosto de cebada malteada o de extracto de malta, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionado de lúpulo. Una parte de la cebada malteada o de extracto de malta podrá ser reemplazada por adjuntos cerveceros. La cerveza negra podrá ser azucarada. La cerveza podrá ser adicionada de colorantes, saborizantes y aromatizantes.

1.1.3 Diferencias entre cerveza artesanal y cerveza industrial

Partimos de una base que es igual para ambas cervezas, ambas se elaboran con cuatro ingredientes básicos: agua, levadura, lúpulo y malta de cebada u otros cereales.

Si bien no existe una definición clara de cerveza artesanal, los que más saben del tema suelen describirla de formas muy similares:

“Las cervezas artesanales son producidas por una pequeña fábrica de cerveza utilizando métodos e ingredientes tradicionales, sin conservantes y que se comercializa a nivel local” (Homestead Book Co., Seattle, 1986).

“La cervecería debe ser pequeña, con una producción anual de cerveza de menos de 6 millones de barriles. Debe ser independiente y tradicional” (Brewers Association).

“Aquella cerveza que tiene 100% de productos naturales, no admite aditivos ni conservantes y la finalidad de cualquier agregado natural es para dar aroma, sabor y complejidad” (Martin Boan, Director de BA-Malt y del Centro de Cata de Cervezas).

Las diferencias radican en algunos procesos de la elaboración, los cuales se le realizan a la cerveza industrial y que no se le hacen a la cerveza artesanal o es optativo realizarlo. Pero la principal diferencia está dada por la receta que utiliza el maestro cervecero y es él quien puede ir probando diferentes variables para mejorar o cambiar dicha cerveza y así lograr un producto que se adapte a su gusto. Esto principalmente es una posibilidad que se puede dar en las fábricas

de cervezas artesanales porque generalmente se manejan menores volúmenes y la innovación es muy aceptada en este tipo de cervezas, ya que el público es más acotado y busca algo diferente a la cerveza industrializada, que justamente está masificada y se maneja con una receta estándar que utiliza cada gran fabricante. También una gran diferencia es el tiempo que se dispone para la elaboración de cada una. Las cervezas industriales se producen en base a una fórmula básica que busca ingredientes y procesos económicamente viables, para ello se utilizan equipos de grandes dimensiones, que producen cerveza a gran escala en menor tiempo. La cerveza artesanal se le brinda mayor tiempo a la elaboración y detalles específicos para lograr ese toque distintivo que justamente busca causar en el público que la consuma.

El punto más sobresaliente en su comparación refiere a la estandarización, la masividad y la globalidad de los productos industriales de grandes corporaciones. Hoy en día se puede observar en las fábricas de cerveza artesanal avanzadas tecnologías industriales en cocción, macerado, almacenamiento, automatización y refrigeración. En muchos casos tales tecnologías fueron adaptadas para producir en menor escala y mayor variedad con lo cual cambia el formato y configuración de una fábrica respecto a una industrial. De todas maneras la tecnología industrial se utiliza en estas fábricas pero de distinta manera y a mucho menor escala que las grandes fábricas corporativas. El proceso de producción cambia ya que las cervecerías artesanales producen estilos variados y las fábricas poseen una configuración de equipos y de rutinas diferente a las grandes industrias.

1.2 Historia

1.2.1 Orígenes y primeros escritos sobre la cerveza

La cerveza, un pilar de la cultura humana durante milenios, ganó una gran popularidad durante la Revolución Agrícola. En el 7000 a.C., los sumerios en la Baja Mesopotamia registraron la receta escrita más antigua conocida de la cerveza. Esto incluía detalles sobre cómo hacer un pan que llamaban 'bappir', que se empapaba en agua y fermentaba espontáneamente para producir 'kas' o cerveza.

Figura 1

La cerveza tiene su origen en la Mesopotamia



Los fértiles valles de Egipto se utilizaron para construir la primera economía importante y reconocida en torno a la cerveza. Se cree que los trabajadores que construyeron las pirámides recibieron hasta cuatro litros de cerveza al día como salario.

Figura 2:

Cerveza en el antiguo Egipto



Desde Oriente Medio, la cerveza se extiende por los países de la cuenca oriental del Mediterráneo. Los egipcios, recogiendo los métodos sumerios, elaboran una cerveza que bautizan con el nombre de «zythum», descubren la malta y añaden azafrán, miel, jengibre y comino con objeto de proporcionarle aroma y color. Y si entre los romanos y los griegos fue considerada una bebida de gente llana, los pueblos del norte de Europa festejaban con cerveza las fiestas familiares, las solemnidades religiosas y los triunfos sobre sus enemigos. En la Edad Media nacería la «cerevisa monacorum», cerveza de los monjes con denominación de origen, cuyo secreto guardaba celosamente cada fraile boticario. Los monjes lograron mejorar el aspecto, el sabor y el aroma de la bebida. Entre los siglos XIV y XVI surgen las primeras grandes factorías cerveceras, entre las que destacan las de Hamburgo y Zirtau. A finales del siglo XV, el duque de Raviera Guillermo IV promulga la primera ley de pureza de la cerveza alemana, que prescribía el uso exclusivo de malta de cebada, agua, lúpulo y levadura en su fabricación. La auténtica época dorada de la cerveza comienza a finales del siglo XVIII con la incorporación de la máquina de vapor a la industria cervecera y el descubrimiento de la nueva fórmula de producción en frío, y culmina en el último tercio del siglo XIX, con los hallazgos de Pasteur relativos al proceso de fermentación.

1.2.2 La cerveza llega a América

En 1620, la producción de cerveza cruzó el continente americano, y rápidamente surgieron cervecerías en ciudades coloniales, ofreciendo estilos de cerveza similares a los de Inglaterra. Los cerveceros combinaban técnicas europeas con granos del Nuevo Mundo como la malta de cebada, el trigo y el maíz, y a veces sustituían el azúcar por melaza o calabaza.

La cerveza fue introducida en Argentina por inmigrantes europeos. En un principio la bebida era importada del viejo continente. Los datos más antiguos acerca de la cerveza en Argentina, son los aportados por el Historiador “Carlos Domingos Vives” quien argumenta que la primera cervecería nacional, data del año 1738. Su dueño era un inglés llamado Thomas Stuart y la misma estaba ubicada en Buenos Aires en lo que es el barrio de Retiro. El establecimiento se denominaba “La Zervezeria” y según cuenta la historia, el propietario del lugar era contrabandista de distintas mercancías. Así se cree que los sótanos donde se almacenaba la cerveza tenían salidas hacia un barranco en la costa del Río de La Plata para facilitar la salida de productos para llevar sus oscuros negocios.

Empleando insumos importados comenzaron los primeros intentos de producción local. Ya en la segunda mitad del siglo XIX aparecen algunos establecimientos productores de cerveza. La mayoría de ellos ubicados en la Capital. Varios de ellos son aún hoy en día grandes empresas productoras. Emilio Bieckert arriba a Buenos Aires y de inmediato entra como cervecero en el establecimiento "Santa Rosa", de Juan Buheler. Inicia su marca propia en 1860 con notable éxito. En 1889 la empresa es vendida a un consorcio inglés, Bieckert

Brewing Company Limited regresando el fundador original a Niza Francia dos años más tarde donde se radica definitivamente.

En el siglo XX Cervecerías Bieckert tuvo varias dificultades económicas, pasando a ser propiedad de Molinos Rio de la Plata, del grupo vitícola Pulenta, de Cervecería Quilmes y en 2008 finalmente del grupo chileno CiCSA. Otra empresa pionera fue "San Carlos" fundada en Santa Fe en 1884. La emblemática Quilmes fue fundada en 1888 en la mencionada localidad por Otto Bemberg bajo el nombre de "Cervecería Argentina" con el fin de convertirla en una empresa familiar. Luego de un auspicioso desarrollo inicial la empresa es intervenida en 1948 por el Gobierno Nacional junto con otras empresas del Grupo Bemberg que serán recién reintegradas una década más tarde. En 1953 Se lanza la "Quilmes Imperial" cerveza especial con gran aceptación, nombre continúa siendo empleado en la actualidad aunque ya no en la cartera de productos de Quilmes. En 1993 la empresa lanza al mercado Liberty la primera cerveza sin alcohol. Actualmente encuentra asociada con la firma belgo-brasileña AmBev (Brahma-Antarctica). Asimismo produce, y comercializa cervezas, gaseosas, aguas minerales, jugos e isotónicos, en alianza con empresas internacionales líderes como PepsiCo y Nestlé. La Cervecería Palermo fue fundada en 1897 por iniciativa de Ernesto Tornquist. Una década más tarde lanza la marca comercial Palermo que aún continúa vigente. Entre 1918-1948 forma parte del Grupo Bemberg y al igual que lo ocurrido con Quilmes la empresa le es confiscada y restituida más tarde.

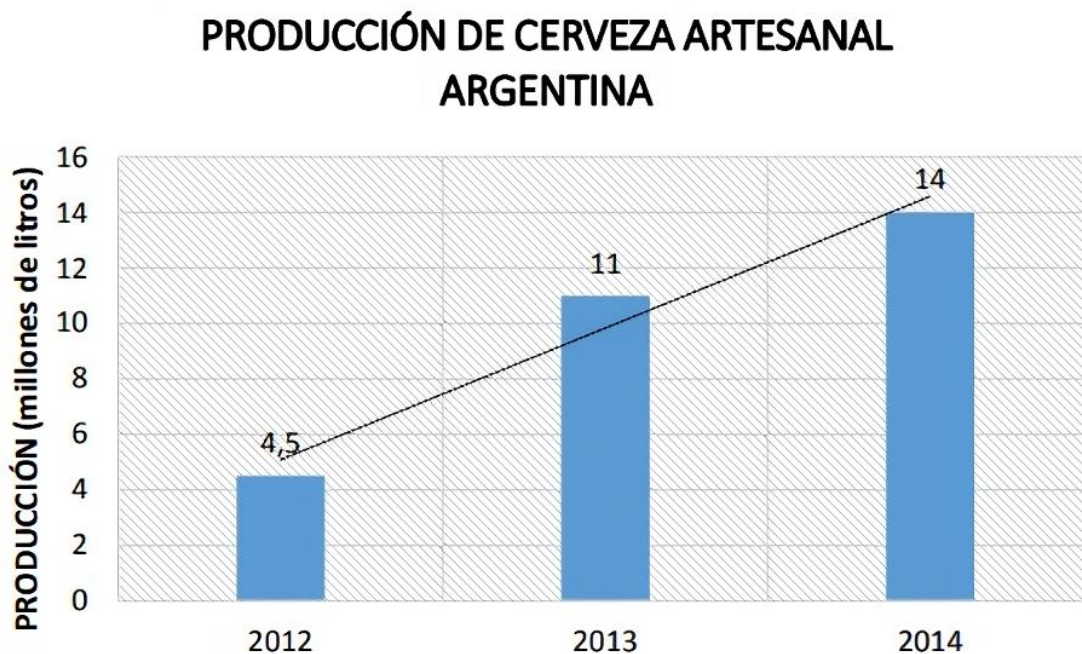
1.2.3 Auge de la cerveza artesanal

La cerveza artesanal Argentina tiene su origen en la década del '80 en la localidad Rionegrina de El Bolsón, zona lupulera muy buena debido a su ubicación en el paralelo 42 ya que el lúpulo solo crece entre las latitudes 35 y 55, donde la duración del día es la adecuada para el correcto crecimiento de esta planta tan delicada.

Si bien no existen datos precisos, se observa un gran crecimiento en los últimos años. En el año 2012, este nicho ocupaba en Argentina un mercado del 0,25% respecto de la cerveza industrial, aproximadamente 4,5 millones de litros anuales repartidos entre aproximadamente 100 productores. En el año 2013 la producción rondaba los 11 millones de litros, es decir un 0,5% del mercado. Según el Centro de Cata de Cerveza, en el 2014 había más de 200 microcervecías en funcionamiento que produjeron aproximadamente 14 millones de litros de cerveza artesanal. Dicho crecimiento se origina principalmente en la búsqueda de nuevos sabores y alternativas, frente a la cerveza industrial, por parte de los consumidores. A su vez, en nuestro país, la bebida está asociada a prácticas sociales y costumbres, es decir que muchas veces el motivo de consumo no radica solo en satisfacer una necesidad, sino en compartir un momento agradable, ya sea en familia o con amigos. Es difícil estimar las cifras exactas debido a la falta de estadísticas oficiales, la dispersión geográfica y el pequeño tamaño de la mayoría de los productores.

Gráfico 1:

Crecimiento de la producción de cerveza artesanal en Argentina



A partir del desarrollo de la elaboración de la bebida en forma artesanal y el surgimiento de pequeñas fábricas y bares expendedores de cerveza artesanal, surgió en nuestro país una especie de fenómeno al que podríamos llamar “turismo cervecero”, y que se manifiesta como como producto turístico, consumiéndose en diferentes regiones argentinas a través de circuitos, visitas guiadas a fábricas, degustaciones, fiestas, festivales y encuentros, entre otras actividades, ampliando así la oferta cultural de muchos destinos asociados con la producción de cerveza.

Se compara el crecimiento de la cerveza artesanal al del crecimiento que vio el vino en la década de los 90 por ciertas similitudes sobre el interés que

muestra el mercado. Al igual que lo mostraba por el vino cuando empezaron a aparecer pequeñas bodegas que ofrecían gran calidad en sus vinos.

“Que la producción suba tres millones de litros en un año es una cifra galopante, son aproximadamente 600 toneladas de malta” (Martin Boan, Director de BA-Malt y del Centro de Cata de Cervezas).

Este crecimiento acelerado y prometedor llevo a que las grandes cervecerías se refieran a los productores artesanales como “productores 1%”, que si bien sigue siendo un segmento muy pequeño dentro del volumen total, demuestra que al menos han logrado acaparar la atención de las grandes corporaciones. Tanto resonó el movimiento alrededor de los nuevos establecimientos artesanales, que según un diario de Mar del Plata, un gigante cervecero se contactó con los dueños de la cervecería Antares en vistas de adquirirla. Sin embargo, no llegaron a ningún acuerdo (Fuente: 10Ahoras). Distinto es el caso de la reconocida cerveza Patagonia, la cual fue comprada por cervecería y maltería Quilmes.

“El paladar del consumidor, cansado de la baja calidad y de una oferta de productos homogéneos, evoluciono en busca de calidad, variedad e identidad. Un cambio que parece que llegó para quedarse” (Martin Boan, Director de BA-Malt y del Centro de Cata de Cervezas).

La producción del sector artesanal suele medirse en litros por mes. Este valor es un promedio ponderado debido a la estacionalidad que el producto presenta. Tomando los 14 millones de litros anuales mencionados para el año

2014, obtenemos una producción mensual de 1.166.667 litros repartidos entre 200 cervecerías y microcervecerías artesanales. Si la capacidad de producción de todos fuera similar estaríamos hablando en promedio entre 5.500 y 6.000 litros cada uno. Sin embargo, existe entre los productores una diferencia muy marcada en cuanto a volúmenes de producción y ventas, estrategias de mercado, comercialización, etc. Por ejemplo entre los grandes del mercado se encuentra: Antares, Otro Mundo con volúmenes cercanos a 300.000 litros, seguidas Barba Roja, The Temple, con producciones significativamente menores pero también en una escala respetable respecto a la industria artesanal. Actualmente algunas cervecerías se han incursionado al comercio exterior, rabieta ha llegado a China, juguetes perdidos en Barcelona y Madrid, etc.

1.3 Estilos de cervezas

Figura 3:

Descripción organoléptica de los distintos tipos de cerveza



1.3.1 Cervezas Lager

Las Lager son cervezas de fermentación más lentas que las ales. Las levaduras actúan en el fondo del fermentador. Son las más populares en Europa occidental, normalmente son cervezas claras, para servirse frías con una alta "tomabilidad". Dentro de las Lager podemos encontrar tres subtipos principales: la Pilsen, la Lager especial y la Lager extra.

1.3.2 Cervezas Lager Pilsen

Son las cervezas más populares en España. Tiene una graduación de alcohol media-baja, rondando el 4%. Son cervezas rubias elaboradas con maltas claras como la Malta Pilsen o la Premium Pilsen. Tienen un ligero aroma a lúpulo con notas suaves y frescas, siendo las Lagers más ligeras.

1.3.3 Lager Especial

Las especial son también cervezas rubias, doradas como las pilsen pero con reflejos más ámbar. Tienen aromas malteados, ligeramente tostados con notas a lúpulo. Son cervezas muy cremosas.

1.3.4 Lager extra

Son las Lager con la graduación de alcohol más alta (entre 6 y 7%). Tienen un color cobrizo, proveniente de la malta tostada. Su aroma es más intenso, con un cuerpo y espuma bastantes fuertes.

1.3.5 Cervezas Ales

Antes de las Lagers, fueron durante siglos el tipo de cerveza más popular. Son de fermentación alta, las levaduras quedan en la superficie del líquido en el fermentador y la temperatura óptima de fermentación es entre 12,2° a 24,5° y se

completa en un promedio de 5-7 días. Suelen tener una graduación más alta y sabores más intensos. Para su elaboración se usan principalmente levaduras tipo *Saccharomyces cerevisiae* como la Safale US-05 y la Safale S-04, fermentando rápidamente a temperaturas entre 15 y 25°.

1.3.6 Pale Ale

Las cervezas Pale Ale son uno de los tipos de cerveza más de moda actualmente. Son las cervezas Ale más pálidas (de ahí su nombre). No obstante, son cervezas muy lupuladas y de intenso sabor (algunas pueden llegar a ser bastante amargas). Dentro de las Pale Ale, se encuentran también las conocidas IPA (India Pale Ale), que tienen origen británico.

1.3.7 Cervezas negras

En las denominadas cervezas negras podemos encontrar dos subtipos principales:

- Cervezas Stout: cervezas muy oscuras hechas con malta tostada.
- Cervezas Porter: suelen ser muy cremosas y pueden tener matices a chocolate o café. De tradición británica surgida a principios del siglo XVIII

1.3.8 Ales belgas

Son las cervezas originarias de Bélgica. Las dos más conocidas son la Ales belgas trapenses y las Saison belgas.

- Trapenses: cerveza originariamente producida en los monasterios trapenses de Bélgica. Son cervezas Ale de carácter fuerte con una segunda fermentación en botella. Son cervezas afrutadas, con colores

que oscilan entre el bronce y el marrón oscuro. La graduación de este tipo de cerveza es bastante alta (entre 6 y 8°).

- Saison belgas: la comúnmente conocida como la cerveza del verano. De sabor fresco y afrutado.

1.3.9 Ale Alemanas

Perdieron bastante popularidad al aparecer las Lager. No obstante, siguen quedando algunos tipos con bastantes adeptos. Una de las más conocidas es la Kölsch, un tipo de cerveza Ale de color pálido con la particularidad de madurar en frío. Cervezas suaves y afrutadas con una graduación alcohólica de 6°.

1.3.10 Abadía

Una cerveza de color bronceado con una espuma ligeramente tostada y con mucha persistencia. Un aroma afrutado con notas a caramelo. Este tipo suele tener una graduación alrededor de los 6° y en boca se presenta muy sabrosa y seca.

1.3.11 Lambic

Englobado dentro de las cervezas ácidas y muy popular y tradicional en Bélgica, concretamente en el valle del Senne. Dentro de esta categoría de cervezas ácidas, o Sour Ales, también podemos encontrar otros como el Berliner Weisse, Gueuze o las Fruit Lambic entre otros.

1.3.12 Weissbier o cervezas de trigo

De gran tradición alemana y con gran presencia también en Bélgica con sus clásicas Witbier, como la muy conocida cerveza Hoegaarden.

CAPÍTULO 2: Ingredientes de la Cerveza y la importancia de

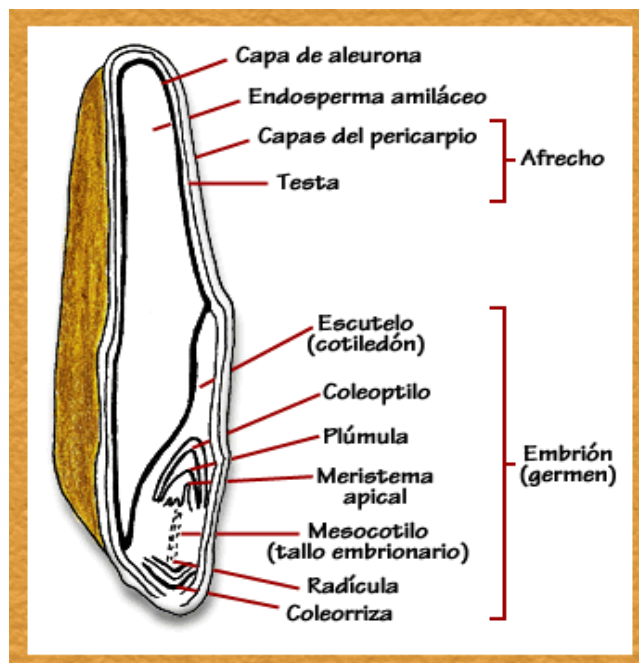
cada uno

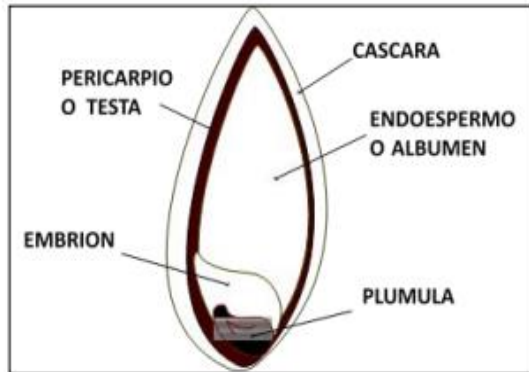
2.1 Cebada u otros granos y su procesamiento

El grano de cebada está compuesto por un 3,5% de germen, un 18% de pericarpio y un 78,5% de endospermo (incluyendo la aleurona).

Figura 4:

Botánica del grano de la cebada (Hordeum Vulgare)



*Figura 5:**Partes del grano de la cebada*

2.1.1 Proceso del malteado de la cebada

*Figura 6:**Esquema del proceso del malteado*

La malta se obtiene al germinar parcialmente y secar los granos de cereales. La cebada malteada es por excelencia el cereal empleado entre otras razones debido a que contiene gran cantidad de hidratos de carbono

Durante el malteado se activan las enzimas que degradan el almidón en azúcares simples y que serán el sustrato de las levaduras en la fermentación generando mayoritariamente dióxido de carbono y alcohol (Bamforth, 2008). Actualmente pueden maltearse en volúmenes muy elevados de cebada.

2.1.2 El malteado

1. Limpieza del grano: consiste en remover cascara, polvo, pajas, palos, etc. (provenientes de la cosecha del grano). Remover piedras, trozos metálicos y quitar semillas extrañas que no sean de cebada.
 2. Hidratación del grano: el agua ingresa a través del micrópilo y se distribuye en el endospermo amiláceo. Posteriormente, el embrión se reactiva y produce hormonas (giberelinas) que migran a la zona aleuronífera estimulando la biosíntesis de enzimas (Hough, 2011). Algunas de ellas se encargan de degradar las paredes celulares ricas en hemicelulosas denominadas β -1,3-1,4-glucanos. La fragmentación de estos compuestos es importante para evitar turbidez en la cerveza (Bamforth, 2008). Otras enzimas poseen actividades proteolíticas y generan N soluble. Por último de vital importancia para la producción de cerveza son las enzimas amilolíticas y citinas que disgregan el grano de la cebada. pH 5 y temperatura de 40 – 50°C. El proceso total del malteado puede llevar entre 50 y 55 horas.
- 2.1. Cubas remojadoras: la idea es llevar la humedad de la cebada del 12% al 32% en un breve tiempo (máximo 16 horas). Este proceso se realiza en tanques abiertos donde se los rocía con agua desde la parte superior. Se efectúa con agua de cal diluida que favorece la acción disolvente y

detersiva. El primer tacho que se remoja con agua de cal no tiene aireadores, los posteriores ya cuentan en el fondo de los mismos con dispositivos de inyección del aire (esto evita la formación de alcoholes ácidos en lugar de CO₂ que maten el germen).

Figura 7:

Remojado del grano de la cebada



- 2.2. Flat Bottom: en la segunda parte del remojo, se busca llevar la humedad de la cebada a un 45%, este proceso es más largo y puede llevar un día entero.
3. La germinación: la temperatura ideal para la germinación está entre 15,6 y 21°C y dura aproximadamente entre 5 y 7 días. Ésta se puede dividir en dos partes: una de crecimiento en la que predominan fenómenos fisiológicos con aireación abundante y la otra de reposo en la cual se dan más procesos químicos y es una etapa de poca aireación, todo el proceso se reduce a la regulación de la ventilación, temperatura y humedad. Su función consiste en producir y aumentar las enzimas y desintegrar con ellas las sustancias del

grano. La desintegración debe ser la adecuada, no la máxima posible porque ésta puede traer grandes problemas. La germinación se maneja de manera distinta. El proceso de germinación es donde se producen la mayoría de las transformaciones biológicas, la más importante es la transformación del almidón en maltosa debido a las enzimas amilasas y citasas. Ésta progresa provocando la elongación de la plúmula o pequeño brote y la aparición de las raicillas. En la industria no es deseable que el brote tenga un desarrollo excesivo; de lo contrario parte de los azúcares se consumirán reduciendo el rendimiento. Por esta razón que cuando la plúmula crece $\frac{3}{4}$ del largo del grano la germinación es detenida por secado (Hough, 2011). El proceso de germinación dura aproximadamente 4 días, para acelerar el proceso se suele agregar una hormona natural (ácido giberélico). También es importante entender que en este proceso se debe mantener la humedad de la cebada siempre alta; para ello se le tira aire frío y húmedo.

Figura 8:

Brote o plúmula del grano de cebada



Figura 9:

Etapa de reposo germinación



4. Secado al horno: para no inactivar las enzimas formadas por acción del calor, se inicia en una temperatura relativamente baja (ej. 50 °C) hasta eliminar aproximadamente la mitad del agua. Dependiendo de la temperatura y del tiempo de secado se obtienen distintas maltas. Las mismas son clasificadas en dos grandes grupos: maltas base o maltas especiales. Las maltas base son irremplazables en la elaboración de cerveza (Papazian, 1991). Las mismas se secan a temperaturas que van de los 40 a 60 °C lo que permite que las enzimas puedan reactivarse en la etapa de maceración. Es decir son maltas ricas en enzimas capaces de degradar el almidón. Si bien existe amplia variedad de maltas base, las más utilizadas son la Pilsen, la Múnich y la Viena.

Las maltas especiales son utilizadas para dotar a las cervezas de colores específicos (amarillo, rojo, marrón), sabores y aromas (sabores a pan, malta, chocolate, tostado, café, etc.) no realizando en general aporte muy marcado

de enzimas diastásicas. Este tipo de maltas se secan a temperaturas superiores (100 - 110°C) y se mantiene así por 5 a 6 horas, lo que favorece reacciones de caramelización y tostado, la formación de pigmentos llamados melanoidinas y la síntesis de sustancias aromáticas (ej. maltol). Las maltas especiales más utilizadas son la malta caramelo (característico de la cerveza roja), la malta chocolate, y la malta negra (características de cervezas negras).

Figura 10:

Diferentes tonalidades de la malta de acuerdo a su tostado



2.1.3 Características de las maltas más utilizadas

1. Maltas base

Las maltas base se suelen almacenar entre 4 y 6 semanas antes de su uso. Por razones desconocidas, sus propiedades para la elaboración de la cerveza a menudo mejoran. Contrariamente, las maltas especiales deben ser utilizadas a

la brevedad ya que durante el almacenamiento sus aromas declinan (Bamforth, 2008).

1.1. Pilsen: secada a temperaturas de 50°C, color pálido y sabor a malta pronunciado. Forma parte de la mayoría de las recetas. Rendimiento en Extracto (sobre sustancia seca): 80-83%

Es la malta más pálida que se fabrica. Los mostos que producen son de color pajizo, amarillo pálido. Es el tipo que tiene una mayor potencia enzimática y por ello se puede usar en mayor o menor proporción, en todas las recetas. En las cervezas más claras es el ingrediente casi exclusivo. El tostado de las versiones más claras de este tipo (p. ej. las Pilsen light) no eliminan por completo los precursores de DMS, un compuesto cuyo aroma está considerado como aceptable a niveles bajos en algunos estilos, como en la Pilsen alemana. Algunos malteros denominan a las maltas de este grupo en el lado más alto del rango, 4-5 EBC (EBC son las siglas en inglés de la European Brewing Convention, una asociación europea que define estándares para la elaboración de la cerveza. Entre otras cosas, han creado una escala para medir el color de la malta y la cerveza “unidades EBC”), como Pale, (pálida, en inglés).

1.2. Múnich: se produce a mayor temperatura de secado que la Pilsen o Pale, proporciona cuerpo y maltosidad. Descrita como dulce y suave, el color puede ir de dorado hacia ámbar. Rendimiento en Extracto (sobre sustancia seca): 79-82%

A medio camino entre las maltas base y las maltas aromáticas o melanoidinas. Este grupo abarca un rango de color amplio. Las versiones más claras (Múnich I, Múnich light, Múnich 15...) se pueden usar en alta proporción en la receta porque conservan gran parte de su poder enzimático, mientras que las versiones más oscuras (Múnich III, Múnich dark...) este poder de sacarificación se ve mermado ya que en su tostado se alcanzan temperaturas entre los 100 y 105°C, por lo que habría que combinarlas con otras maltas base más claras. Según John Mallet, autor del libro "Malt, a practical guide from field to brewhouse" (Brewers Assotiation) "El olor de la malta Múnich es el que nos viene a la mente cuando hablamos del carácter maltoso como atributo de la cerveza"

- 1.3. Viena: producida de similar manera que la malta Múnich y presenta aplicaciones similares. Es más clara y aporta un efecto dorado a naranja. Rendimiento en Extracto (sobre sustancia seca): 80-82%

Este tipo de malta está sometido a un tostado más prolongado que las Pale Ale, lo que les hace evolucionar a un color más dorado o anaranjado suave y a un perfil aromático con ligeros toques a tostado y frutos secos. A pesar de su aroma más intenso, este no llega a ser pesado incluso usándose al 100% en la receta. Es la malta típica de las Marzen Beer.

2. *Maltas especiales*

- 2.1. Caramelo: estas maltas aportan cuerpo y una amplia gama de colores y sabores que varían según la temperatura de caramelizado. No poseen

actividad enzimática porque el grano está malteado en un proceso especial: se hornea en alta humedad y a temperaturas de sacarificación para provocar formación de azúcar dentro del mismo grano, luego el grano se seca para solidificar su contenido, y posteriormente se seca otra vez, ya a temperatura objetivo que depende de las características que se buscan. Cuanto más oscuro es el color, más baja es la extractabilidad de la malta y el pH del mosto. Maltas caramelizadas aportan a la cerveza un color más oscuro, dulzura, y notas de malta y caramelo/toffee. Mejoran la plenitud de sabor y la espuma, mejorando su formación y retención.

2.2. Malta chocolate: cebada malteada que ha sido horneada a alta temperatura. Aporta sabores tostados, chocolatosos y no tan marcados como la malta tostada negra.

2.3. Malta negra (también llamada "Black Paten"): cebada malteada que ha sido horneada a alta temperatura, aporta un amargor seco. También aromas de caramelo, café, nueces, y en cantidades grandes, utilizadas incorrectamente, pueden aportar aromas de quemado. Con el color sube la intensidad de esos sabores, y las maltas tostadas más oscuras también pueden aportar amargor y astringencia. Estas maltas son inactivas enzimáticamente. Muchos cerveceros la usan para la coloración de la cerveza.

3. *Maltas de otros cereales*

3.1. Maltas de trigo y centeno: cuando hablamos de malta, si no se especifica se da por hecho que nos referimos a malta de cebada. Pero se pueden maltear otros cereales, como el trigo y el centeno, dando lugar a malta

de trigo o malta de centeno. Las versiones más pálidas de estas maltas conservan el potencial enzimático, por lo que podrían funcionar como base, aunque se suelen usar junto con malta de cebada. Su distinta composición química, principalmente por el tipo de proteínas que contienen, hacen que el aspecto y perfil aromático de las cervezas que producen, sea más afrutado y especiado. Tanto el trigo como el centeno son cereales que no tienen cascarilla, por lo que la filtración se hace más complicada. En algunos casos se añaden cascarillas de arroz para facilitarla.

3.2. Malta de avena: Aumenta la turbidez y produce la sensación de plenitud en la boca. Aporta sabor a avena, pero no necesariamente si la utilizamos en cantidades pequeñas (menos de 10%).

2.2 Agua

- Compone más del 90% de una cerveza promedio.
- El grano se mezcla con agua a la temperatura adecuada para activar enzimas en la cebada y descomponer largas cadenas de azúcares en azúcares simples fermentables para comenzar el proceso de elaboración.
- El tipo de agua y su contenido mineral natural afecta el sabor de la cerveza, de ahí los estilos de cerveza específicos de cada lugar, como las pilsens en la República Checa y las ales en el Reino Unido.

*Tabla 1:**Concentraciones de iones del agua deseados para la elaboración de cerveza*

IONES	CONCENTRACIONES IDEALES
Magnesio (Mg^{++})	0 – 30 ppm
Calcio (Ca^{++})	50 – 150 ppm
Sulfato (SO_4^{--})	50 – 150 ppm
Sodio (Na^+)	+ 200 ppm
Cloro (Cl^-)	+ 300 ppm

Generalmente se busca un pH entre 5.2 y 5.5 para la elaboración de cerveza. En caso de ser necesario, se ajusta el pH. Se puede realizar una remineralización si el agua es demasiado suave, se puede agregar sales minerales para lograr un perfil adecuado de minerales.

Cuantitativamente, el agua es la materia prima usada en mayor proporción (De Clerck ,1957). Por lo tanto, es esperable que sus propiedades influyan ampliamente en la calidad del producto. Muchos estilos famosos de cerveza deben buena parte de sus características a la composición del agua. La ciudad de Burton-on-Trent en el centro de Inglaterra posee aguas muy duras ricas en sulfato de cálcico y es famosa por las cervezas pale ales. Múnich con aguas blandas es reconocida por las lagers oscuras mientras que Dublín con agua blanda y con muy poco sulfato también por sus Stouts (Jackson, 1994). Se habla de aguas duras si tienen concentraciones de estos iones (a veces reportados como ppm de $CaCO_3$) superiores a 50 ppm y muy duras para concentraciones

superiores a 150 ppm. Aguas con concentraciones inferiores a 50 ppm se llaman aguas blandas. Las aguas duras son mejores para la elaboración de algunos tipos de cerveza dado que favorecen la bajada del pH. Además, una correcta concentración de cationes de Ca y de Mg reducen el nivel de turbidez de la cerveza y potencian la actividad de la levadura.

El CaSO_4 es muy importante. Posee entre otros un efecto reductor del pH que puede favorecer la proteólisis y la sacarificación durante la maceración. Las condiciones ácidas reducen también el color del mosto, la utilización del lúpulo y reducen la astringencia (Ros, 1980). Por otra parte el calcio posee otros efectos deseables como la formación de turbios luego de la cocción y la floculación de la levadura finalizada la fermentación no afectando el sabor en forma significativa.

El Mg provoca un mayor aumento del pH en los mostos y una alcalinidad muy elevada puede llegar a impedir la sacarificación, pero es necesario como cofactor para muchas enzimas de la levadura (Ej. piruvato descarboxilasa enzima crucial en la síntesis de etanol). Algunos otros efectos del Mg se parecen a los del calcio pero son menos marcados. Las concentraciones elevadas de iones de magnesio son inusuales pero en tal caso pueden impartir sabor amargo y tener efecto laxante. El límite superior de iones de magnesio propuesto es del orden de 30 mg/L. Los iones de sodio pueden impartir sabor salado por encima de 150 mg/L. El agregado de NaCl puede emplearse en niveles apropiados (75-150 mg/L) para mejorar el cuerpo. Se ha sugerido que la concentración de iones bicarbonato en el licor de infusión no debe exceder de 50 mg/L. El cobre cataliza la oxidación favoreciendo la inestabilidad del sabor y turbidez, sus niveles deben

ubicarse por debajo de $< 0,1$ mg/L. El agua con alta concentración de hierro es también indeseable porque puede depositar óxidos hidratados color rojo-marrón y conferir colores oscuros por interacción con sustancias fenólicas de la malta y el lúpulo. Asimismo puede transmitir gusto metálico. El sulfato es el principal contra-ión del calcio en el agua con dureza permanente. Aporta sabor amargo y sensación de sequedad. Las concentraciones de sulfato aceptables se ubican en el rango 10-250 mg/L. El cloruro contribuye al carácter suave de cerveza. Una concentración máxima razonable es de 150 mg/L (Kunse, 2006). La relación cloruro/sulfato ayuda a regular la solución salina / carácter amargo de la cerveza.

Los carbonatos en exceso son perjudiciales en el agua de cocción y llegan a retrasar el proceso fermentativo, tiene efecto negativo sobre la acción de la diastasa y la cerveza tiene una estabilidad menor. También solubilizan una gran cantidad de taninos de la cáscara de la malta y de los residuos del lúpulo por lo tanto le comunica un sabor áspero y desagradable.

2.3 Levadura

Figura 11:

Inoculación de la levadura seca



Figura 12:

Observación microscópica de la levadura



- Un hongo unicelular que consume los azúcares del proceso de elaboración y los convierte en alcohol y dióxido de carbono.
- Tradicionalmente, las levaduras de elaboración se dividen en dos categorías principales: ale y lager.
- Las levaduras de ale producen sabores afrutados (ésteres) y fenólicos, y tienden a fermentar en la parte superior, es decir, la levadura fermenta a una temperatura más cálida y sube a la parte superior del mosto.
- La levadura de lager fermenta en la parte inferior a una temperatura mucho más baja durante períodos de fermentación más largos, lo que proporciona un acabado más nítido y limpio.
- La fermentación espontánea o el uso de levaduras salvajes crean sabores y aromas peculiares, afrutados y rústicos, pero tienen perfiles de fermentación menos consistentes en comparación con las levaduras de lager y ale.

Tabla 2:*Cuadro comparativo entre levaduras Ale y Lager*

ALE (<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>)	LAGER (<i>Saccharomyces Uvarum</i>)
Fermentación alta	Fermentación baja
Flóculos de levadura de baja densidad	Flóculos de levadura de mayor densidad
T° Fermentación = 12,2° – 24,5 °C	T° Fermentación = 9 - 11 °C
5-7 días de fermentación	8-10 días de fermentación

Las levaduras son hongos unicelulares con variadas formas tamaños y colores. Representan un grupo muy heterogéneo, existiendo más de 1.500 especies. Se emplean en diversas disciplinas en la obtención de alimentos fermentados, en la obtención de ingredientes alimentarios, y como bio-fábricas en la producción de enzimas, hormonas y vacunas. También se utilizan en la investigación básica en múltiples disciplinas biológicas y en la agricultura en el control biológico de enfermedades (Madigan et al., 2003).

Más de 300 especies de levaduras son fermentativas pero en la elaboración de productos alcohólicos predominan las especies del género *Saccharomyces*. Esto se debe a que las mismas presentan alta capacidad de producción de alcohol y por otra parte toleran elevadas concentraciones de dicho compuesto.

Dentro de la misma especie existen cepas con diferente tolerancia al alcohol. Mientras mayor es la tolerancia, morirán menos células en la medida

que progrese la fermentación y podrán conseguirse cervezas con mayor grado alcohólico (Brown et al., 1989).

Las levaduras del género *Saccharomyces* se encuentran presentes de forma natural en las frutas y cereales, uno de sus hábitats naturales es la corteza de los árboles. Las levaduras de la cerveza se dividen en dos grandes grupos las de fermentación superficial o “ale” (*Saccharomyces cerevisiae*, Meyen ex EC Hansen) y de fondo o “lager” referidas como *S. pastorianus* o *S. carlsbergensis*. *Saccharomyces pastorianus* se cree que se originó a partir de un evento de hibridación natural que ocurrió entre una cepa de *S. cerevisiae* y probablemente una cepa de *S. bayanus* que aportó la habilidad para fermentar a baja temperatura (Bourdchon et al., 2012). *Saccharomyces cerevisiae* es además el agente responsable de la fermentación del vino, pan, cerveza, cerveza Weiss y sake.

Las levaduras son organismos anaeróbicos facultativos, es decir, pueden desarrollar sus funciones biológicas con o sin oxígeno. La fermentación alcohólica es un proceso anaeróbico en el que los hidratos de carbono son metabolizados para obtener como productos finales etanol ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$), dióxido de carbono (CO_2) y ATP. Este proceso es exotérmico por lo que ocurre con una importante liberación de calor; más allá de estos productos el metabolismo de las levaduras da lugar a la formación de numerosos metabolitos de importancia en el sabor y aroma de la cerveza (Jackson, 1998). La producción de los mismos puede afectarse marcadamente por las condiciones en las que se lleva a cabo la fermentación, así por ejemplo la levadura generará más ésteres

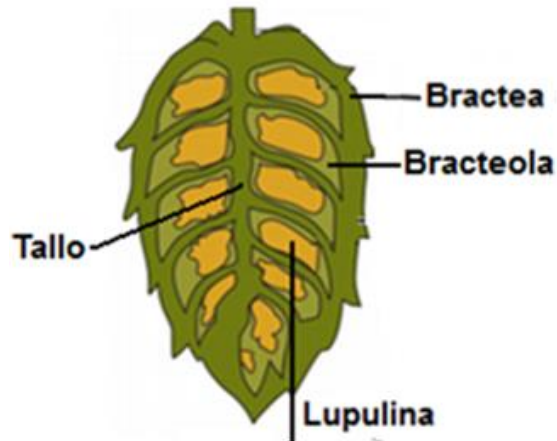
(sabor a banana) si se desarrolla cerca del límite superior de temperaturas y más fenoles (sabor a clavo) en el al límite inferior. Los dos principales grupos de nutrientes que afectan a la levadura de cerveza son los hidratos de carbono y los compuestos nitrogenados (Branyik et al., 2008). Las cepas empleadas en la elaboración de la cerveza pueden utilizar diversos hidratos de carbono (glucosa, sacarosa, fructosa, maltosa, galactosa, rafinosa y maltotriosa), una característica que distingue cepas ale de lager es su capacidad de estas últimas para fermentar la melibiosa. La captación de azúcar por parte de las levaduras se inicia comúnmente con la hidrólisis de sacarosa presente a azúcares simples, aumentando la concentración de glucosa y fructosa.

2.4 Lúpulo

Figura 13:

Planta de lúpulo con sus inflorescencias a la vista



*Figura 14:**Botánica de la inflorescencia del lúpulo*

- El lúpulo es una planta parecida a una vid originaria de muchas regiones del mundo.
- Las plantas femeninas producen pequeños conos de lúpulo con lupulina, que contiene ácidos de lúpulo y aceites esenciales que aportan aroma, equilibran el sabor de la cerveza con amargura y actúan como conservante natural.
- Dependiendo de cuándo se utilice el lúpulo en el proceso de elaboración, puede aportar sabor y amargura para el gusto o proporcionar aromas únicos en el producto terminado.

El lúpulo (*Humulus lupulus* L) es una especie de la familia de las Canabináceas. Es una planta que se propaga vegetativamente, es trepadora perenne y su parte aérea muere en otoño. (Papazian, 1991).

Figura 15:

Plantación del lúpulo



El lúpulo en un principio fue agregado como ingrediente a la cerveza por su contribución al sabor y aroma, este aporte está dado por las resinas y aceites esenciales que se encuentran en las glándulas de lupulina de las inflorescencias femeninas. Las resinas incluyen principalmente a los denominados alfa-ácidos cuyo contenido puede variar considerablemente entre 2 y 16% (Meilgaard y Peppard, 1986). Más allá de la dependencia genética, la concentración de alfa-ácidos se ve afectada por las condiciones edáficas de la región productiva. Los aromas, son debidos a los aceites esenciales (Benítez et al., 1997). Existen lúpulos que aportan solo amargor, otros más importantes por su contribución al aroma y algunas variedades se emplean con ambos propósitos.

La mejor herramienta para decidir el momento de la cosecha del lúpulo es el olfato. Abrir una flor por la mitad, frotarla fuerte entre las dos manos y olerla. Al principio los conos olerán a hierba fresca, pero gradualmente este olor irá

disminuyendo y aparecerán otros olores más intensos y particulares. A partir de entonces se debe estar atento y comprobar el olor casi diariamente. Los olores irán aumentando, pero si el color verde de las flores empieza a amarillear ligeramente, quiere decir que ya es el momento de cosechar y en el caso de que en el interior huelen a ajo, significa que ya es demasiado tarde.

Durante el secado del lúpulo, es esencial mantener una temperatura y humedad adecuadas. La temperatura típica de secado oscila entre 50°C y 60°C, aunque puede variar según las variedades de lúpulo y las preferencias del productor. La humedad relativa se controla para evitar la condensación y la proliferación de microorganismos no deseados.

Una vez finalizado el proceso de secado, es fundamental verificar la humedad residual del lúpulo. Se utilizan métodos como el pesaje y análisis de muestras para asegurarse de que la humedad se encuentre dentro de los rangos adecuados, generalmente alrededor del 8-10%. El lúpulo demasiado húmedo podría deteriorarse, mientras que el lúpulo demasiado seco podría perder sus aceites esenciales y su capacidad de preservación.

El proceso de secado del lúpulo es una etapa esencial en su producción y conservación. Ya sea mediante secado al aire libre o mecánico, mantener una temperatura y humedad adecuadas garantiza que el lúpulo conserve sus propiedades aromáticas y amargas. La correcta ejecución de este proceso contribuye a la calidad de la cerveza y permite a los cerveceros contar con lúpulo de alta calidad en cualquier momento del año. Comúnmente el lúpulo para la elaboración de cerveza se comercializa en pellets.

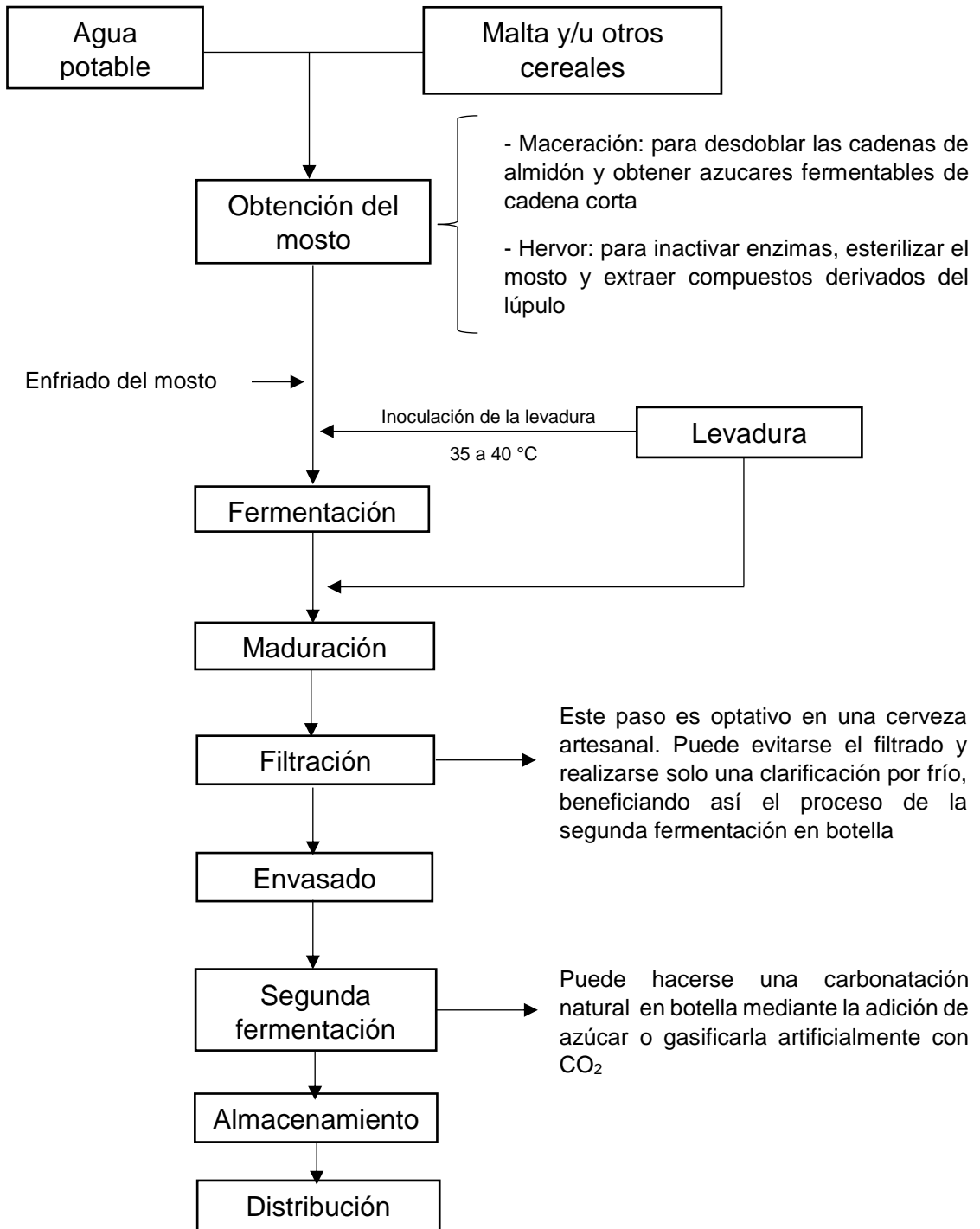
Figura 16:

Inflorescencias de lúpulo fresco y pellets de lúpulo



CAPÍTULO 3: Elaboración general de Cerveza

3.1 Esquema de Elaboración



3.2 Proceso de elaboración detallado

3.2.1 Molienda y maceración

La molienda procura romper el grano malteado de manera tal que el endospermo amiláceo posteriormente pueda hidratarse. Es importante que la molienda no sea excesiva ni tampoco queden granos enteros. Cualquiera de los dos extremos complicará la elaboración, en el primer caso por generar mucha harina perjudicando el filtrado. En el otro extremo, el agua no podrá ingresar al grano y por ende la extracción de azúcares será incompleta (Jackson, 1994). . La malta molida es posteriormente macerada; El macerado tiene por finalidad disolver en el agua los materiales de la cebada, ya disgregados en la malta y así crear un mosto rico en azúcares fermentables para las levaduras. Una de las técnicas más comunes es la infusión, para ello se coloca agua a la malta en una relación alrededor de 3 a 1 a 60-72 °C. Los azúcares extraídos aumentan rápidamente al principio y en una hora se obtiene la mayor parte del extracto, aunque la mayor extracción se obtiene luego de 1,5 a 2 horas.

Figura 17:

Empaste o macerado, momento en que el grano entra en contacto con el agua



"Las proteasas con una temperatura ideal de trabajo de 35°C a 45°C rompen la matriz proteica que retiene los gránulos de almidón. Las glucanasas tienen una temperatura óptima de 45°C a 55°C y descomponen las gomas de hemicelulosa, mientras que las amilasas hidrolizan los gránulos de almidón y funcionan mejor a temperaturas de 61°C a 67°C". (La guía Oxford de la cerveza).

El proceso de maceración requiere diferentes temperaturas de maceración porque cada tipo de enzima presente en el mosto funciona a diferentes grados de calor. Cada uno de estos rangos de temperatura es ideal para descomponer los distintos componentes de la malta. No obstante no todo maestro cervecero o malterías industriales lo realizan así de forma escalonada, es posible completar el macerado con una sola etapa, en la que la temperatura se mantiene constante durante todo el macerado. Este es el método más sencillo, utilizado tanto por las cervecerías comerciales como por las artesanales.

Aquellos que utilizan la maceración escalonada en la elaboración de la cerveza, se comienza a una temperatura baja y aumenta por etapas, con el mosto en reposo a una determinada temperatura durante un período específico antes de aumentar a la siguiente temperatura. Cada temperatura tiene un objetivo muy específico dentro de esta etapa, por lo que la respuesta a la pregunta anterior dependerá de la cerveza que esté buscando. Hacer varios escalones a bajas temperaturas (35°C, 45°C, 55°C) activa enzimas desramificadoras y proteínas que beneficiarán los procesos próximos. Las enzimas que actúan a ese rango de temperatura se conocen como proteasas y centran su actividad en las proteínas del mosto.

La maceración puede realizarse en forma isotérmica (a una temperatura fija) o bien con escalonamiento de temperatura (normalmente se comienza a temperaturas más bajas para luego ir aumentándola hasta 75 °C en el lavado del grano). De este modo se procura mantener la mezcla a las temperaturas óptimas que ocurren las reacciones que se desea favorecer (degradación de almidón, proteínas, hemicelulosas) (Papazian, 1991). La proteólisis favorece el desarrollo de color durante la posterior cocción y mejora además la utilización del lúpulo, dado que es más rápida a temperaturas menores de 65 °C, en algunas maceraciones se incubaba inicialmente a baja temperatura. Las maceraciones con temperaturas bajas iniciales también favorecen la degradación de los β -glucanos que dan turbidez a la cerveza (Palmer, 1995).

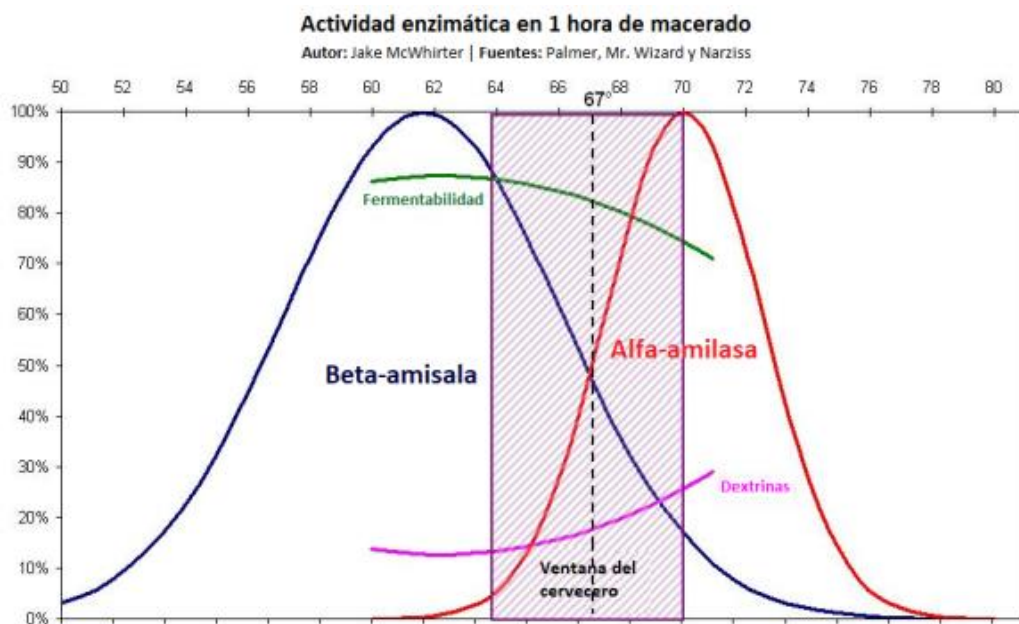
Las enzimas amilasas necesitan de un cofactor para su funcionamiento y poder cumplir su función biológica de degradar los azúcares. Este cofactor de tipo inorgánico es el catión calcio y/o el anión cloruro. Existen dos tipos dentro de éstas que van a conducir casi todos los procesos que se lleven a cabo en el macerado y son:

- *Alfa-amilasas*: trabaja cómodamente a rangos de temperatura más altos que la beta-amilasas y convierte el almidón en dextrinas. Estas dextrinas son cadenas largas de azúcares que pueden ser no digeribles por las levaduras. Un mosto “dextrinoso” es un mosto macerado en un rango de temperatura alto, cercano a los 70°C y que teóricamente va a resultar en una cerveza con un dulzor residual y con cuerpo dado por estos azúcares complejos.

- *Beta-amilasas*: trabaja a menor rango de temperatura que las alfa-amilasas, desde 60 a 65°C y degrada parte del almidón y de las dextrinas que ha fabricado las alfa-amilasas en azúcares sencillos como la maltosa, fácilmente fermentable por la levadura. Es favorecida por empastes ligeros. Se desactiva alrededor de los 70°C. En rangos generales, cuanto más baja sea la temperatura del macerado, más fermentable será el mosto y la cerveza resultante más seca.

Gráfico 2:

Rango de actividad de las enzimas presentes en el mosto durante la maceración



Existen cuatro variables que condicionan la actividad de las enzimas y por lo tanto influyen en el resultado final cuando se obtiene la cerveza, éstas son:

1. *El tiempo de macerado*: dando el suficiente tiempo para que las enzimas trabajen se conseguirán rendimientos mayores en el mosto y mayor cantidad de azúcares fermentables, pero no es viable para algunos

productores hacer macerados de 4-5 horas por temas económicos. También un macerado largo en exceso condicionará la generación y duración de espuma en el servido. Se dice que luego de los 60 minutos de macerado la actividad de las enzimas comienza a ralentizarse, pero esto no quiere decir que se detenga. Para determinar la sacarificación obtenida existe un método muy simple que es la prueba del iodo; que consiste en tomar una parte de mosto y agregarle iodo si su coloración es naranja ya hemos extraído los azúcares necesarios para la posterior fermentación. Éste ensayo nos va a dar una idea sobre si ya ha transcurrido el tiempo necesario para obtener un buen macerado o si conviene estirarlo.

2. *Temperatura de macerado*: como ya hemos visto una temperatura demasiado alta inactivará o destruirá las enzimas y una temperatura demasiado baja no conseguirá activarlas, al menos por completo. No existe un consenso al 100% de la temperatura a utilizar en el macerado. Si bien el rango del “escalón de sacarificación” normalmente va de 65 a 71°C, ya va a depender la temperatura elegida va a depender del estilo de cerveza que se quiera elaborar. Se debe prever la temperatura inicial del agua al momento del comienzo del empaste, hay que tener en cuenta que algunos grados va a bajar cuando introducimos la malta, también esta temperatura nos va a definir que enzima es la que actuará durante el macerado, ya que si arrancamos con una temperatura de comienzo de 71°C se desnaturalizarán las beta-amilasas por lo que ya no tendrán actividad y se obtendrá un mosto con muchas dextrinas provenientes de

la actividad de las alfa-amilasas. Si por el contrario arrancamos con temperaturas más bajas las cuales favorecen a la beta-amilasa se puede obtener un mosto más fermentable y luego subir la temperatura para desnaturalizar las beta-amilasas y hacer que empiecen a trabajar las alfa-amilasas logrando así un mosto más equilibrado.

3. *El pH:* de nada sirve ajustar la temperatura óptima de trabajo de las enzimas si ésta no va acompañada con el pH óptimo en el cual realizan mejor su función, por lo tanto se dice que van de la mano la temperatura y el pH. Habitualmente se suele recomendar un rango de 5,3 – 5,6. Pero este varía de acuerdo al estilo de cerveza, por ejemplo las claras se favorecen con un pH de 5,2 – 5,4 y las oscuras se ven favorecidas con un rango más alto de 5,6 – 5,8. Un pH elevado por encima de 6,0 también trae acarreado un mayor arrastre de taninos, lo que es indeseable en algunos tipos de cerveza. Existen métodos variados para ajustar el pH pero al que más se recurre es al agregado de ácidos que pueden ser fosfórico, cítrico o láctico la mayoría de las veces, otro método es el uso de maltas acidificadas.
4. *El empaste:* llamamos empaste a la relación agua/grano de la mezcla en el macerador. Muchas veces se tiene poco en cuenta, pero es necesario saber que empastes muy espesos (1,7 a 2,6 litros de agua por cada kilo de grano) favorecerá a la movilidad de las enzimas y por ende actuarán más rápido. Sin embargo, tienen una vida más corta. En general los empastes más espesos son altamente fermentables. Empastes más ligeros o diluidos (más de 3 litros por kilo de grano) provocará que las

enzimas trabajen lentamente y con dificultad, por lo que el mosto resultante será menos fermentable, aunque alargando el tiempo podemos compensar en parte ese punto. También favorece que haya más contenido de nitrógeno soluble.

“A nivel profesional el macerado se pilota en rangos de 2 a 4 litros de agua por kilo de grano, más específicamente entre 2,5 y 3,2” (Tom Flores, 1999).

Si se va a aplicar calor directo al macerador, es recomendable no utilizar empastes muy espesos porque existe la posibilidad de quemar el grano. En maltas oscuras se ve favorecido un empaste espeso y mayor cantidad de agua de lavado, mientras que en las cervezas claras es mejor un empaste más diluido y menos cantidad de agua de lavado.

Figura 18:

Recirculado y lavado del grano, se realiza 15 minutos antes de finalizar el macerado



3.2.2 Cocción del mosto

Se realiza inmediatamente terminado el macerado, se sube la temperatura del mosto hasta ebullición. Tiene como finalidad la extracción de los compuestos útiles del lúpulo, la inactivación de enzimas, esterilización del mosto (se destruyen por la temperatura las bacterias acidificantes, dejando el camino libre para la levadura). Cerca del momento de la finalización del proceso muchos cerveceros le agregan un clarificante electronegativo, uno de los más comunes es el irish mosh obtenido por secado de algas marinas rojas (*Chondrus Cripus*).

Finalizada la cocción, el mosto debe enfriarse rápidamente. Para facilitar la formación de turbios se realiza un remolino (Whirlpool) ya sea por agitación vigorosa en forma circular en la olla de cocción o bien a nivel industrial por trasvase a otro contenedor cilíndrico vertical. En el "Whirlpool", durante la rotación de las partículas en el mosto y el líquido son impulsadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga. La presión vertical del líquido levantado en los bordes tiende a impulsar las partículas hacia el centro depositándose en el fondo. Luego cuando la rotación mosto se ralentiza y la fricción del caldo en la pared retarda el flujo en la zona externa se favorece su acumulación en el centro del recipiente lo que facilitará la eliminación final.

Figura 19:

Hervor del mosto



A continuación se explica más detalladamente. Según (Kunze, 2006) los cambios principales que se producen durante la cocción del mosto son:

- 1.1. *Inactivación de enzimas de la malta:* el tratamiento térmico provoca la desnaturalización de las enzimas frenando los procesos de proteólisis, lipólisis y amilólisis.
- 1.2. *Esterilización del mosto:* pocos microorganismos sobreviven temperaturas de 100 °C. Las excepciones son algunas bacterias termófilas formadoras de esporas, principalmente del género *Bacillus* sp. Sin embargo la cerveza estándar es un medio de crecimiento pobre para estos organismos.
- 1.3. *Extracción e isomerización de compuestos derivados del lúpulo:* como se mencionó anteriormente el lúpulo juega un papel preponderante a la hora de dotar a las cervezas de amargor y aroma. Los principales compuestos

responsables del amargor y que también tienen propiedades antisépticas, son los denominados alfa ácidos (co-humulona, humulona y ad-humulona) que si bien son insolubles en agua luego de la cocción se isomerizan a iso-alfa ácidos solubles. (Jacobsen et al., 1989). El amargor, se cuantifica en grados IBU (International Bitterness Unit) lo que equivale a un mg de iso-alfa ácido por litro de cerveza (Mosher, 2009). La cantidad de lúpulo a agregar se calcula a partir del volumen de mosto (V) de los IBU deseados (normalmente entre 20 y 50) del porcentaje de alfa-ácidos del lúpulo (%AA) y de la eficiencia teórica de la utilización (%U) según:

Figura 20:

Fórmula para calcular la cantidad de lúpulo a agregar

$$\text{Lúpulo (g)} = \frac{\text{IBU deseados} \times \text{V(L)} \times 10}{\%AA \quad \%U}$$

Los valores de alfa ácido para cada tipo de lúpulo son aportados por el proveedor o bien se obtienen de tablas. Los porcentajes de utilización para tiempos de hervor diferentes se detallan a continuación:

*Tabla 3:**Utilización del lúpulo según tiempo de cocción*

<i>Tiempo de cocción (min)</i>	<i>Utilización (%)</i>	
	<i>Lúpulo seco</i>	<i>Pellets</i>
0-10	5	6
10-20	12	15
20-30	15	19
30-45	19	24
45-60	22	27
60-75	24	30
>75	27	34

*Figura 21:**Agregado del lúpulo en pellets al hervor*

1.4. *Coagulación de material de proteína en el mosto:* la eliminación de parte de la proteína de alto peso molecular es uno de los objetos de la etapa de ebullición. El turbio en caliente esta de hecho compuesto en buena parte por proteínas (Jackson, 1998). Finalmente el exceso de proteína no

puede ser eliminado durante la fermentación dando lugar a problemas de clarificación (Hornsey, 2003). Las proteínas que sobreviven en la cerveza pueden reaccionar en el almacenamiento con polifenoles dando turbidez que acortará el tiempo de conservación. Pero también es importante mencionar que algunas proteínas son necesarias en la cerveza para producir buena retención de espuma y para mejorar la sensación en la boca (Daniels, 2004).

El pH también es otro punto importante en la precipitación de proteínas. Por debajo de 5,0 la misma disminuye. Por encima de pH 5,0 la cantidad de nitrógeno precipitado durante la ebullición de dos horas es relativamente constante.

1.5. *Formación de compuestos asociados con el sabor, aroma y color:* en la figura se observa como varía el porcentaje de aroma, sabor y amargor luego de 90 minutos de ebullición (Mosher, 2009). El aumento en el color se debe al pardeamiento no enzimático (una reacción entre aminos o aminoácidos y compuestos carbonílicos de los azúcares). Para una cerveza clara se estima que un tercio del color se forma en el secado al horno de la malta. Maltas oscuras y cristalinas contendrán más melanoidinas. Los otros dos tercios se forman durante la cocción del mosto.

Gráfico 3:

Concentraciones de los compuestos del lúpulo según el tiempo del hervor



1.6. *Aumento de la densidad del mosto a través de la evaporación de agua:*

la cocción permite la evaporación de los compuestos volátiles formados en la maceración o del lúpulo así como una concentración de los azúcares y demás componentes no volátiles (Vogel, 1996). En los equipos de cocción modernos se produce un 5-8% de evaporación en una hora.

1.7. *Caída en el pH del mosto y formación de sustancias reductoras:*

el descenso de pH favorece la clarificación y la capacidad de almacenamiento de la cerveza. Asimismo en el hervor pueden formarse sustancias reductoras que, al disminuir el potencial de óxido reducción, protegen al mosto de reacciones oxidativas.

3.2.3 Fermentación

Esta etapa sigue rápidamente luego de la cocción, para ello se debe bajar la temperatura de la cerveza lo más rápido posible y así evitar posibles

contaminaciones por bacterias. Ni bien llega al rango de temperatura necesario para agregar las levaduras, que se busca una diferencia menor a 8°C entre el mosto y el pie de cuba (preparado de levadura aclimatada) para evitar el shock térmico que es perjudicial para el comienzo de la fermentación ya que pueden morir o aletargarse gran cantidad de levaduras. La temperatura de aclimatación óptima de las mismas de va desde 35 a 40°C. Existen dos tipos de levaduras para la cerveza, las de fermentación alta, las cuales fermentan a temperaturas de 12,2 y 24,5°C y el proceso fermentativo se extenderá durante por 5 a 7 días y las levaduras de fermentación baja (lager) que su temperatura de fermentación va entre 9 y 11°C y la duración de la misma será de unos 8 a 10 días. La diferencia en cuanto al sabor aportado por los dos tipos de levaduras mencionados es notoria, las levaduras ale dan notas frutadas, mientras que las lager generan sabores más secos y redondeados (Daniels, 2004). Otra característica de las levaduras Ale es que fermentan tumultuosamente y con gran vigor, esto lleva acarreado una pérdida de iso-alfa-ácidos que precipitan en el fondo del fermentador junto con las borras gruesas cuando comienza a bajar la cinética de la fermentación. Para asegurar el fin de la fermentación se puede medir la densidad y así ver si quedan azúcares fermentables o ya se dio por finalizado el proceso.

El proceso fermentativo propiamente dicho puede dividirse en cuatro etapas:

- *Primera etapa:* transcurre después de unas 15 – 20hs, tiempo que depende de la temperatura inicial a la que se inoculó la levadura. Comienzan a aflorar pequeñas burbujas que cubren la superficie

de una ligera capa de espuma cremosa, el tiempo de esta etapa depende de la temperatura inicial y el modo y cantidad de levaduras agregadas.

- *Segunda etapa:* la espuma se aprieta y se hace más compacta, se levanta en grumos que a veces recuerdan a una coliflor. Estas crestas se llaman “crestas bajas”, las resinas del lúpulo insolubilizadas por el descenso del pH comienzan a flotar en la superficie al igual que las sustancias proteicas que coagulan por la misma razón. El color de las crestas va tornándose de un color sucio debido a que se oxidan. Es una espuma muy amarga y viscosa, pero son signo de una buena fermentación.
- *Tercera etapa:* la fermentación llega aquí a su máximo por lo tanto las crestas también llegan a su máxima altura, entonces se nombran como “crestas altas”. Luego de la cúspide del proceso fermentativo comienza el enfriamiento del mosto y la fermentación se ralentiza ya que se están acabando las sustancias fermentables.
- *Cuarta etapa:* el trabajo de las levaduras ya está cumplido en esta fermentación principal. Al entrar en esta etapa las levaduras tienden a conglomerarse y comienzan a asentarse en el fondo del fermentador. Debe retirarse cuidadosamente la capa que queda arriba para evitar que precipite ensuciando la levadura y dando un sabor amargo y áspero a la cerveza.

3.2.4 Maduración:

Se da después de la fermentación principal, ni bien terminan las etapas recién explicadas se le realiza un desborre para eliminar los sedimentos gruesos y se la trasvasa a recipientes adecuados que se llenan totalmente, la cerveza continúa en fermentación pero de forma muy lenta, transcurrido un tiempo la fermentación culmina finalmente. En este momento se le llama “Cerveza verde” y se la somete a temperaturas cercanas de 0°C para que los sabores y aromas se armonicen. Esto también tiene como finalidad la precipitación de lías finas y proteínas que se encuentran en suspensión, facilitando así su remoción. La maduración en un principio se hacía durante meses y dependiendo del estilo de cerveza, pero al día de hoy se habla que es suficiente un tiempo de dos a tres semanas.

Figura 22:

Fermentador tronco-cónico



Figura 23:

Cerveza fermentando en un fermentador con "airlock" o trampa de oxígeno para evitar el ingreso del mismo al fermentador



3.2.5 Filtrado

Es optativo según la decisión del maestro cervecero realizarlo o no. Los filtros más utilizados son de tipo prensa y utilizan placas de celulosa, se hace circular la cerveza a través de ellos con presión para así separar del líquido los restos que hayan quedado de levaduras y minúsculos coágulos de albuminas que aún pueden enturbiar la cerveza. Con este proceso se da por terminada la elaboración propiamente dicha. Luego se procede al envasado.

Figura 24:

Filtros de cartucho para cerveza



Figura 25:

Misma cerveza (filtrada, clarificada con gelatina y clarificada con frío)



CAPÍTULO 4: Variables que condicionan la concentración de aromas (Ésteres)

4.1 La Levadura: factor determinante en el perfil aromático de las cervezas

Uno de los factores más importantes que afecta a la producción de ésteres durante la producción de cerveza es, sin duda, la cepa de levadura utilizada. El diferente aroma y sabor generado por un tipo de levadura respecto de otro —en vinculación directa con los ésteres producidos— puede deberse a diferencias interespecíficas en términos genómicos, en los mecanismos de regulación de la expresión de los genes responsables de la síntesis de dichos ésteres y en la actividad de las enzimas participantes.

Dependiendo de su carga genética, las levaduras pueden diferir tanto en la producción total de ésteres como en la proporción relativa de cada éster, de modo que brindan productos con perfiles de aroma y sabores específicos. Estas características de las levaduras han incentivado el aislamiento, la caracterización y el desarrollo de nuevas variantes de levaduras, con una importante demanda por parte del mercado cervecero mundial para generar productos con propiedades distintivas. Hasta el momento hay pocos trabajos en los que se investiguen los parámetros fermentativos de las levaduras «salvajes», así como su metabolismo y su capacidad de producir compuestos del aroma y sabor,

aunque varias de ellas presentan características prometedoras respecto de su aplicación en cerveza. Se espera que en el futuro, a partir del estudio de las propiedades de levaduras salvajes y sus híbridos, se incremente la diversidad fenotípica de las cepas disponibles para la elaboración de cerveza.

Las investigaciones de los últimos 60 años han permitido entender los mecanismos por los cuales las levaduras metabolizan los precursores para la síntesis de ésteres en cerveza, los genes que intervienen y la regulación de estos procesos. Sin embargo, aún quedan interrogantes acerca del control de ésteres y el uso de nuevas levaduras a escala artesanal o industrial.

4.2 La Temperatura de Fermentación

La razón por la cual la síntesis de ésteres de acetato y de etilo depende de la temperatura aún se desconoce con exactitud. En general, se ha observado que la concentración final de ésteres en cervezas se ve incrementada al utilizar mayores temperaturas de fermentación, aunque algunas cepas de levaduras pueden mostrar otros comportamientos en este sentido. Por ejemplo, en levaduras Lager, cuando se modifica la temperatura de fermentación de 12 a 15 °C, las concentraciones de ésteres como el acetato de isoamil y el acetato de feniletíl pueden llegar hasta 1,73 mg/l (aumento aproximado del 40%) y 0,66 mg/l (aumento del 12%), respectivamente, mientras que el total de ésteres de etilo puede aumentar en un 15%. Sin embargo, en levaduras Ale se observará solo un aumento en la concentración de acetato de feniletíl (17%) cuando se elevó la temperatura de 20 a 24 °C.

Si bien un aumento de temperatura genera una mayor concentración de alcoholes superiores (compuestos necesarios para la síntesis de ésteres) varios estudios sugieren que la temperatura afecta principalmente la actividad de las enzimas que intervienen en su formación o la biosíntesis de aquellas.

4.3 Azúcares del Mosto

Un mosto estándar contiene aproximadamente un 90% de hidratos de carbono, entre los cuales se encuentran dextrinas y azúcares como sacarosa, fructosa, glucosa, maltosa y maltotriosa. La concentración y composición en mosto de estos hidratos de carbono, así como la manera en que son utilizados por las levaduras, tienen una influencia directa en su metabolismo y, por lo tanto, en el perfil aromático del producto final. Una práctica común en grandes cervecerías es la producción de cerveza a partir de mostos de alta densidad, es decir, con alta concentración de azúcares, a fin de aumentar la productividad en volumen de cerveza sin aumentar significativamente los gastos energéticos. La desventaja de esta técnica es que el metabolismo de las levaduras se ve modificado de manera significativa. Varios estudios confirmaron la sobreproducción de ésteres de acetato en medios con alta concentración de hidratos de carbono, dando lugar a cervezas demasiado frutadas y con un notable aroma a solvente (como, por ejemplo, acetona) si no se mantiene un balance adecuado en la oxigenación y contenido de nitrógeno en el mosto. El incremento en el contenido de hidratos de carbono en mostos utilizados en fermentaciones con levaduras de tipo Lager y Ale puede producir un 25 y un 45% de aumento en los niveles de etil acetato, respectivamente.

Levaduras expuestas a altas concentraciones de sacarosa presentan mayor estrés osmótico que en mostos de otra composición. Es por esto que se aconseja evitar altos niveles de este azúcar con el fin de obtener mostos de alta densidad

4.4 Efecto de la Fuente de Nitrógeno

La fuente de nitrógeno es de gran importancia para el desarrollo de las levaduras, dado que cumple un papel crucial en la formación de proteínas. Las principales fuentes de este elemento en el mosto son aminoácidos, iones de amonio y algunos di- y tri-péptidos. Los aminoácidos son utilizados por las levaduras en una secuencia que parece ser independiente de las condiciones de fermentación. Los primeros aminoácidos empleados son la arginina, asparagina, aspartato, glutamato, glutamina, lisina, serina y treonina, seguido por la histidina, isoleucina, leucina, metionina y valina (Bisson et al., 1993). La alanina, glicina, fenilalanina, tirosina, triptófano y el amoníaco sólo son absorbidos después de la completa eliminación de los aminoácidos del primer grupo, finalmente la prolina es poco utilizada. La mayor parte del nitrógeno libre (FAN) es utilizado por la levadura para la formación de proteínas (estructural y enzimática). Las condiciones que estimulan el crecimiento excesivamente rápido de la levadura (alta temperatura y alta concentración de azúcar) pueden dar lugar a la elevada tasa de utilización de FAN y formación de productos que desequilibran el sabor (Lei et al., 2012).

El malteado y macerado permite, a partir del material nitrogenado presente en la cebada, liberar al mosto entre 700 y 800 mg de nitrógeno por litro.

Dependiendo de las condiciones de producción, la fracción soluble de nitrógeno en el mosto está formada por un 20% de proteínas, un 22% de polipéptidos y un 58% de péptidos y aminoácidos libres, aproximadamente⁶; estos últimos son la principal fuente asimilable de nitrógeno. Generalmente se recomiendan concentraciones de aminoácidos libres del orden de los 150-200 mg/l de mosto para lograr cervezas de buena calidad.

En el mosto, la concentración de compuestos nitrogenados afecta tanto al crecimiento de las levaduras como a la generación de compuestos volátiles responsables del aroma y sabor durante la fermentación. La velocidad de formación y los niveles finales de ésteres de acetato también se ven incrementados al aumentar las cantidades de nitrógeno asimilable desde 115 mg/l hasta 433 mg/l.

El perfil aromático de las cervezas no solo se ve influenciado por la cantidad de nitrógeno asimilable, sino también por el tipo de aminoácidos presentes en el mosto.

Específicamente, al utilizar la levadura Safale-S04, la adición de 0,750 g/l de L-leucina conduce a un incremento de un 41% en la concentración total de ésteres de acetato comparado con el control sin suplemento.

4.5 Oxigenación y ácidos grasos insaturados

La presencia de oxígeno y de ácidos grasos insaturados en el mosto causa un efecto negativo en la producción de ésteres. Antes se sostenía que la reducción de ésteres de acetato en presencia de ácidos grasos insaturados se

debía a la baja disponibilidad de acetyl-CoA, dado que, en presencia de oxígeno y junto con los ácidos grasos, el acetyl-CoA es requerido en la formación de fosfolípidos y triglicéridos, compuestos necesarios para el crecimiento de las levaduras. Varios autores luego observaron que la formación de ésteres en presencia de oxígeno y ácidos grasos insaturados depende esencialmente de la enzima AATasa.

En condiciones limitadas de oxígeno se inhibe la acetylCoA carboxilasa y se acumulan compuestos acil-CoA de cadena larga, lo cual favorece la síntesis de ésteres de etilo. En presencia de oxígeno, se sintetizan ácidos grasos insaturados, se suprime la inhibición de esta enzima y la reacción de elongación procede para formar nuevamente ácidos grasos de cadena larga. Como resultado, el pool intracelular de acil-CoA de cadena larga se reduce y queda menos disponible para la formación de ésteres de etilo.

La adición de lípidos al mosto, especialmente de ácidos grasos insaturados, puede eliminar los requerimientos de aireación al inicio de las fermentaciones. No obstante, los ácidos grasos insaturados aún pueden inhibir la producción de ésteres. (Moonjai et al). Investigaron el efecto de la adición de estos lípidos en levaduras antes de ser agregadas al mosto. Los resultados mostraron que cuando las levaduras tratadas previamente con ácidos grasos insaturados son agregadas en mostos poco oxigenados, no hay reducción en los niveles de ésteres de acetato. Además, tanto el crecimiento de estas levaduras como su perfil de atenuación son similares a los obtenidos con levaduras no tratadas cuando se inoculan en mostos preaireados.

4.6 Presión y Dióxido de Carbono Disuelto

Un exceso en la cantidad de dióxido de carbono disuelto generalmente inhibe el crecimiento de las levaduras y su metabolismo, posiblemente por la inhibición de las reacciones de descarboxilación, vitales para la célula. Como consecuencia, también se reduce de manera significativa la producción de ésteres y alcoholes superiores, aunque en estos últimos el efecto es menor. A pesar de que una disminución en la concentración de ésteres usualmente es indeseable, cuando se utilizan temperaturas de fermentación elevadas y mostos con alta densidad inicial se puede aplicar dióxido de carbono para controlar la formación de compuestos responsables del aroma y sabor en cervezas. Cuando se eleva la temperatura de fermentación a presión atmosférica se produce un rápido y mayor crecimiento de las levaduras, lo que hace que la fase de adaptación de las levaduras al medio (fase lag) se reduzca o prácticamente desaparezca. En esas condiciones, la velocidad de producción de ésteres de acetato también aumenta y puede alcanzar su pico máximo alrededor de los 50 min de iniciada la fermentación.

Una fórmula empírica útil para estimar la presión apropiada está dada por esta ecuación: $P \text{ (bar)} = \text{°C}/10$, donde P es la presión en bares y °C es la temperatura de fermentación. Por ejemplo, si una levadura Lager es utilizada en fermentaciones a 20 °C aproximadamente, la presión puede elevarse hasta alrededor de 2 bar. El dióxido de carbono disuelto a una presión de 2 bar se duplica y las concentraciones de etil acetato, isoamil acetato, isobutil acetato, etil hexanoato y etil octanoato disminuyen cerca de un 50% respecto de fermentaciones sin presurizar.

PARTE II: DESARROLLO E INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 5: Elaboración de cervezas con agregado de frutas

Existen variadas cervezas en el mercado en la actualidad a las cuales en algún punto de su elaboración se le han agregado frutas, esto principalmente se da en las cervezas artesanales donde como hemos mencionado ya anteriormente, se dispone de otro tiempo y existe la posibilidad de modificar recetas dado que los volúmenes que se manejan son considerablemente menores a las cervecerías industriales. Puede ser un abanico muy grande de frutas y depende del maestro cervecero la selección de una u otra, también el estilo que se quiera seguir y diversos puntos que entran en juego al realizar esta práctica. Algunos parámetros que pueden variar son: el color final de la cerveza, la graduación alcohólica de la misma dependiendo de cuánto azúcar aporte la fruta agregada, la acidez que pueda aportar la fruta, microorganismos que puedan incorporarse provenientes de la fruta (los cuales son casi siempre indeseables porque son fuentes de contaminación), etc.

5.1 Cálculo de los IBUs de las Cervezas

Figura 26:

Fórmula para el cálculo de los IBUs en la cerveza

$$IBU = \frac{\text{Gramos} \times TA \times \%AA \times 1000}{\text{Litros} \times CrD}$$

- TA (U% en la fórmula original): es el factor de aprovechamiento del lúpulo (del inglés "Utilization"), y se expresa como decimal. Es decir, que un factor de aprovechamiento del 9%, se expresará en la fórmula como 0,09.

Tabla 4:

Ejemplos de algunos valores de aprovechamiento de lúpulo

Valores de aprovechamiento del lúpulo en función del tiempo de hervido según el método de cálculo escogido (lúpulo en flor)						
Minutos	NOONAN	RAGER	DANIELS	TINSETH	GARETZ	MOSHER
0	5,0	5,0	5,0	0,0	0,0	0,0
5	5,0	5,0	5,0	4,6	0,0	3,5
10	6,5	6,0	12,0	8,4	0,0	6,1
15	8,0	8,0	12,0	11,4	2,0	8,7
20	10,3	10,1	15,0	14,0	5,0	9,9
25	12,7	12,1	15,0	16,0	8,0	11,2
30	15,0	15,3	19,0	17,7	11,0	12,4
35	17,2	18,8	19,0	19,1	14,0	13,4
40	19,3	22,8	19,0	20,2	16,0	14,3
45	21,5	26,9	22,0	21,2	18,0	15,3
50	23,7	28,1	22,0	21,9	19,0	15,9
55	25,8	30,0	22,0	22,6	20,0	16,6
60	28,0	30,0	24,0	23,1	20,0	17,2
65	28,5	30,0	24,0	23,5	21,0	17,8
70	29,0	30,0	24,0	23,8	21,0	18,4
75	29,5	30,0	27,0	24,1	22,0	19,0
80	30,0	30,0	27,0	24,3	22,0	19,6
85	30,5	30,0	27,0	24,5	23,0	20,2
90	31,0	30,0	27,0	24,7	23,0	20,8

La manera más rápida de definir la tasa de aprovechamiento del lúpulo es, el porcentaje del total de alfa-ácidos que finalmente se convertirán en iso-alfa-ácidos. Es decir, que no el 100% de los %AA que tiene un lúpulo van a quedarse en la cerveza. Además de que se requiere cierto tiempo para que el proceso de isomerización se lleve a cabo, no todos sufren la conversión, y otros que sí la sufren, se pierden en el propio proceso de elaboración.

Dicho esto, podemos deducir que la tasa de aprovechamiento del lúpulo será mayor cuanto más tiempo esté en contacto con el mosto hirviendo. Por eso, dependiendo del momento en que adicionemos los lúpulos tendremos una tasa de aprovechamiento distinta. Y por eso se dice que los lúpulos de amargor se añaden al principio del hervido, y los lúpulos de sabor y aroma en la recta final.

- *%AA*: es el contenido de alfa-ácidos del lúpulo, que te lo da el distribuidor y viene siempre en las etiquetas del lúpulo. Se expresa también como decimal (por ejemplo, 16% de alfa-ácido, sería 0,16).
- *Litros*: se refieren al volumen del mosto final, o lo que es lo mismo, lo que irá al fermentador.
- *CrD*: quiere decir “Corrector de Densidad”, ya que la isomerización disminuye cuando el mosto es más denso.

Corrector de Densidad

Algunas visiones para calcular este corrector son bastantes simples (como, por ejemplo, la de Ray Daniels). Cuando el mosto, *antes del hervido*, tiene una densidad de 1,050 o menos, dicho factor corrector es 1 (y nunca puede ser menos de 1). Si el mosto tiene más de 1,050 *antes del hervido* el factor corrector será mayor que 1, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CrD = 1 + [(Densidad Hervido - 1,050) / 0,2]$$

5.1.1 Cerveza con agregados de moras durante el macerado

$$IBU = \frac{\text{Gramos} \times TA \times \%AA \times 1000}{\text{Litros} \times CrD} = \frac{10g \times 0,27 \times 0,075 \times 1000}{8,7L \times 1} = \boxed{23}$$

Nota: "TA" se tomó como referencia el de Daniels con 75 minutos de hervor.

5.1.2 Cerveza con agregado de moras durante la fermentación

$$IBU = \frac{\text{Gramos} \times TA \times \%AA \times 1000}{\text{Litros} \times CrD} = \frac{10g \times 0,27 \times 0,075 \times 1000}{9,9L \times 1} = \boxed{20}$$

Nota: "TA" se tomó como referencia el de Daniels con 75 minutos de hervor.

5.2 **Procesos detallados de las Cervezas propuestas para el trabajo**

En el momento de la selección de las moras se buscó principalmente las frutas maduras y solo una pequeña parte menos maduras, con tonos más rojos, con la finalidad de aportar una parte de acidez, pero también vale aclarar que al estar más "verdes" también sus componentes tales como los taninos están menos polimerizados y por lo tanto pueden aportar sabor secante que no es deseado. Por lo tanto hay que tener especial cuidado con esa relación que se busca para lograr el equilibrio deseado.

Las moras fueron recolectadas para este trabajo con anterioridad a la elaboración de las cervezas por lo que fueron lavadas y congeladas hasta su uso. Al momento de descongelarlas se tuvo especial cuidado de evitar contaminación de las mismas, el proceso se llevó a cabo retirándolas del freezer

con un día de anticipación y dejándolas descongelar en heladera en recipientes herméticos.

5.2.1 Cerveza estilo Golden con agregado de moras en el macerado

El agregado de las moras en el macerado es una técnica peligrosa porque puede traer contaminaciones debido a algunas bacterias o microorganismo no deseados que puedan traer las frutas. Por eso se recomendaría agregarla al final del hervor que así nos aseguramos asepsia de las mismas pero esto da gustos a cocido y no el de la fruta fresca, da olores y sabores a compota. Por lo tanto es que se ha estudiado que el mejor momento para agregarla sería en la fermentación, pero tampoco al comienzo de ésta junto con el agregado de la levadura, sino cuando ya dicha levadura ha ganado el medio y la fermentación comienza a ralentizarse, aproximadamente al día 4 de fermentación, dado que en este punto hay alcohol y las levaduras están cumpliendo plenamente su función y el medio es plenamente de ellas, eso sirve en parte para evitar contaminaciones y también una vez que la fruta es agregada aporta una cantidad de azúcares las cuales reactivan a las levaduras y continúa el camino de la fermentación.

Se elaboraron 10 litros para los cuales se utilizaron como insumos básicos: 2,5 kg. de malta de cebada, 10 g. de lúpulo cascade, 2,5 g. de irish mosh, 6 g. de levadura y la elaboración se procedió de la siguiente manera:

- Se usó 2,7 kg. de moras.

Figura 27:

Moras previo al agregado del macerado



- Maceración: durante 90 minutos con una relación de empaste de 2,7 litros por cada kg. de grano (la base fueron 2,5 kg. de malta), por lo tanto se usó 6,75 litros de agua para el empaste y 8,25 litros de agua para el lavado del grano. La temperatura de la maceración fue de 65°C los primeros 20 minutos y luego se aumentó a 70°C buscando que actuaran principalmente las enzimas alfa-amilasas, con el fin de obtener una cerveza con mayor cuerpo y dulzor.

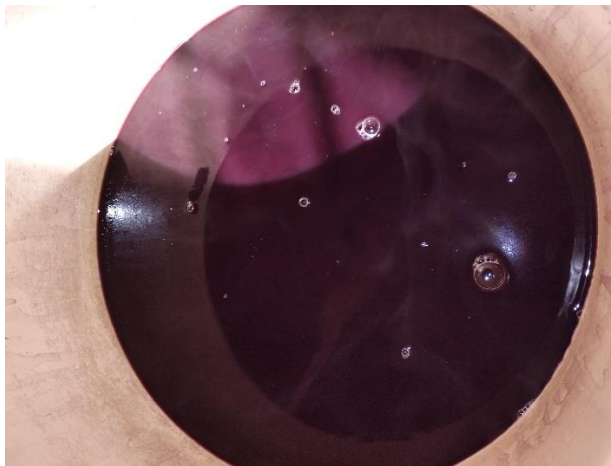
Figura 28:

Bolsa de maceración con la malta y mora



Figura 29:

Mosto previo al hervor luego de retiradas las moras y la malta



- Hervor: de 75 minutos, momento en que se añadió el lúpulo, 5 g. de cascade que aportan el amargor a los 5 minutos de comenzado el hervor y 5 gramos de cascade que aportan el aroma y sabor a 15 minutos previo a su culminación. Junto con el último agregado de lúpulo también se incorporó el Irish Mosh previamente hidratado.

- Enfriado del mosto e inoculación de la levadura: se llevó a temperatura de 35°C momento en que se agregó la levadura previamente hidratada y aclimatada. Se realizó con agua corriente introduciendo la olla en un tacho de 200 L. el cual iba circulando el agua.
- Hidratación de la levadura: se recomienda una dosis de 50 a 80 g/Hl. Se utilizó para el trabajo 60 g/Hl, por lo tanto se utilizaron 6 g. la levadura utilizada es SafAle™ S-04 (*saccharomyces cerevisiae*).
- Fermentación: durante 7 días, la temperatura fue en un rango de 18 a 22°C.

Figura 30:

Cervezas en fermentación. En el fermentador azul con moras durante la fermentación



- Desborre y maduración: pasados los 7 días de fermentación se procedió a desbollarla y dejarla en frío a una temperatura cercana a 1°C durante una semana para redondear los aromas. Esto también

sirve para obtener que los sólidos de menor tamaño que puedan haber quedado en suspensión precipiten clarificándose para luego envasarla.

Figura 31:

Ambas cervezas madurando en heladera



- Envasado: previo al envasado se “filtró” a través de tela de nylon mallada (se utilizó bolsa de macerar) para extraer algún posible sedimento o pepita que pueda haber quedado de la clarificación. Se envasó en botellas de 330cc. y se realizó una segunda fermentación en botella mediante el agregado de azúcar de maíz en una dosis de 7 g/l.

Figura 32:

Segundo desborre y cubicado de litros para agregar el azúcar de maíz para la segunda fermentación en botella



Figura 33:

Tela de nylon para filtrar la cerveza



5.2.1.1 Parámetros de la cerveza:

- Densidad inicial: 1046 al finalizar el hervor, medida a 20°C.

Figura 34:

Densidad inicial (al terminar el hervor)



- Densidad final: 1010

Figura 35:

Densidad final



- Alcohol: 4,7% V/V
- Amargor (IBUs): 22

5.2.2 Cerveza estilo Golden con agregado de moras en fermentación

La elaboración fue como la de una Golden tradicional, tanto en la maceración como en el hervor, la diferencia está en que al cuarto día que llevaba fermentando se le agregaron las moras al fermentador y ésto reactivó la fermentación. Las moras se dejaron macerando durante 8 días.

Se elaboraron 10 litros para los cuales se utilizaron como insumos básicos: 2,5 kg. de malta de cebada, 10 g. de lúpulo cascade, 2,5 g. de irish mosh, 6 g. de levadura y la elaboración se procedió de la siguiente manera:

- Se usó 2,7 kilos de moras agregadas al fermentador.
- Se macero con un empaste de 3,2 litros de agua por kg de grano (total de 8 litros) y agua de lavado 7,75 litros, durante 90 minutos, los primeros 20 minutos a una temperatura de 65°C y luego se aumentó a 70°C al igual que la otra cerveza para buscar la actuación de las enzimas alfa-amilasas.

Figura 36:

Mosto minutos previos a romper hervor



- Hervor: de 75 minutos, momento en que se añadió el lúpulo, 5 g. de cascade que aportan el amargor a los 5 minutos de comenzado el hervor y 5 gramos de cascade que aportan el aroma y sabor a 15 minutos previo a su culminación. Junto con el último agregado de lúpulo también se incorporó el Irish Mosh previamente hidratado.
- Como apreciación, los primeros dos días fermentó con más vigor que la otra cerveza, le costó menos arrancar a fermentar y el rango de fermentación fue de entre 17 y 20°C temperatura un poco inferior. Se utilizó la misma dosis de levadura, 60 g/Hl, por lo tanto fueron 6 g. de la SafAle™ S-04 (*saccharomyces cerevisiae*).
- En total fueron 9 días de fermentación, los cuales los primeros 3 fueron como una fermentación tradicional, luego se agregaron las moras y estuvieron fermentando 6 días más. Al día 8 se procedió al desborre y a colocarla en frío para su maduración, los primeros dos días de maduración todavía estaba con las moras y pasados los dos días se retiraron y siguió la maduración durante 7 días más a una temperatura cercana a 1°C.

Figuras 37:

Borras gruesas sedimentadas en el fermentador



- Envasado: previo al envasado se “filtró” a través de tela de nylon mallada (se utilizó bolsa de macerar) para extraer algún posible sedimento o pepita que pueda haber quedado de la clarificación. Se envasó en botellas de 330cc. y se realizó una segunda fermentación en botella mediante el agregado de azúcar de maíz en una dosis de 7 g/l.

Figura 38:

Preparado del "almibar" para la segunda fermentación en botella. Hirviendo una parte para disolver el azúcar se evita contaminación



5.2.2.1 Parámetros de la cerveza:

- Densidad inicial: 1046 al terminar el hervor, medida a 20°C.

Figura 39:

Densidad inicial al finalizar el hervor



- Densidad al momento de agregar las moras: 1012

Figura 40:

Densidad al momento del agregado de las moras al fermentador



- Densidad final: 1006

Figura 41:

Densidad final luego de la fermentación reactivada por el agregado de las moras



- Alcohol: 5,2% V/v
- IBUs: 20

CONCLUSIONES

La elaboración de la cerveza tiene diversos y muy variados puntos a tener en cuenta para poder lograr el estilo y el resultado final que se quiera obtener. Muchos de esos puntos se han nombrado y detallado en este trabajo, pero son solo algunos de ellos, ya que hay todavía muchos más para profundizar e introducirse en el amplio mundo de esta bebida.

Por mi experiencia personal de haber realizado muchos ensayos previos y con distintas variables previas a la realización de este trabajo, he logrado dilucidar que los puntos del proceso que más intervienen a nivel general son un correcto macerado cuidando la contaminación, utilizando siempre como desinfectante alcohol al 70%. Un hervor controlado en el tiempo con el agregado de lúpulo en los momentos correctos y una fermentación cuidando abrir lo menos posible el fermentador para evitar contaminación, sobre todo cuando la cinética de la misma empieza a decrecer (del tercer al cuarto día), y controlando la temperatura en los rangos que creamos convenientes de acuerdo al resultado cual perseguimos.

En el macerado sobre todo podemos hablar de controlar el tiempo y temperaturas del mismo, ya que como se ha mencionada en reiteradas ocasiones tienen una importancia en el mosto que voy a obtener. Las diferencias de empaste que usé para ambas cervezas, la primera con agregado de moras al macerado, fue un empaste más espeso y concentrado, la segunda con agregado de moras al fermentador, fue elaborada con un empaste más diluido. A modo

general no noté que esta diferencia en la elaboración de una y otra haya aportado gran cambio. En cambio, el factor tiempo influencia de manera mucho más importante, ya que puedo obtener un líquido con más o menos densidad, es decir, más azúcares fermentables para las levaduras. Pero el tiempo si no va de la mano con las temperaturas no sería un factor determinante. El factor temperatura nos condiciona en los azúcares fermentables que voy a tener a futuro en el mosto, una temperatura muy elevada nos inactiva toda enzima y no es deseable, puede ser un grave error. Una temperatura muy baja no actúan las enzimas que necesitamos para desdoblar los azúcares complejos (almidón y dextrinas principalmente) en azúcares simples y fermentables por las levaduras. Por lo tanto tenemos que hablar de una temperatura moderada en la cual podemos tener un margen para lograr que actúe la enzima que queremos. Para buscar un mosto más fermentable y como resultado obtener una cerveza más seca, con más alcohol y menos cuerpo se manejan temperaturas más bajas en el macerado (60 a 65°C) o una cerveza con más dulzor en boca, mayor cuerpo y cremosidad se necesitan temperaturas sensiblemente más elevadas (68 a 70°C).

Como apreciación propia, agregar la fruta en el macerado, le dio a la cerveza frescura, cosa que buscaba, pero también al momento de culminar la fermentación se notó un pequeño olor a acetaldehído que con el tiempo disminuyó. Si bien se conocen los peligros de agregarlas en este punto por la posible contaminación que se puede sufrir, fue una decisión acertada a mi parecer ya que si se agregan al hervor dan sabor a compota fruta cocida y no era el objetivo que perseguía. Pero comparando con la cerveza a la cual agregué

las moras en el fermentador, noté que en boca la segunda tenía una sensación de redondez, mejor acidez y también más límpida en su color y transparencia, quizás esto se pueda deber a las pectinas que pueda aportarle la fruta al ser calentada en la primera, que le puede haber aportado también mayor cantidad de taninos dando un final más secante y áspero. Ninguna de las dos cervezas fue filtrada, solo sufrieron un proceso de decantado natural por frío en el cual se notó también una decantación de sólidos en suspensión más rápida en la segunda cerveza, la primera mantuvo su turbidez y color pálido por mayor tiempo.

En la etapa del hervor puedo nombrar que un tiempo de 60 minutos quizás sea algo deficiente dependiendo del estilo de cerveza, 75 minutos me pareció un buen punto para este caso, ya que obtuve la densidad deseada y no excesiva como si se hiciera un hervor de 90 minutos. Sobre todo en la segunda, ya que agregarle frutas al momento de fermentar le aporta algo de azúcares extras que obviamente las levaduras convertirán en alcohol, por lo tanto buscaba que no fuera una cerveza tan alcohólica y conservar la frescura y acidez que le aporta la fruta. Como se ve detallado en el trabajo la segunda tuvo una densidad final algo menor que la primera, por lo tanto como resultado arrojó un mayor tenor alcohólico, pero nada muy excesivo.

En la fermentación en botella se observó mayor cantidad de turbios en suspensión los primeros días en la segunda cerveza y al precipitarse se obtuvo una cantidad considerablemente mayor que en la primera y menos compacta.

ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO

- Arcay-Ledezma GJ, Slaughter JC. The response of *Saccharomyces cerevisiae* to fermentation under carbon dioxide pressure. *J Inst Brew.* (1984).
- Bamforth, C. (2008). *Tap into the art and science of brewing.* Oxford University Press. 780 pp
- Beckham, J.N. (2017). "Entrepreneurial Leisure and the Microbrew Revolution. The neoliberal Origins of Craft Beer Movement". En Chapman, N.G.; In Lellock, J.S. y In Lippard, C.D.
- Benitez, J., Forster, A., De Keukeleire, D., Moir, M., Sharpe, R., Verhagen, C., Westwood, K., (1997). *European brewery convention manual of good practice: Hops and hop products.* Fachverlag Hans Carl, Nurnburg, Germany.
- Biología de la cerveza y de la malta.* J.S. Hough.
- Bisson, L., Coons, D.M., Kruckeberg, A.L., Lewis, D.A. (1993). Yeast sugar transporters. *Critical Reviews in Biochemistry and Molecular Biology*, 28, 259–308.
- Boulton C, Quain D. *Brewing Yeast and Fermentation.* Oxford: Blackwell Science; (2008). p. 51- 4.
- Bourdchon, F., Casaregola, S., Farrokh, C., Frisvad, J., Gerds, L., Hammes, W., Harnett, J., Huys, G., Laulund, S., Ouwehand, A., Powell, I., Prajapati, J., Seto, Y., Schure, E. (2012). Food fermentations: Microorganisms with technological beneficial use. *International Journal of Food Microbiology.* 154: 87- 97.

Branyik, T., Vicente, A., Dostalek, P., Teixeira, J. (2008). A review of flavour formation

Brown, C., Cambell, I., Priest, F. (1989). *Introducción a la biotecnología*. Editorial Acribia. España 167 pp.

Calderbank, J., & Hammond, J. R. M. (1994). Influence of Higher Alcohol Availability on Ester Formation by Yeast. *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 84–90.

Daniels, R. (2004). *Designing Great Beers: The Ultimate Guide to Brewing Classic Beer Styles*.

De Clerck, J. (1957) *Textbook of Brewing*. Chapman and Hall. London. 650 p.

Dufour J, Malcorps P, Silcock P. 21 Control of ester synthesis during brewery fermentation. En: Smart K, editor. *Brewing Yeast Fermentation Performance*. Oxford, UK: Blackwell Publishing; 2003. p. 213---33.

Elliot, M.A. (2017). "The Rationalization of Craft Beer from Medieval Monks to Modern Microbrewers". En Chapman, N.G.; In Lellock, J.S. y In Lippard, C.D. *Untapped: Exploring the Cultural Dimensions of the Craft Beer*. Morgantown: West Virginia Press.

Fermentation performance of lager yeast in high gravity beer fermentations with different sugar supplementations. *J Biosci Bioeng.*, 122 (2016), pp. 583-588

Formación de ésteres en fermentaciones cerveceras. *J Inst Brew.* , 96 (1990) , págs. 327 - 331

García Olmedo, Francisco (1965). *El malteo de la Cebada*. "Cereales" (n. 174); pp. 17-20.

Gibson BR, Lawrence SJ, Leclaire JPR, Powell CD, Smart KA. Yeast responses to stresses associated with industrial brewery handling. *FEMS Microbiol Rev.* (2007).

González G., M. R. (2017). Principios de elaboración de las cervezas artesanales (Primera edición). Lulu Press.

He Y, Dong J, Yin H, Chen P, Lin H, Chen L. Monitoreo de la producción de compuestos aromáticos mediante el análisis de la transcripción de genes involucrados en la formación de alcoholes superiores y ésteres por parte de la levadura de cerveza *Saccharomyces pastorianus* utilizando un ensayo de RTqPCR múltiple. *Inst Brew Distill.* 2014

Hiralal L, Olaniran AO, Pillay B. Aroma-active ester profile of ale beer produced under different fermentation and nutritional conditions. *J Biosci Bioeng.* (2014).

Hiralal L, Olaniran AO, Pillay B. Perfil de éster aromático activo de Cerveza ale producida bajo diferentes fermentaciones y condiciones nutricionales. *J Biosci Bioeng.* 2014

Hornsey IS. Elaboración de cerveza: microbiología, bioquímica y tecnología. Acribia. 2003.

Hough, J.S. (2011). Biotecnología de la cerveza y de la malta. Ed. Acribia, S. A. España 187 pp.

Jackson, M (1994). El libro de la cerveza. Blume 304 pp.

Jackson, M. (1998). The ultimate beer. DK Publishing Group. USA 192 pp.

Jacobsen, T., Hage, T., Kristensen, R., Malterud, K.E. (1989). Hop utilization in the brewery- An interbrewery comparison. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 47 pp

Kaderian, S. M. (2018). Lo artesanal como mediación técnica y simbólica. Cultura, identidad local y aprendizaje en la cerveza artesanal de Bariloche, Argentina. *Revista Iberoamericana de Viticultura, Agroindustria y Ruralidad*, 5(15), 39-63.

KJ Verstrepen et al. Ésteres activos en el sabor: añadiendo sabor afrutado a la cerveza J. Biosci. Bioeng. (2003).

Kunze, W. (2006). Tecnología para cerveceros y malteros. VLB Berlin. 1063 pp.

L. Blicek, G. Toye, F. Dumortier, K.J. Verstrepen, F.D. Delvaux, J.M.V.P. Thevel
ein

L. Hiralal , AO Olaniran , B. Pillay Perfil de ésteres aromáticos activos de
cerveza ale producida en diferentes condiciones nutricionales y de fermentación.
J Biosci.

Laundaud S, Latrille E, Corrieu G. Top pressure and temperature control the fusel
alcohol/ester ratio through yeast growth in beer. J Inst Brew. (2001).

Laundaud S, Latrille E, Corrieu G. Top pressure and temperature control the fusel
alcohol/ester ratio through yeast growth in beer. J Inst Brew. (2001).

Laundaud S, Latrille E, Corrieu G. Top pressure and temperature control the fusel
alcohol/ester ratio through yeast growth in beer. J Inst Brew. (2001).

Lei H, Zhao H, Yu Z, Zhao M. Effects of wort gravity and nitrogen level on
fermentation performance of brewer's yeast and the formation of flavor volatiles.
Appl Biochem Biotechnol. (2012).

Lei, H., Zao, H., Yu, Z., Zao, M. (2012). Effects of wort gravity and nitrogen level
on fermentation performance of brewer's yeast and the formation of flavor
volatiles. Applied Biochemistry and Biotechnology. 166: 1562–1574.

Manual de cervecería – E González Lanuza.

Medigan, M., Martinko, J., Parker, J. (2003). *Biología de los microorganismos*. Pearson education 1096 pp.

Meilgaard M. Effects on flavour of innovations in brewery equipment and processing: A review. *J Inst Brew.* (2001).

Meilgaard M. Effects on flavour of innovations in brewery equipment and processing: A review. *J Inst Brew.* (2001).

Meilgaard, M., Peppard, TL. (1986). The flavour of beer. In *Food flavours, Part B. The flavour of beverages*; Morton, ID, MacLeod, AJ., Eds.; Elsevier: Amsterdam, Holanda. 99 pp.

Moonjai N, Verstrepn KJ, Derdelinckx G, Verachtert H, Delvaux FR. Linoleic acid supplementation of a cropped brewing lager strain: effects on subsequent fermentation performance with serial repitching. *J Inst Brew.* (2003).

Mosher, R. (2009) *Tasting beer*. Storey Publishing, LLC. 248 pp.

Nickerson, GB y Van Engel, EL (1992). Perfil de componentes de aroma de lúpulo y unidad de aroma. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Químicos Cerveceros*, 50 (3), 77–81.

Nolasco-Fernandez, A.. (1998). LA CERVEZA, SU HISTORIA PRODUCCION Y CARACTERISTICAS. *DYNA*, 73(6). 12-22

O'Connor-Cox ES, Ingledew WM. Wort nitrogenous sources----Their use by brewing yeasts: A review. *J Am Soc Brew Chem.* (1989); 47:102---8.

Palmer, J. (1996) *How to brew*. Brewers Publications.USA 347 pp.

Papazian, C. (1991) *The complete Joy of Homebrewing Third edition*. Paperback. 224 pp

Papazian, C. (1991) *The complete Joy of Homebrewing* Third edition.

Ranzuglia, Gladys. *Cerveza* (cátedra tecnología de derivados, 2019).

S.M.G. Saerens, F. Delvaux, K.J. Verstrepen, P. van

Dijck, J.M. Thevelein, F.R. Delvaux. Parámetros que afectan la producción de éster etílico por *Saccharomyces cerevisiae* durante la fermentación. *Appl Environ Microbiol.*, 74 (2008), pp. 454-461

S.M.G. Saerens, F. Delvaux, K.J. Verstrepen, P. van

Dijck, J.M. Thevelein, F.R. Delvaux

Saerens, SMG, Verbelen, PJ, Vanbeneden, N. et al. Monitoreo de la influencia de la elaboración de cerveza a alta gravedad y la temperatura de fermentación en la formación del sabor mediante el análisis de los niveles de expresión genética en la levadura cervecera. *Appl Microbiol Biotechnol* 80, 1039–1051 (2008).

Valdés, J. G. (2016). La Malta: el alma de la cerveza. *Cerveza y malta*, 212, 13-19.

Verbelen PJ, Saerens SM, van Mulders SE, Delvaux F. The role of oxygen in yeast metabolism during high cell density brewery fermentations. *Appl Microbiol Biotechnol.* (2009).

Vidal EE, Billerbeck GM, Simões DA, Schuler A, François JM, Antonio M. Influence of nitrogen supply on the production of higher alcohols/esters and expression of flavour-related genes in cachaca fermentation. *Food Chem.* (2013).

Vogel, W. (1996). *Elaboración casera de cerveza*. Editorial Acribia S.A. España. 121 pp.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: concentraciones de iones del agua deseados para la elaboración de cerveza	39
Tabla 2: cuadro comparativo entre levaduras Ale y Lager	43
Tabla 3: utilización del lúpulo según tiempo de cocción	61
Tabla 4: ejemplos de algunos valores de aprovechamiento de lúpulo.....	78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: crecimiento de la producción de cerveza artesanal en Argentina	22
Gráfico 2: rango de actividad de las enzimas presentes en el mosto durante la maceración	54
Gráfico 3: concentraciones de los compuestos del lúpulo según el tiempo del hervor.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: La cerveza tiene su origen en la Mesopotamia.....	17
Figura 2: cerveza en el antiguo Egipto.....	18
Figura 3: descripción organoléptica de los distintos tipos de cerveza.....	24
Figura 4: botánica del grano de la cebada (Hordeum Vulgare)	28
Figura 5: partes del grano de la cebada	29
Figura 6: esquema del proceso del malteado	29
Figura 7: remojado del grano de la cebada	31
Figura 8: brote o plúmula del grano de cebada	32
Figura 9: etapa de reposo germinación	33
Figura 10: diferentes tonalidades de la malta de acuerdo a su tostado	34
Figura 11: inoculación de la levadura seca.....	41
Figura 12: observación microscópica de la levadura	42
Figura 13: planta de lúpulo con sus inflorescencias a la vista	45
Figura 14: botánica de la inflorescencia del lúpulo	46
Figura 15: plantación del lúpulo	47
Figura 16: inflorescencias de lúpulo fresco y pellets de lúpulo	49
Figura 17: empaste o macerado, momento en que el grano entra en contacto con el agua	51
Figura 18: recirculado y lavado del grano, se realiza 15 minutos antes de finalizar el macerado	57
Figura 19: hervor del mosto	59

Figura 20: fórmula para calcular la cantidad de lúpulo a agregar	60
Figura 21: agregado del lúpulo en pellets al hervor	61
Figura 22: fermentador tronco-cónico	66
Figura 23: cerveza fermentando en un fermentador con "airlock" o trampa de oxígeno para evitar el ingreso del mismo al fermentador	67
Figura 24: filtros de cartucho para cerveza	68
Figura 25: misma cerveza (filtrada, clarificada con gelatina y clarificada con frío)	68
Figura 26: fórmula para el cálculo de los IBUs en la cerveza	77
Figura 27: moras previo al agregado del macerado.....	82
Figura 28: bolsa de maceración con la malta y mora.....	83
Figura 29: mosto previo al hervor luego de retiradas las moras y la malta	83
Figura 30: cervezas en fermentación. En el fermentador azul con moras durante la fermentación	84
Figura 31: ambas cervezas madurando en heladera.....	85
Figura 32: segundo desborre y cubicado de litros para agregar el azúcar de maíz para la segunda fermentación en botella	86
Figura 33: tela de nylon para filtrar la cerveza	86
Figura 34: densidad inicial (al terminar el hervor)	87
Figura 35: densidad final.....	87
Figura 36: mosto minutos previos a romper hervor.....	88
Figuras 37: borras gruesas sedimentadas en el fermentador	89
Figura 38: preparado del "almibar" para la segunda fermentación en botella. Hirviendo una parte para disolver el azúcar se evita contaminación	90

Figura 39: densidad inicial al finalizar el hervor	91
Figura 40: densidad al momento del agregado de las moras al fermentador ...	91
Figura 41: densidad final luego de la fermentación reactivada por el agregado de las moras	92