

Guillem PASCUAL FABREGAT

SEGUIMIENTO DE LA TURBIDEZ DE LA CERVEZA

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

dirigido por Roger Plata Cots y Jordi de Mier Vinué

Máster en BEBIDAS FERMENTADAS

Facultat d'Enologia



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

**Tarragona
Setiembre 2019**

ÍNDICE

Resumen/Abstract	1
1. Introducción	2
2. Objetivos	3
3. La turbidez en cerveza.....	3
3.1. Las causas de la turbidez en cerveza.....	3
3.2. La turbidez física.....	4
3.2.1. La turbidez generada por compuestos proteína-polifenol	4
3.2.2 La turbidez física generada por otros compuestos	8
3.3. La turbidez biológica	9
4. Métodos de clarificación y de estabilización coloidal	11
4.1. Clarificación del mosto.....	12
4.2. Clarificación de la cerveza	13
4.3. Estabilización coloidal de la cerveza	14
5. Materiales y Métodos	15
5.1. Muestras de cerveza	15
5.2. Muestreo	16
5.3. Análisis de la turbidez	18
6. Resultados	19
6.1. Seguimiento de la maduración de la cerveza.....	20
6.2. Seguimiento de la clarificación de la cerveza.....	22
7. Conclusiones.....	24
8. Bibliografía	25
ANEXOS	29

Resumen

La turbidez en la cerveza es causada esencialmente por partículas de tamaño variable que dispersan la luz. Substancias como proteínas, polifenoles (taninos), polisacáridos (β -glucanos), células de levaduras y bacterias y materiales extraños pueden contribuir al enturbiamiento de la cerveza. A menudo, se observan dos formas de turbidez posterior al envasado: “chill haze”, que resulta de partículas precipitadas en cerveza fría, y “permanent haze”, que es visible en la cerveza a temperatura ambiente. El “chill haze” es reversible mientras que el “permanent haze” no lo es.

Con algunas excepciones, los consumidores esperan que la cerveza envasada sea clara y brillante, y, por lo tanto, estos atributos deben permanecer a lo largo de su vida útil. De hecho, la fecha de consumo preferente está determinada principalmente por la estabilidad física; en el caso de aparecer un enturbiamiento se comprometería la calidad del producto, siendo un gran defecto.

Por ese motivo, hay varias técnicas durante el proceso cervecero que se basan en separar los elementos turbios de la cerveza. Se realizan esencialmente dos clarificaciones: la del mosto y la de la cerveza, y se suelen utilizar métodos físicos para separar los sólidos turbios de la cerveza como el “whirlpool” en el mosto o la filtración en la cerveza.

El trabajo de campo realizado se basa en realizar un seguimiento de la turbidez de la cerveza en la “Companyia Cervesera del Montseny” en dos etapas claves para su reducción: la maduración y la clarificación, con el objetivo de optimizar el tiempo de maduración y mejorar la eficiencia de la centrifugación y filtración.

Abstract

Turbidity in beer is essentially caused by particles of varying size that scatter light. Substances such as proteins, polyphenols (tannins), polysaccharides (β -glucans), yeast and bacteria cells, and foreign materials could contribute to beer haze. Two forms of turbidity are often observed: chill haze, resulting from particles precipitated in cold beer, and permanent haze, which is visible in beer at room temperature. Chill haze is reversible while the permanent haze is not.

With some exceptions, consumers expect packaged beer to be clear and bright, and, therefore, these attributes must remain throughout their useful life. In fact, best-before date is mainly determined by physical stability, as if there is turbidity it would compromise the quality of the product, being a true defect.

For this reason, there are several techniques during the brewing process that are based on separating the hazy elements from beer. Essentially, two clarifications are made: wort clarification and beer clarification, and physical methods are often used to separate the turbid solids from beer, like whirlpooling in wort and filtration in beer.

The fieldwork carried out is based on monitoring the turbidity of beer in “Companyia Cervesera del Montseny” brewery in two key stages for its reduction: maturation and clarification, with the aim of optimizing the maturation and improving the efficiency of centrifugation and filtration.

1. Introducción

La cerveza es un producto fruto de una compleja mezcla de más de 450 componentes de diferentes orígenes¹. Estos componentes pueden proceder de las materias primas como la malta, el lúpulo, o de los cambios fisicoquímicos producidos en el proceso cervecero, tanto en la elaboración del mosto como en el proceso fermentativo.

Esta gran complejidad puede provocar problemas de diferente índole en el proceso productivo de la cerveza, y uno de ellos es la formación de compuestos turbios que promueven un aumento de la turbidez que, en la gran mayoría de estilos de cerveza, afecta a la calidad del producto final.

De hecho, se sabe que varios componentes orgánicos como las proteínas, polifenoles y algunos carbohidratos como los β -glucanos son responsables de la formación de compuestos que generan turbidez. Así mismo, también existe un aumento de la turbidez debido a la actividad biológica de las células de levadura.

En este trabajo se va a dar una visión general sobre qué posibles causas existen en la formación de compuestos turbios, sus orígenes y cómo evitarlos. Además, se explicarán qué técnicas existen hoy en día para la reducción de la turbidez o clarificación de la cerveza, como son la centrifugación o la filtración, y que ventajas e inconvenientes suponen cada una de ellas.

Se debe tener en cuenta que el enturbiamiento es uno de los defectos más importantes que afectan a la calidad final de la cerveza a lo largo de su vida útil. La visión de los consumidores es muy negativa en cuanto a este defecto, ya que incluso se percibe como un peligro potencial, por lo que disminuiría la probabilidad de repetir la compra del producto^{2,3}.

En base a la parte teórica, que será descrita sobre la turbidez de la cerveza y sus entresijos, podemos definir cuál es el propósito práctico del Trabajo de Final de Máster. El estudio de campo se basó en realizar un seguimiento de la turbidez, mediante el uso de un turbidímetro prestado por la bodega experimental de la Universidad Rovira y Virgili “Mas dels Frares”, en la planta productiva de la “Companyia Cervesera del Montseny”. Se analizaron muestras durante la maduración de la cerveza y en el sistema de clarificación para ver si era posible la optimización del tiempo de maduración y la mejora del sistema de clarificación.

2. Objetivos

A continuación, se citan los objetivos que se han ido desarrollando a lo largo de la elaboración del Trabajo de Final de Máster. En cuanto la parte teórica respecta:

- Reflejar la relevancia que tiene la turbidez como parámetro de calidad en la industria cervecera, y la importancia de la implantación de operaciones unitarias para su reducción.
- Identificar y clasificar los compuestos turbios según su origen u otros factores.
- Conocer y describir cuáles son las causas responsables de la formación de partículas turbias, y saber cómo evitar su formación o bien cómo eliminarlas.
- Indagar sobre las metodologías existentes en cuanto a la disminución de la turbidez o clarificación de la cerveza.

En cuanto el trabajo de campo:

- Desarrollar un experimento dónde se pueda realizar un correcto seguimiento de la turbidez con los medios que sean posibles.
- Analizar si el resultado de realizar el seguimiento de la turbidez puede contemplar la mejora del sistema productivo, optimizando el tiempo de maduración y aumentando la eficiencia de la clarificación de la cerveza.
- Identificar qué errores y qué mejoras se podrían llevar a cabo en un futuro estudio de la misma temática.

3. La turbidez en cerveza

Las bebidas tales como la cerveza o el vino son productos formulados para que generalmente sean percibidas por el consumidor como claras (exentas de turbidez) y que esta estabilidad coloidal perdure a lo largo de su vida útil. En cambio, los productos turbios son percibidos como defectuosos e incluso potencialmente nocivos.

El fenómeno de la turbidez en bebidas ocurre cuando la luz que pasa a través del seno del líquido es desviada o dispersada por las partículas suspendidas. Normalmente estas partículas son de tamaño coloidal (1-1000 nm) ya que partículas de mayor tamaño no suelen formar sistemas tan estables a lo largo del tiempo⁴.

3.1. Las causas de la turbidez en cerveza

La turbidez en la cerveza, como en otras bebidas, puede ser causada por una gran variedad de fenómenos. La cerveza es una mezcla de muchos compuestos que incluyen proteínas, carbohidratos, polifenoles, ácidos grasos, ácidos nucleicos, aminoácidos, etc.

que causarían la llamada turbidez física¹. Algunos de estos compuestos tienden a agregarse y formar turbidez con diferentes tamaños de partículas y formas. Entre los contribuyentes a la formación de la turbidez, la interacción proteína-polifenoles es la causa más frecuente⁴. Además, también existe la turbidez biológica debido, sobre todo, al crecimiento de la población de levaduras. En plena fermentación, cuando esta es más vigorosa se alcanza el máximo de turbidez biológica, así como el máximo de población de levaduras. A partir de entonces, comienza la fase estacionaria seguida de la muerte celular. Aquí juega un papel muy importante la floculación de las levaduras ya que estas están suspendidas hasta que, debido a la aplicación de frío o “cooling”, sedimentan.

Gleinsten clasificó las partículas turbias de la cerveza como partículas nativas (procedentes de los ingredientes de la cerveza), partículas de proceso (derivadas de los cambios fisicoquímicos durante el proceso productivo) y partículas extrañas⁵. Por otro lado, también se han definido dos grandes grupos de partículas turbias una vez envasado el producto: “chill haze” y “permanent haze”⁶. El “chill haze” se desarrolla cuando la cerveza se enfría a 0°C, lo que implica una asociación no covalente reversible de polifenoles pequeños polimerizados con proteínas. Cuando se aumenta la temperatura, estas partículas se vuelven a disolver en la cerveza y disminuye la turbidez. En cambio, el “permanent haze” está presente suspendido en la cerveza a cualquier temperatura. Lo que inicialmente resulta de la unión no covalente entre polipéptidos y polifenoles, acaba produciendo enlaces covalentes formando complejos insolubles e irreversibles⁷. Cabe señalar que ambos tipos de interacciones proteína-polifenol se desarrollan y, eventualmente, existen en la cerveza incluso cuando se estabiliza adecuadamente.

3.2. La turbidez física

3.2.1. La turbidez generada por compuestos proteína-polifenol

Como se ha comentado anteriormente, la turbidez más problemática es la compuesta por la unión de proteínas y polifenoles. A continuación, se explicará el rol de cada uno de los compuestos.

Proteínas responsables de la turbidez

La cerveza contiene aproximadamente 500 mg/L de material proteico, incluyendo una variedad de polipéptidos con un rango de masa molecular de 5-100 kDa. La concentración proteica para que se produzca turbidez es de 2 mg/L, y en la cerveza hay una concentración bastante mayor como se puede observar³.

De manera genérica, se podría decir que hay dos tipos de proteínas según su rol. Por una parte, aquellas que interesa retener debido, por ejemplo, a su papel en la capacidad espumante. Y por la otra, aquellas que deben de ser minimizadas o eliminadas ya que provocan el enturbiamiento³.

Dentro de las materias proteicas que provocan el fenómeno de la turbidez, coexisten dos grupos principalmente: las proteínas y sus productos de descomposición. Los subproductos proteicos se caracterizan por ser siempre solubles y no precipitar durante el hervido. En cambio, las proteínas pasan a formar parte del “trub” caliente ya que precipitan y son eliminadas durante el “whirlpool”⁸.

Sólo el 20% del total de las proteínas del grano son solubles en soluciones acuosas, de las cuales se cree que algunas son resistentes a la proteólisis y a la coagulación debida al calor siendo capaces de avanzar a través del procesado de la cerveza sin ser demasiado modificadas; y otras que se hidrolizan derivándose en cadenas polipeptídicas⁹⁻¹¹. Del contenido proteico total sólo una tercera parte pasa a la cerveza terminada, el resto se elimina¹².

Las proteínas son consideradas los principales contribuyentes a la formación de partículas turbias, y su composición y el grado de modificación al que son sometidas durante el malteo y el proceso cervecero es de suma importancia. De hecho, los gránulos de partículas aislados que forman los turbios consisten entre un 40-75% de proteínas, o polifenoles en combinación con proteínas y un 2-15% de carbohidratos³.

Se ha podido observar que, proteínas “haze active” (HA) como la hordeína de la cebada están muy involucradas en el enturbiamiento, según su contenido en prolina. Esto es debido a que los residuos de prolina están involucrados en los lugares donde los polifenoles se unen a las proteínas. Del mismo modo, se ha observado que las proteínas HA contienen muchos residuos de glutamina, ya que cuando la prolina y la glutamina son adyacentes tienden a permitir una unión, inusualmente fuerte, con los polifenoles⁴.

Asano *et al* ya apreciaron que las fracciones proteicas de la hordeína producían “chill haze”, con pesos moleculares de 1-40 kDa y cantidades apreciables de prolina¹³. Loise *et al* sugirieron que otras proteínas de la cebada como albúminas y globulinas, formaban fracciones ácidas que también eran responsables del “chill haze”¹⁴. Nadzeyka y Altenhofen (1979) demostraron que la hordeínas ricas en prolina y ácido glutámico eran los principales iniciadores del desarrollo de la turbidez⁶. Otras investigaciones propusieron que los polipéptidos con un punto isoeléctrico entre 3-5 y pesos relativamente altos eran particularmente activos en la turbidez^{15,16}.

Polifenoles responsables de la turbidez

Los compuestos fenólicos representan un grupo de sustancias químicas que contienen al menos un fenol. Existen varias subdivisiones como los compuestos monofenólicos, polifenoles no flavonoides (p.e. estilbenos o taninos), flavonoides y taninos condensados (p.e. flavonoles o proantocianidinas), entre otros.

Los compuestos fenólicos de la cerveza provienen tanto de la malta como del lúpulo. Aunque, el lúpulo, aunque se agrega mucho menos, entorno a 100 veces menos que la malta, aporta alrededor del 30% del total de los polifenoles de la cerveza, siendo una fuente excepcional de catequinas y proantocianinas. Se debe señalar que no todos los polifenoles están involucrados en la inestabilidad física y no todos participan en el aumento de la turbidez. Es más, las estructuras de los polifenoles pueden evolucionar durante la producción y almacenamiento de la cerveza, siendo los oxidados los que están más implicados en la turbidez.

Los polifenoles HA deberían poder acoplarse y enlazarse efectivamente con los restos de prolina de las proteínas HA para formar una red estable, causando la precipitación del agregado¹⁷. Se ha demostrado que la unión del fenol a la proteína depende en gran medida del número y de la ubicación de los grupos hidroxilos en un anillo aromático y del grado de polimerización de los polifenoles, que presentan más actividad que los de un peso molecular menor^{18,19}. Debido a esto, los monofenoles apenas se unen a las proteínas, mientras los difenoles y trifenoles vecinales muestran afinidades de unión moderadas y relativamente fuertes, respectivamente¹⁷.

Se ha podido observar que los flavonoles oxidados pueden iniciar el “chill haze” y una vez condensados o polimerizados en proantocianidinas, participan en el “permanent haze”, debido a que poseen dos o más sitios de unión, lo que permite su reticulación con proteínas HA. Concretamente, se ha visto que la procianidina B3 y la prodelfinidina B3 son los principales polifenoles activos en la cerveza¹⁹.

Interacción entre proteínas y polifenoles

Según Siebert, el mecanismo básico que fomenta la interacción entre proteínas y polifenoles es que una molécula de polifenoles con al menos dos sitios de unión se una a dos proteínas, formando una estructura de 3 miembros¹⁷. Posteriormente, moléculas de polifenoles adicionales se pueden unir a esta estructura. Este proceso de construcción continuaría así, hasta formar un complejo de agregados que crezca tanto y cristalice, dejando de ser soluble.

Algunos autores afirman que la interacción proteína-fenol es reversible, al menos inicialmente, a causa del calentamiento que acaba dispersando esos agregados iniciales, antes que se produzcan los enlaces covalentes. Además, tanto los aceptores de hidrógeno como los solventes no polares (p.e. etanol) juegan un papel importante en la formación de enlaces con puentes de hidrógeno e hidrofóbicos²⁰.

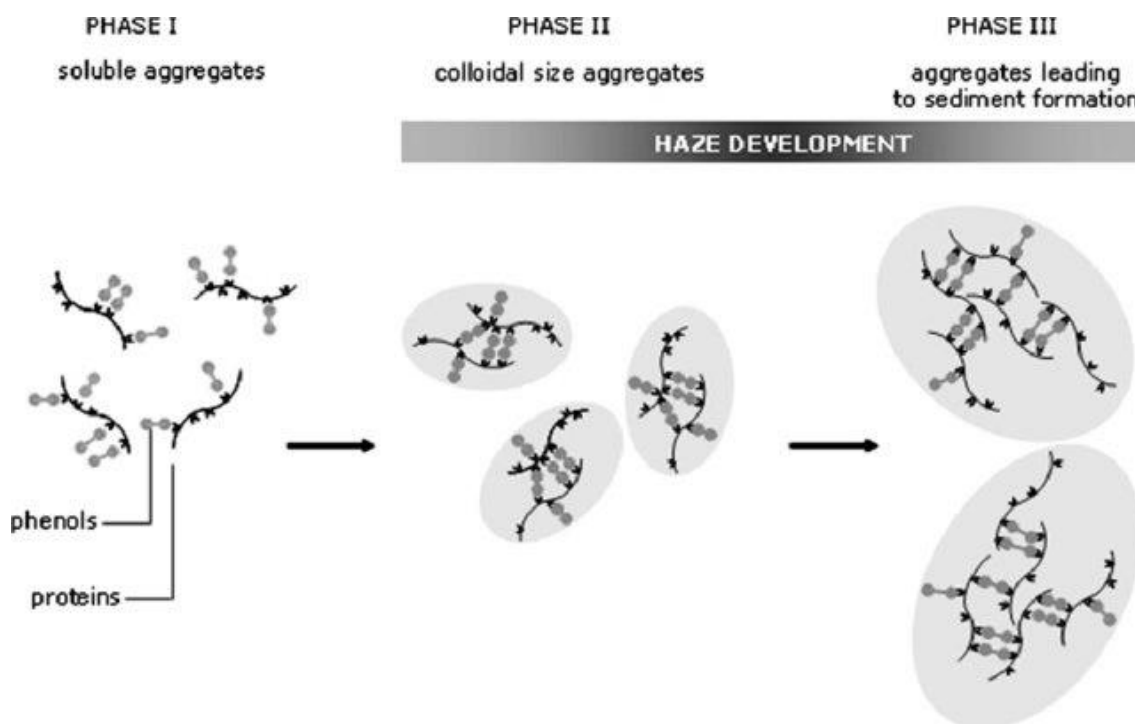


Figura 1. Proceso de formación del complejo proteína-polifenol^a

La interacción proteína-polifenol está influenciada por la concentración de proteínas, polifenoles y polisacáridos, el contenido en etanol, oxígeno, el pH, la temperatura, la fuerza iónica y la presencia de iones metálicos, pudiendo producir una mayor o menor inestabilidad coloidal²¹⁻²³. Tiene gran importancia la ratio proteína/polifenol, ya que se alcanza una mayor turbidez cuando el número de extremos de unión de los polifenoles a los sitios de unión de las proteínas son casi iguales²⁴. Por ejemplo, se vio que si se aumenta el pH la turbidez aumenta inicialmente hasta un pico y después disminuye. En cuanto al etanol, no se vio un cambio muy relevante, sólo con las partículas más grandes. La temperatura tiene una influencia significativa en la formación de turbidez, ya que un aumento en la temperatura aumenta la velocidad de las reacciones entre proteínas y polifenoles. Por lo tanto, la pasteurización o el almacenamiento a una temperatura más alta aceleraría la velocidad de dichas reacciones²⁵. La oxidación o la presencia de oxígeno tiene un gran efecto en el aumento de turbidez, ya que la oxidación promueve la polimerización de los polifenoles que se entrecruzan con las proteínas. Los iones de metal, así como la exposición de la luz, promueven la oxidación, así que también promoverían la polimerización y aumento de la turbidez indirectamente^{25,26}.

3.2.2 La turbidez física generada por otros compuestos

A parte de las partículas turbias generadas por la asociación de proteínas y polifenoles, existen otro tipo de componentes que pueden ocasionar el aumento de la turbidez. El enturbiamiento puede estar causado también a los restos del almidón residual, pentosanos derivados de adjuntos, oxalatos derivados de mostos deficientes de sales de calcio, betaglucanos de maltas indebidamente malteadas, carbohidratos y proteínas de la lisis de la levadura, materiales auxiliares como tierras utilizadas para la filtración, etc²⁶.

- Polisacáridos

El almidón de la cebada consiste en dos polisacáridos: amilosa (20-30%) y amilopectina (70-80%), con monómeros de D-glucosa enlazados entre sí mediante enlaces α -(1-4) y α -(1-6), respectivamente.

El almidón degradado es el componente principal del extracto del mosto. Si el almidón no es totalmente degradado durante la maceración, la turbidez puede aparecer. Esto puede pasar en las siguientes etapas del proceso productivo:

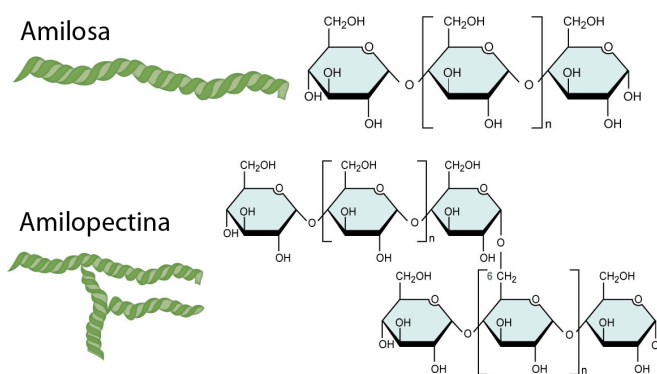


Figura 2. Estructura almidón^b

- Durante el proceso de malteado, cuando el contenido de granos vidriosos supera el 3%, pueden producirse problemas posteriormente en la filtración.
- Durante la molienda, cuando los granos de cebada no se molturan correctamente y no pueden ser degradados correctamente en la maceración. Parte del almidón permanece en el mosto aumentando viscosidad y a consecuencia la turbidez.
- Durante la maceración, según el programa de maceración (T^a/t) actúan con más actividad unas enzimas u otras y quizás no se degrada del todo el almidón. El caso descrito puede estar buscado por el maestro cervecero.
- Durante la filtración del mosto, si la temperatura es muy alta se puede llevar a cabo una sacarificación tardía.
- En el hervido, si los granos de almidón sobreviven al proceso de maceración y alcanzan el “boiler” estos se pueden aglutinar entre sí y causar turbidez.
- En la fermentación, si la levadura está estresada (temperaturas elevadas, elevada concentración de extracto, etc.), se puede liberar glucógeno, que es un

compuesto que forma parte de la reserva energética, y contiene una estructura ramificada debido a enlaces α -(1-6) y un gran tamaño molecular, aumentando la viscosidad y la turbidez de la cerveza^{3,27}.

Si hablamos de polisacáridos que el cervecero debe evitar a toda costa, son los β -glucanos. En los granos de cebada, formando parte y teniendo una función estructural en las paredes celulares los podemos encontrar. Estos están constituidos de D-glucosas con enlaces β -glicosídicos β -(1-3) y β -(1-6). Los β -glucanos son un gran problema ya que estos no pueden ser degradados por las enzimas de maceración y no se

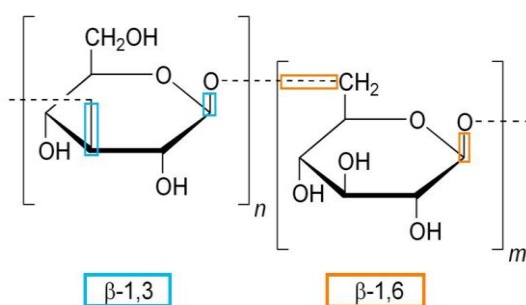


Figura 3. Estructura β -glucano^c

descomponen en ninguna etapa del proceso cervecero y acaban en el producto final. Son muy conocidos por provocar problemas en la filtración ya que estos debido a su estructura 3D aumentan la viscosidad. Aun así, un estudio reveló que los β -glucanos con un tamaño de 300 kDa aumentan la turbidez después de la filtración²⁸.

- Oxalatos

Los granos de la malta de los cereales generalmente contienen oxalatos, y su concentración depende de cada cosecha. Como resultado se pueden desarrollar cristales de oxalato sobre todo con sales de calcio. Por ese mismo motivo, al agua utilizada en el proceso cervecero se le añade CaSO_4 para hacer precipitar a los oxalatos en forma de cristales²⁹. Para que no haya oxalatos libres, se debe de añadir suficientes sales de calcio al “liquor” para promover dicha precipitación.

3.3. La turbidez biológica

La actividad biológica de las levaduras es la responsable de la transformación del mosto en cerveza. Debido al efecto “crabtree” las levaduras *Saccharomyces spp* cuando se encuentran en un medio con una elevada fuente de glucosa y/o fructosa fermenta en vez de realizar la respiración, incluso en presencia de oxígeno. Por lo que, la levadura una vez realizada la glucólisis (1 glucosa $\rightarrow$ 2 piruvatos), realiza la fermentación alcohólica (2 piruvatos $\rightarrow$ 2 etanoles). Esto resulta una ventaja competitiva ya que consigue utilizar rápidamente los recursos del medio y genera etanol que es una molécula tóxica para muchos microorganismos.

El propio crecimiento de la población de levadura provoca el enturbiamiento de la cerveza, ya que las células se encuentran en suspensión, desviando la luz. El pico de turbidez coincide con el final de fase exponencial del crecimiento, y se mantiene, aunque empieza a disminuir, en la fase de estacionaria.

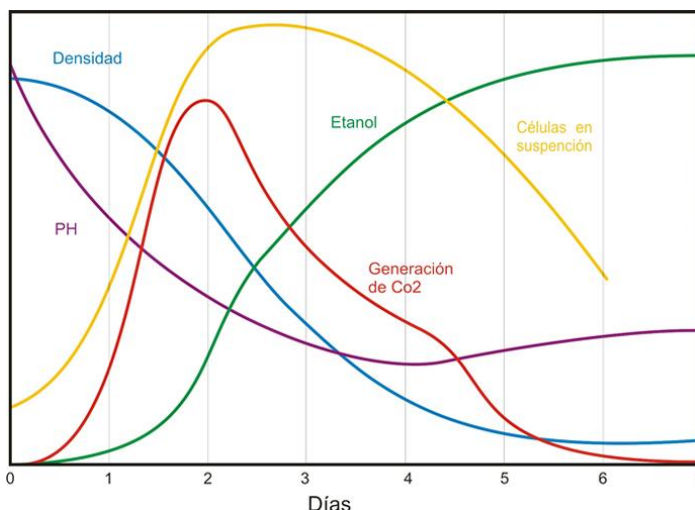


Figura 4. Fermentación alcohólica de *Saccharomyces spp.*^d.

Una vez acabada la fermentación, comienza la maduración de la cerveza donde hay una serie de cambios fisicoquímicos en la cerveza, debido, sobre todo, al metabolismo secundario de la levadura, que acaba dando lugar a cambios organolépticos, pasando de cerveza verde a cerveza madura. Hacia el final de la maduración, se suele bajar la temperatura del fermentador, para fomentar la floculación y precipitación de las levaduras.

La capacidad floculante de *Saccharomyces spp.* para adherirse a células y superficies abióticas es debido a unas proteínas de la pared celular denominadas adhesinas o floculinas que son codificadas por los genes FLO. La floculación es un proceso calcio-dependiente y reversible donde las levaduras se adhieren formando flóculos de miles de células que sedimentan hacia el fondo de los fermentadores clarificando la cerveza.

Las floculinas (proteínas adheridas a la pared celular sólo de las levaduras floculantes) se unen selectivamente a residuos de manosa (receptores presentes en todas las levaduras) que se encuentran en las células adyacentes.

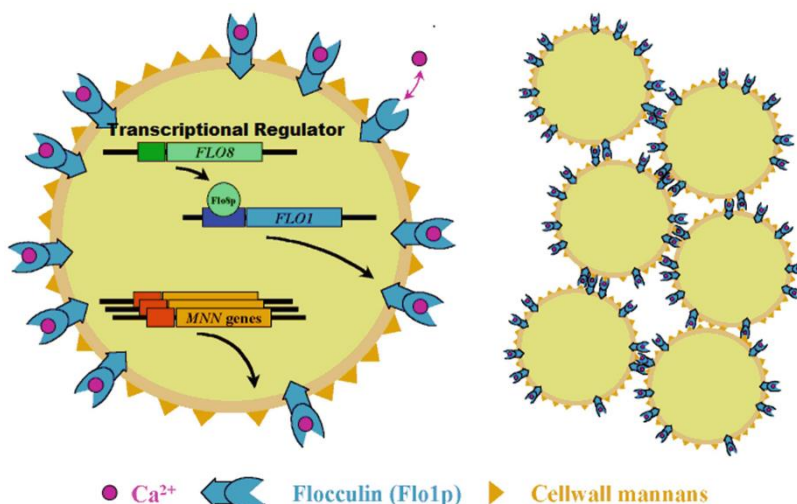


Figura 5. Proceso de floculación de las levaduras^e

Hay varios factores que afectan la floculación:

- **Iones de calcio**

Los iones calcio activan las globulinas. Si en el medio no hay, no se produce la floculación.

- **Nutrientes y factores de crecimiento**

Los azúcares se pueden unir a los receptores inhibiendo la unión floculina-manosa. Por lo tanto, los azúcares del mosto (glucosa, maltosa y sacarosa) inhiben la floculación asegurando que las células están dispersas al inicio de la fermentación. El consumo de los azúcares para producción de etanol conduce a la posterior floculación cuando estos se han agotado. En cambio, se ha visto que el alto contenido de FAN reprime los genes FLO. Por otra parte, si las levaduras se encuentran bajo condiciones de estrés como la carencia de oxígeno o la falta de nutrientes se produce una floculación temprana. El contenido en etanol también induce a la floculación ya que es un factor de estrés.

- **Temperatura y pH**

Las temperaturas bajas favorecen la floculación mientras que las altas dispersan los flóculos que vuelven a estar suspendidos en el medio, y la acidificación del medio propicia un cambio en la carga de la membrana celular, favoreciéndose así el contacto entre células.

- **Edad y tamaño celular**

Las levaduras viejas son más grandes, arrugadas, hidrofóbicas y contienen más floculinas que las levaduras jóvenes, por lo que floculan mejor.

4. Métodos de clarificación y de estabilización coloidal

Durante el “cooling” se van realizando purgas del material que se ha ido sedimentando, tanto levaduras como “trub” frío, de modo que se va consiguiendo una continua clarificación de la cerveza. Para acelerar este proceso para que la guarda no sea muy larga se utilizan técnicas de clarificación y de estabilización coloidal.

Como se ha visto, el origen de la turbidez es variable y para que las sustancias turbias no supongan un defecto en la calidad de la cerveza se deben de realizar unas correctas prácticas durante el proceso de elaboración de cervezas, para evitar su aparición o forzar su desaparición, des de la selección de las materias primas o el malteado hasta la fabricación del mosto cervecero y su respectiva fermentación.

Nos centraremos en describir aquellos procesos que buscan la clarificación del mosto y de la cerveza, así como su estabilización coloidal.

4.1. Clarificación del mosto

Esta etapa sucede justo después de la ebullición del mosto, donde el aumento de la temperatura por encima de 100°C provoca una serie de cambio fisicoquímicos en el mosto. El que nos interesa a nosotros es la formación del “hot break”. Esto consiste en la formación de partículas de un tamaño considerable ($30\text{-}80\mu\text{m}$), a causa de la aglomeración de proteínas de la malta junto con la parte vegetal del lúpulo que se ha añadido, que normalmente suelen precipitar, siempre y cuando se deje tiempo para que se compacte esta masa llamada “trub caliente”³⁰.

Actualmente existen varias técnicas para conseguir este propósito, pero la más utilizada con diferencia es el “whirlpool”, seguido de la centrifugación.

El “whirlpool” es un tanque cilíndrico, sin accesorios internos, donde el mosto es bombeado tangencialmente. Esto produce un flujo rotacional dentro del tanque que causa el “hot break”, que acaba sedimentando en el medio del tanque, con un período de descanso entre 20 y 40 min. Uno de los factores más importantes es la velocidad con la que se bombea el mosto. No se debe de operar con una gran velocidad ($<5\text{ m/s}$) para que no haya fuerzas de cavitación que provocarían que se deshiciese el “trub” caliente³⁰.

Con la centrifugación, se consigue separar el “trub” caliente, pero de manera acelerada. El principio por el que se rige el funcionamiento de una centrifuga, se basa en separar sólidos de líquidos de diferente densidad por el medio de una fuerza de rotación o centrífuga. Los componentes más densos de la mezcla se desplazan fuera del eje de rotación de la centrífuga, mientras que los componentes menos densos se desplazan hacia el eje de rotación. Hoy en día, en las centrifugas de platos hay sistemas de descargas automática para excretar los sólidos³⁰.

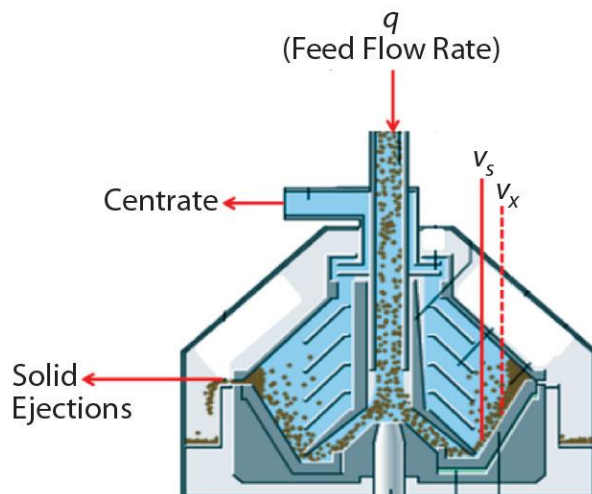


Figura 6. Esquema centrífugadora de discos^f

Se ha antepuesto el uso de la metodología del “whirlpool” ya que es un método efectivo y más económico que la centrifugación. El gran potencial de la centrifugación es la velocidad del proceso.

4.2. Clarificación de la cerveza

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

Durante el tiempo de guarda a temperaturas bajas o “cooling” (0-5°C), la mayor parte de la levadura en suspensión y del “chill haze” precipitan y se depositan al fondo del tanque. Los tanques más utilizados son cilindro-cónicos ya que favorecen dicha sedimentación.

También, hay que decir que hay ciertos parámetros que pueden afectar a la clarificación por el “cooling”.

- La cantidad y las propiedades de las partículas turbias. Por ejemplo, si se realiza un “dry hopping” se debe de tener en cuenta.
- La temperatura de la cerveza y la duración del proceso de “cooling”, este dura entre 1 y 2 semanas a una temperatura de 0 a -1°C.
- La posible existencia de una fermentación secundaria vigorosa³⁰.

La parte sedimentada se suele purgar por el fondo del tanque, disminuyendo la turbidez de la cerveza. Una vez se alcanza, aproximadamente, una concentración de 2 millones de células/ml, se puede realizar el trasvase de la cerveza³⁰.

Cuando se realiza el trasvase, si interesa al maestro cervecero y según el estilo cervecero que se elabore, se pueden realizar tratamientos adicionales para conseguir una turbidez menor. Ya que, si no se realiza cuando la cerveza este envasada, a lo largo de su vida útil pueden precipitar las moléculas turbias. Una decantación, por largo que sea el periodo de guarda, no consigue unos resultados suficientes.

Se pueden utilizar técnicas de separación física para clarificar la cerveza. En muchas cervecerías, como la Montseny, se realiza en tándem un proceso de centrifugación seguido de una filtración.

La centrifugación permite eliminar hasta un 99% de la levadura presente, aunque solo se da buenos rendimientos cuando las levaduras flocculan bien.

La filtración, es un proceso unitario de separación de sólidos en una suspensión a través de un medio mecánico poroso. El medio poroso o filtro, retiene los sólidos de mayores del tamaño de la porosidad y permite el paso del líquido y de las partículas de menor tamaño a la porosidad.

La presión es el parámetro que controlar en esta operación. Debe de existir un diferencial de presión adecuado a la compresibilidad de la torta de filtración.

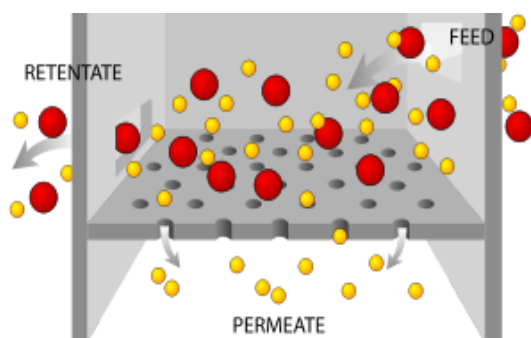


Figura 7. Esquema proceso de filtración⁹

Existen varias metodologías asociadas a este proceso y hay diferentes tipos de filtros que se puede utilizar como los filtros de masas (kieselguhrs o de tierras de diatomeas, celulosa...), de prensa o de marcos y placas, de bujías, de placas, de módulos, de cartuchos, de flujo cruzado, etc.

4.3. Estabilización coloidal de la cerveza

A parte de los sistemas físicos y mecánicos para eliminar las partículas turbias, existen otras técnicas para eliminar selectivamente los factores que incrementan la formación de las partículas turbias. Algunos ejemplos serían: la extracción o degradación de la fracción proteica de alto peso molecular y/o de la fracción polifenólica, la eliminación del oxígeno o la adición de agentes estabilizantes.

- Gel de sílice

Los silicogeles son productos a partir de ácido sulfúrico y silicato sódico. Son selectivos del material proteico de alto peso molecular, pero apenas tienen efecto sobre la fracción proteica formadora de espuma. Se utilizan cantidades de 50-150 g/hL y suelen ser dosificadas antes de la filtración o durante el trasiego.

- PVPP (Polivinil polipirridona)

Es un material insoluble que es selectivo de la fracción polifenólica. La extracción se produce porque forma puentes de hidrógeno con los polifenoles a un determinado pH. Esta propiedad permite su recuperación, ya que en soluciones alcalinas no existe esta afinidad. Se emplea durante la filtración con dosis entre 10-50 g/hL.

- Ácido ascórbico

Se emplea como agente antioxidante, es decir, son moléculas que inhiben las reacciones de oxidación oxidándose ellas mismas, impidiendo que queden elementos ROS (Reactive Oxygen Species). La dosis es de 1-3 g/hL una vez clarificada la cerveza.

- Agentes quelantes

Son moléculas, como el EDTA, que son capaces de secuestrar los iones metálicos que son agentes pro-oxidantes. Se añaden en la fase de maduración de la cerveza.

5. Materiales y Métodos

5.1. Muestras de cerveza

En colaboración con el maestro cervecero de la “Companyia Cervesera del Montseny”, Jordi LLebaria, se realizó una selección de las cervezas que eran objeto de estudio.

Primero, se descartaron aquellas cervezas que por varios motivos no convenia introducirlas en el estudio. Todo tipo de colaboraciones se eliminó, ya que sólo habría un lote para realizar el seguimiento.

De la gamma de cervezas estacionales, se eliminaron las que no eran de temporada en aquel momento y se seleccionó la “Estival” (Session IPA) que se estaba produciendo de cara al verano.

De la gamma de cervezas fijas, se descartó: la cerveza de trigo “Blat” (Weizen Ale) debido a que en este estilo interesa tener un elevado grado de turbidez, por lo que no hay un proceso de clarificación; las cervezas oscuras “Negra” (Stout) y “Mala Vida” (Imperial Stout) ya que para cervezas con una unidad EBC de color muy elevada se interfiere con el análisis de la turbidez; y por último, con la “Malta” (Pale Ale) porque, en el período del estudio, el nivel de producción era bajo. Por lo tanto, se seleccionaron las cervezas “Aniversar IPA” (Indian Pale Ale), “Lupulus” (Blonde Ale), su versión ecológica “Ecolupulus” (Blonde Ale) y la nueva receta “Lager” (German Pils).

Las cervezas elegidas fueron las siguientes:



Figura 8. Cervezas de la “Companyia Cervesera del Montseny” seleccionades para el ensayo experimental^h

1. Montseny Lager: German Pils (Alc. 5,4% vol., Grado Plato 12,5 y 38 IBU's) con maltas Pilsen y Vienna y lúpulo Saaz.

2. Montseny Lupulus: Blonde Ale (Alc. 5,4% vol., Grado Plato 12,8 y 29 IBU's) con maltas Pilsen, de trigo y Caramalt y lúpulos Cascade. Fuggles, Nugget, Target y Celeia.

3. Montseny Ecolupulus: Blonde Ale (Alc. 5,4% vol., Grado Plato 12,8 y 29 IBU's) con malta Pilsen ecológica y lúpulos Sovereign, First Gold y Pacific gem ecológicos.

4. Montseny Aniversari IPA: Indian Pale Ale (Alc. 6,4% vol., Grado Plato 14,7 y 48 IBU's) con maltas Pilsen, Pale, de trigo, Caramalt, Biscuit y ácida y lúpulos Nugget, Target, Summit, Cascade y Celes.

5. Montseny Estival: Session IPA (Alc. 3,6% vol., Grado Plato 9, 53 IBU's) con maltas Pale Ale, Biscuit, Carapils y Carahell y lúpulos Chinook, Mosaic y Citra.

5.2. Muestreo

A continuación, se describirán los protocolos que se han seguido para la obtención de muestras de cerveza:

a) Seguimiento de la turbidez durante la fermentación i maduración

Después de cada cocción, el mosto es llevado acondicionado al fermentador correspondiente y se adiciona la levadura para que comience el proceso fermentativo.



Figura 9. Punto de muestreo: fermentador

Una vez acabado el proceso de fermentación (agotamiento de azúcares) se puede decir que comienza la etapa de maduración. Se dejan pasar de varios días y se van cogiendo muestras puntuales hasta que el medidor de turbidez da un resultado debajo de su valor de saturación (1000 FNU's).

Cada día, sobre la misma franja horaria (al mediodía), la muestra se recogerá por el grifo saca-muestras, que podemos observar en la imagen encima de la ficha de seguimiento. Esta muestra se analizará por triplicado en el turbidímetro portátil a dos temperaturas: temperatura del fermentador (T^{aFV}), temperatura ambiente ($T^{\text{a amb.}}$).

Con los datos obtenidos se rellena una ficha de seguimiento con la que podremos observar la disminución de la turbidez, debida a la sedimentación del material insoluble y las levaduras hacia el fondo del fermentador cilindro-cónico, debido a su precipitación por el frío.

b) Eficiencia del proceso de clarificación de la cerveza

Para saber cuál es el papel que tienen, tanto la centrifugación como la filtración, en el proceso de clarificación habrá diferentes puntos de muestreo durante el trasvase del fermentador al Bright-tank.



Figura 9. Sistema de clarificación en la cervecera "Montseny"



Figura 10. Toma de muestras centrífuga



Figura 11. Toma de muestra filtro

En las fotografías de la centrífuga se puede observar dos grifos (con círculos azul cielo), una es la entrada a la centrífuga de la cerveza sin clarificar (M1) y la otra es la salida de la cerveza clarificada (M2). Estos dos serían los dos primeros puntos de muestreo. El tercer punto de muestreo se cogería por el grifo saca-muestras del filtro (en la parte inferior del mismo), donde la cerveza estaría centrifugada y filtrada (M3).

Es importante que la recogida de muestras no se haga cuando la centrífuga realiza las descargas automáticas, ya que se desacoplan los discos para poder eliminar el residuo

centrifugado y eso tiene consecuencias. Durante las descargas, el flujo de cerveza sigue y esta no se centrifuga, sino que se recircula en la máquina y se arrastra parte del residuo, y además parte del flujo sigue hacia adelante pasando hacia el filtro. Se ha podido observar un incremento anormal de la turbidez en la cerveza, en los puntos de muestreo, cuando esto sucede.

Por último, se recoge también una muestra del bright-tank (M4) antes de que este que se carbonate de manera exógena, ya que el anhídrido carbónico podría interferir en el análisis de la turbidez. Además, con este muestreo se puede saber cuál es la turbidez real de la cerveza filtrada, que siempre será más alta que M3 debido a las descargas.

M1, M2 y M3 se recogen 3 veces durante el trasvase (inicio, intermedio y final). Por ejemplo, si se trasvasan 30 hL cogeremos muestras cuando se hayan clarificado 5 hL, 15 hL y 25 hL. En cambio, M4 se coge cuando el trasvase haya finalizado. Todas las muestras, se analizarán por triplicado y a dos temperaturas: temperatura clarificación y temperatura ambiente.

* Siempre que se cojan muestras a través de los grifos se debe dejar pasar flujo de cerveza hasta que la veamos clara, ya que es fácil que se produzcan tapones y arrastren las sustancias que lo forman dando lugar a turbideces más altas de lo real.

5.3. Análisis de la turbidez

Las mediciones de la turbidez de las muestras que se han descrito se realizaron con HI 93703 de Hanna Instruments, que es un turbidímetro portátil de fácil uso.

El funcionamiento del aparato se basa en iluminar a través de la cubeta y recoger los destellos de luz que se desvían a través de la muestra. La fuente de luz es un diodo LED de infrarrojos con una longitud de onda de 890 nm. Y el sensor, posicionado a 90° con respecto a la dirección de la fuente de luz, detecta la cantidad de haces de luz que han sido desviadas en ángulo recto por las partículas no disueltas de la muestra. El microprocesador convierte la medida en NTUs.



Figura 12. Turbidímetro HI 93703ⁱ

Tiene un rango de 0-1000 NTUs o FTUs (Formazine Turbidity Unit) en dos escalas: de 0,00 a 50,00 NTU y de 50 a 1000 NTUs.

Antes de su uso, el turbidímetro se debe calibrar con dos patrones (AMCO-AEPA-1) de FNUs conocidas (0 y 10 FNUs).

Procedimiento para medir.

- Se vierte 10 ml de la muestra, previamente agitada para su homogeneización, a medir en una cubeta limpia, se agita, evitando la formación de burbujas que puedan distorsionar las lecturas, y se coloca el tapón.
- Antes de insertar la cubeta por el orificio se debe secar y limpiar correctamente. El cristal de la cubeta debe estar ausente de ralladas, huellas dactilares, suciedad o del condensado de agua para evitar interferencias.
- Se coloca correctamente y se procede a la medición.

* Durante las mediciones es importante llevar un seguimiento de la temperatura, ya que hay partículas que según la temperatura se disuelven o precipitan. Así mismo, para realizar los triplicados se debe de realizar las mediciones rápidamente para que no haya errores inducidos por la disminución de la temperatura.

6. Resultados

En total, se llevaron parcial o totalmente el seguimiento de 10 elaboraciones con las diferentes cervezas que se han comentado en el apartado de “Materiales y métodos”. Se pueden consultar los “Anexos” para obtener más información sobre la recopilación de datos de las diferentes elaboraciones estudiadas.

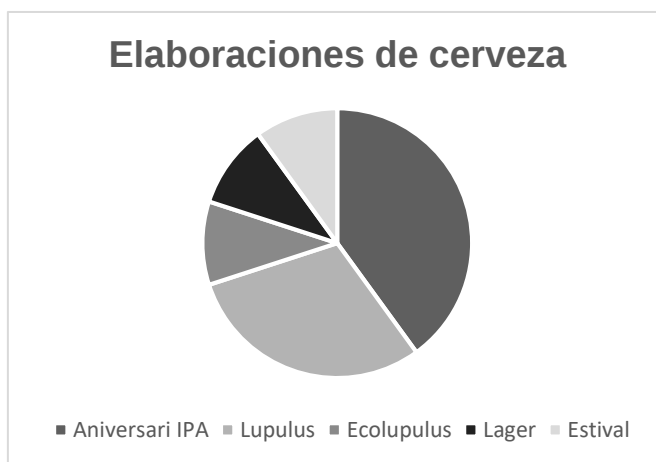


Figura 13. Número de elaboraciones por estilo de cerveza

Al ser el tamaño de la muestra tan pequeño es complicado sustraer resultados de los seguimientos de la turbidez. Además, muchos de los seguimientos son incompletos por diferentes causas.

La más importante es por la falta de tiempo. Cuando se consiguió el turbidímetro para realizar las mediciones se tuvo, aproximadamente, un mes para realizar el trabajo de campo, así que se comenzó a realizar el seguimiento de maduraciones. Algunas de ellas ya comenzadas, y no desde el inicio. Del mismo modo, hacia el final del estudio varias

cervezas a las que se habían hecho un buen seguimiento en la maduración se quedaron sin poder realizar la evaluación del trasvase.

También, hubo días que no se pudo realizar el seguimiento de la clarificación o de la maduración ya que había tareas más importantes que realizar en la planta, como el envasado. Además, coincidió el trasvase de alguna cerveza con mi ausencia en la planta productiva.

Antes de entrar en la exposición de los resultados convendría decir que durante el muestreo hubo dos semanas en las que la centrifuga estaba averiada. El problema fue que el sistema de descarga de los residuos sólidos de la centrífuga no funcionaba correctamente. Esto provocaba que, con el paso del tiempo, la centrifugación iba siendo menos eficaz porque se iban acumulando más residuos, que al no poderse eliminar se concentraban. Se pudo observar que la turbidez disminuía menos hacia el final del trasvase.

6.1. Seguimiento de la maduración de la cerveza

Pasado un tiempo, cuando terminaba la fermentación se empezaban a recoger muestras de los fermentadores para evaluar la turbidez. Durante muchos días esta se mantenía por encima del punto de saturación (>1000 FNUs), y no era hasta el comienzo del “cooling” que la cerveza realmente comenzaba a clarificarse, debido a la sedimentación del “trub” frío y de las células de levadura. A continuación, podemos ver en tres cocciones de diferentes estilos cómo evoluciona la turbidez con el paso del tiempo.

- Aniversari IPA C.58 y Lupulus C.54/55

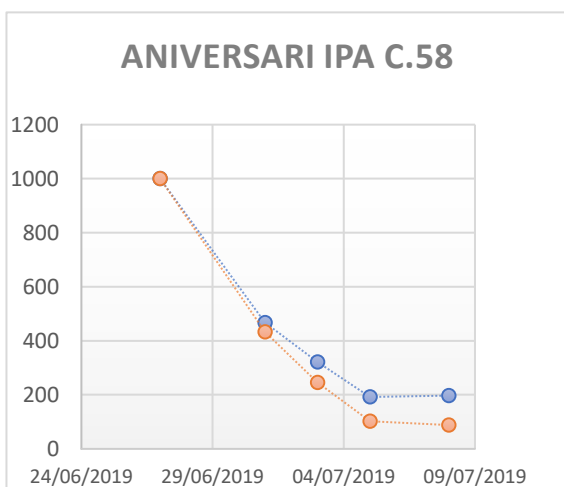


Figura 14. Seguimiento turbidez maduración C.58

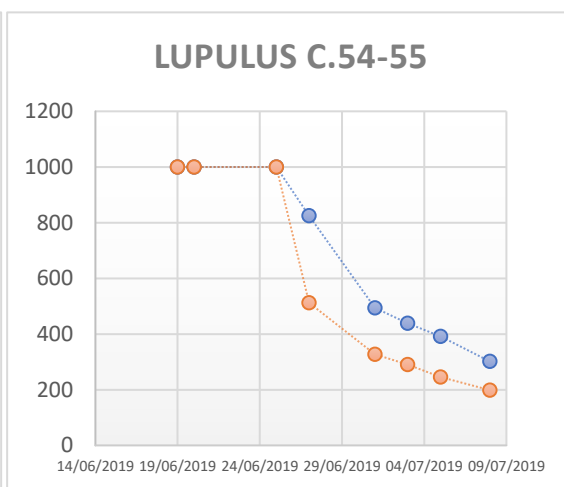


Figura 156. Seguimiento turbidez maduración C.54/55

Podemos observar, tanto en la “Aniversari IPA” como en la “Lupulus”, como descende la turbidez a medida que pasa el tiempo. Nos podemos fijar que en las diferentes mediciones que se realizan siempre hay una diferencia de turbidez similar entre la turbidez a temperatura ambiente y en frío. Esta diferencia se debe al “chill haze”, ya que como se ha explicado es un tipo de interacción proteína-polifenol que es reversible y esta causada por la cristalización de las partículas turbias en frío. Si se aumenta la temperatura, estas partículas son solubles y por lo tanto no dispersan la luz.

- Lager C.50-51

En el caso de la lager, se decidió mantener el proceso de “lagering” durante un tiempo prolongado, incluso más tiempo de lo que se observa en la gráfica, ya que no había interés en aquel momento de envasarla porque aún quedaba una cantidad considerable del lote anterior por expedir. Además, el espacio que ocupaba en el fermentador grande (60hL) no se iba a utilizar para fermentar ninguna otra cerveza en aquel momento.

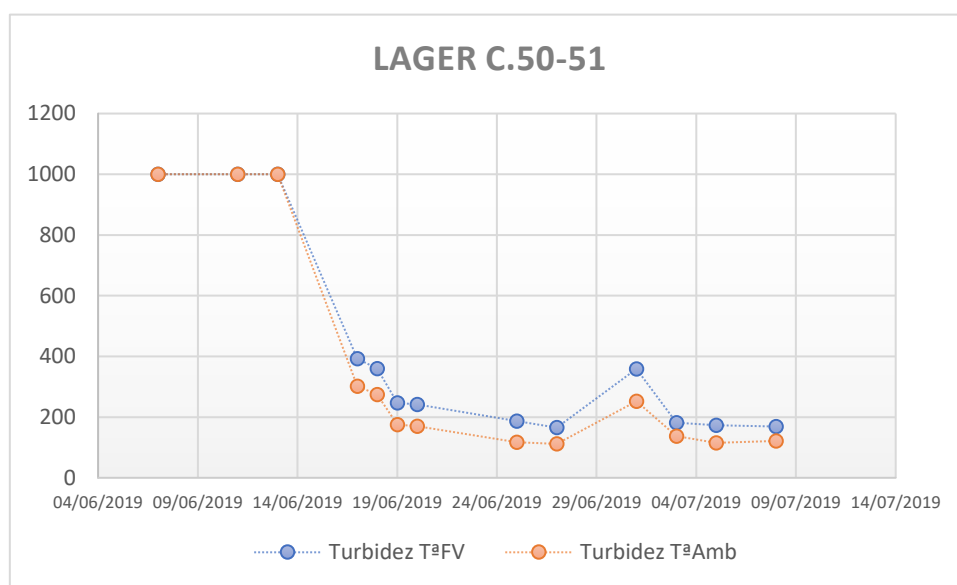


Figura 16. Seguimiento turbidez maduración C. 50/51

Se puede observar que la caída de la turbidez es muy pronunciada al principio, pero después se mantiene bastante constante. Por lo tanto, si el único objetivo fuera el de la disminución de la turbidez de la cerveza, se podría haber realizado el trasvase con anterioridad, pero hay más interés en redondear el sabor y el aroma de la cerveza, más que disminuir la turbidez.

En el gráfico se observa un “outlier”, que coincide con un inusual aumento de la turbidez, seguramente sea debido a que en la recogida de la muestra había un tapón formado en el saca-muestras, enturbiando la muestra.

6.2. Seguimiento de la clarificación de la cerveza

Como se ha explicado con anterioridad para el seguimiento de la clarificación hay 4 puntos de muestreo: M1 corresponde a la entrada de la cerveza de la centrífuga, M2 a la salida de la cerveza de la centrífuga, M3 a la salida de la cerveza del filtro y, por último, M4 al “bright-tank”. Estas muestras se recogen al principio (ti), a la mitad (tm) y al final (tf) del proceso de clarificación. A continuación, se han seleccionado algunos trasvases para poder comentar cómo se ha desarrollado la clarificación.

- Estival (C.46)

En estas dos gráficas podemos ver la evolución del proceso de clarificación de la cerveza “Estival”.

Si observamos la gráfica de arriba, que muestra la evolución de la turbidez en frío (“chill haze +”permanent haze”), podemos ver el proceso de clarificación es bastante homogéneo a lo largo del proceso. Entrando la cerveza con la misma turbidez total de principio a fin, y obteniéndose una cerveza clarificada con una turbidez semejante del mismo modo.

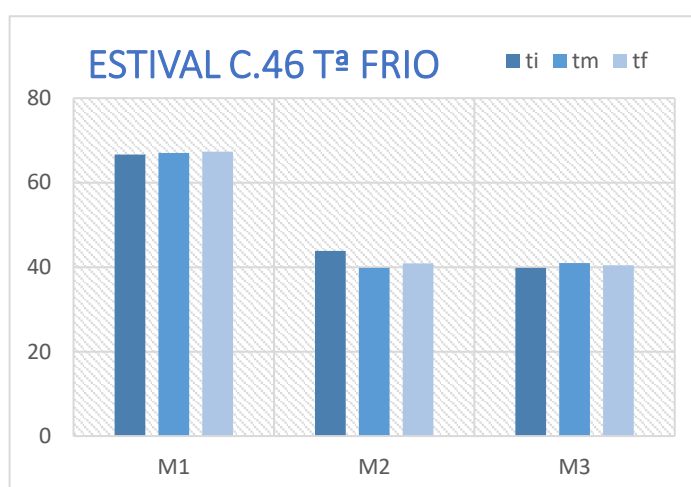


Figura 17. Seguimiento turbidez clarificación C.46 en frío

En el “Bright tank”, la cerveza obtuvo una turbidez media de 40,65 FNUs. Por lo que se redució un 39, 33% de la turbidez total inicial. Porcentualmente, la centrífuga sería responsable del 95,83% mientras que el filtro del 4,17%.

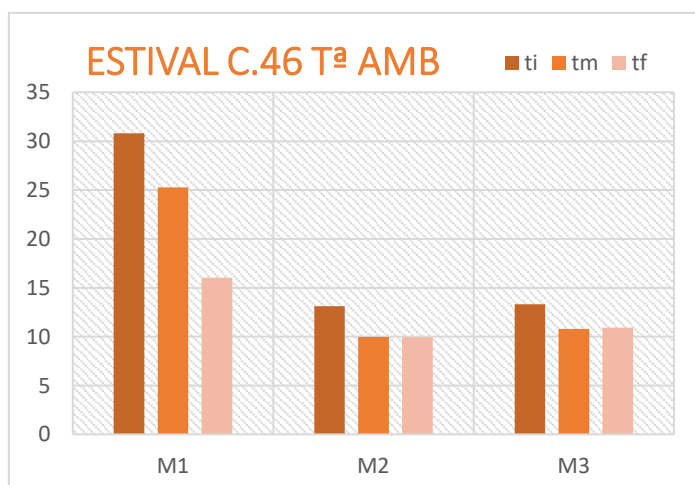


Figura 187. Seguimiento turbidez clarificación C.46 a Tª amb

En cambio, en la gráfica de abajo, que muestra la evolución de la turbidez a Tª ambiente (“permanente haze”), vemos que, a medida que avanza el proceso, la cerveza que va entrando tiene menos partículas turbias que causan el “permanente haze” y en cambio las partículas que causan “chill haze” van aumentando.

No hay una causa evidente para explicar este suceso, y además no es un fenómeno que se haya ido repitiendo en los diferentes trasvases.

En el Bright tank, la cerveza obtuvo una turbidez a temperatura ambiente media de 13, 53 FNUs. Por lo que se reduce un 43,72% de la turbidez permanente. Si tenemos que evaluar lo que reduce la turbidez permanente porcentualmente no se puede calcular, ya que el valor medio de turbidez de M2 es menor que el valor medio de M3. En cualquier caso, podríamos hablar del 100%.

Como se ha podido observar, con la ejemplificación de esta cocción, la filtración es un elemento que no es realmente necesario para el proceso de clarificación, cuando previamente se realiza una centrifugación. Según el maestro cervecero de “Montseny”, la existencia del filtro no es más que un elemento de seguridad que hay, por si la centrífuga no es capaz de separar alguna partícula de gran tamaño que el filtro de 5 o 10 μ retendría, sobre todo cuando se realizan las descargas automáticas.

- Lupulus (C.54-55)

Con estas dos gráficas sobre la cocción nº54-55 de “Lupulus” quiero reflejar qué es lo que pasaba cuando se recogían muestras en intervalos próximos a las descargas, como pasó en la etapa final del trasiego. En la entrada de cerveza a la centrífuga el valor de turbidez se dispara completamente, pero aun y así la centrífuga es capaz de reducir sustancialmente la turbidez. Esto me hace pensar que si acortásemos el tiempo del proceso de “cooling” para realizar con anterioridad la centrifugación se darían buenos resultados igualmente. Quizás supondría una turbidez mayor en el producto final, pero se acortaría el tiempo de maduración permitiendo una optimización del tiempo, del espacio y del consumo de energía necesaria para enfriar los tanques de fermentación.

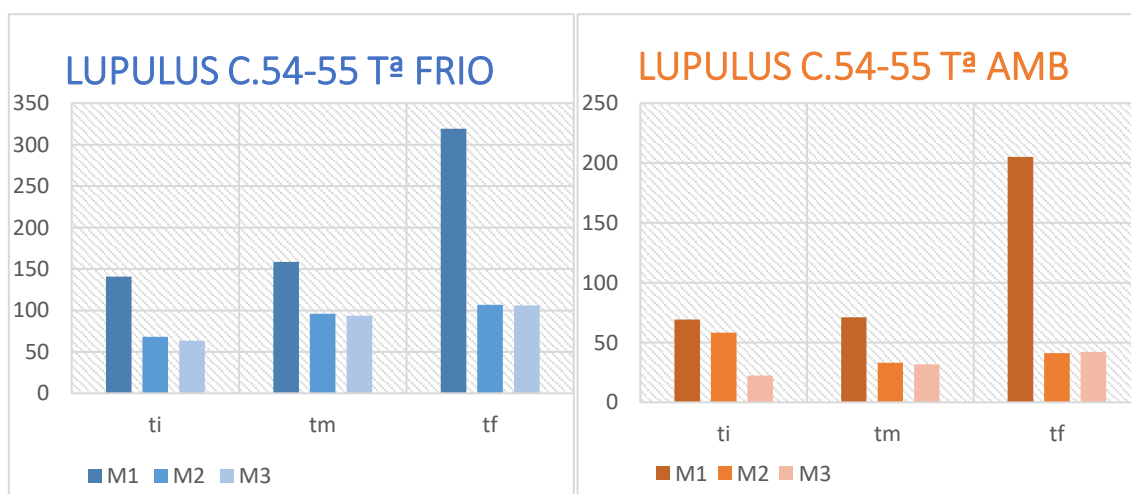


Figura19. Seguimiento turbidez clarificación C.54/55 en frío

Figura 208. Seguimeinto turbidez clarificación a Tª amb

7. Conclusiones

Basándonos en los objetivos planteados, para concluir el Trabajo Final de Máster, se realizará una crítica objetiva de las posibles mejoras que se pueden llevar a cabo, poniendo énfasis en la mejora del ensayo experimental.

En cuanto a la parte teórica del trabajo, se ha conseguido identificar y clasificar aquellas formas de turbidez físicas y biológicas que hay en la cerveza. Una de las causas más implicadas es la formación de complejos proteína-polifenol. Tal y como se encuentra descrito en la literatura, se ha demostrado que para haber una unión fuerte y estable los polifenoles HA se deberían poder acoplarse y enlazarse efectivamente con los restos de prolina de las proteínas HA, causando la precipitación del agregado; lo cual depende en gran medida, del número y la ubicación de los grupos hidroxilos del anillo aromático y del grado de polimerización de los polifenoles. Por otra parte, la presencia de levaduras en suspensión es otra fuente importante de turbidez, sobre todo una vez acabada la fermentación. La reducción de la turbidez biológica depende en gran medida de la capacidad de floculación de las levaduras, proceso mediado por la expresión de los genes FLO, que provoca la síntesis de unas proteínas de membrana llamadas floculinas que interaccionan, con presencia de Ca^{2+} con los restos de manosas de las células adyacentes.

También se han descrito, superficialmente, las técnicas que se usan para promover la clarificación de la cerveza y su estabilización coloidal. Estas técnicas son necesarias, porque, de manera general, el consumidor percibe la turbidez como un defecto del producto. Se podría haber descrito con más profundidad la tecnología existente, pero se consideró que para el propósito del trabajo no era necesario. Aun así, una posible extensión del trabajo podría ser explicar, sobre todo, los diferentes tipos de centrífugas y filtros que hay en uso en el mercado actual.

En cuanto al trabajo de campo, se podría replantear cambios en la ejecución y la duración del ensayo, ya que no se ha podido cumplir el objetivo principal del Trabajo de Final de Máster: realizar una mejora del sistema productivo de la “Companyia Cervesera del Montseny”, optimizando el tiempo de maduración y aumentando la eficiencia de la clarificación de la cerveza.

El problema principal ha sido la escasez de datos generados a partir de las mediciones de turbidez, por lo que no se han podido sustraer resultados representativos a causa del tamaño de la muestra. Una solución a este problema sería continuar el estudio realizando más mediciones y obteniendo más datos.

También, modificaría el diseño experimental. Una vez realizado el muestreo, la medición se debería realizar a temperatura de refrigeración (4°C) para evaluar el “chill haze” y a temperatura ambiente ($\geq 20^{\circ}\text{C}$) para evaluar el “permanente haze”. Entonces se necesita una fuente de frío para conseguir la reducción de la temperatura a 4°C. Una manera sencilla sería sumergir la muestra en un recipiente con hielo.

De todos modos, las conclusiones que se pueden obtener a partir de los datos generados son las siguientes:

- Se podría implementar un sistema de seguimiento de la turbidez en la maduración de la cerveza para decidir qué momento es el propicio para realizar el trasvase.
- Se podría cuestionar la funcionalidad que tiene el filtro en el proceso de clarificación, ya que, como se ha podido observar, no reduce tan apenas la turbidez. Pero como ya hemos comentado con anterioridad, su función más que reducir la turbidez en sí, es evitar que las partículas turbias, durante las descargas donde la cerveza de paso no es centrifugada, acaben en el “bright tank” y como consecuencia en la cerveza envasada.

8. Bibliografía

Recursos bibliográficos

1. Steiner, E., Gastl, M. & Becker, T. Protein changes during malting and brewing with focus on haze and foam formation: A review. *Eur. Food Res. Technol.* **232**, 191–204 (2011).
2. Robinson, L. *et al.* The interaction between malt protein quality and brewing conditions and their impact on beer colloidal stability. *MBAA Tech. Q.* **41**, 353–362 (2004).
3. Steiner, E., Becker, T. & Gastl, M. Turbidity and haze formation in beer - insights and overview. *J. Inst. Brew.* **116**, 360–368 (2010).
4. Siebert, K. J. Haze in Beverages. in *Advances in Food and Nutrition Research* **57**, 53–86 (Elsevier Inc., 2009).
5. Glenister, P. R. *Beer Deposits: A Laboratory Guide and Pictorial Atlas for the Study of the Various Particles Found in the Deposits of Beer and Ale*. Miles Laboratories, Chicago (1975).
6. Nadzeyka, A. & Altenhofen, U. The significance of beer proteins in relationship

- to cold break and age-related haze formation. *Brauwissenschaft* **32**, 167–172 (1979).
7. Siebert, K. J., Troukhanova, N. V. & Lynn, P. Y. Nature of Polyphenol-Protein Interactions. *J. Agric. Food Chem.* (1996). doi:10.1021/jf9502459
 8. Hejgaard, J. & Kaersgaard, P. Purification and Properties of the Major Antigenic Beer Protein of Barley Origin. *J. Inst. Brew.* **89**, 402–410 (1983).
 9. Evans, D. E. & Hejgaard, J. The Impact of Malt Derived Proteins on Beer Foam Quality. Part I. The Effect of Germination and Kilning on the Level of Protein Z4, Protein Z7 and LTP1. *J. Inst. Brew.* **105**, 159–170 (1999).
 10. Sj, J., Osman, A. M., Coverdale, S. M., Bell, D. & Healy, P. The Gel Filtration Chromatographic-Profiles of Proteins and Peptides of Wort and Beer: Effects of Processing - Malting, Mashing, Kettle Boiling, Fermentation and Filtering. *Phoenix Usa* **109**, 41–50 (2003).
 11. Slack, P. T., Baxter, E. D. & Wainwright, T. Inhibition By Hordein of Starch Degradation. *J. Inst. Brew.* **85**, 112–114 (1979).
 12. Curioni, A., Pressi, G., Furegon, L. & Peruffo, A. D. B. Major Proteins of Beer and Their Precursors in Barley: Electrophoretic and Immunological Studies. *J. Agric. Food Chem.* **43**, 2620–2626 (1995).
 13. Asano, K. *et al.* Characterization of Haze-Forming Proteins of Beer and Their Roles in Chill Haze Formation 1. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **40:4**, 147–154 (2018).
 14. Loisa, M., Nummi, M. & Daussant, J. Quantitative determination of some beer protein components by an immunological method. *Brauwissenschaft* **24**, 366–368 (1971).
 15. Matsuzawa, K. & Nagashima, T. A new hydrated silica gel for stabilization of beer. *MBAA Tech. Q.* **27**, 66–72 (1990).
 16. Mussche, R. Physico-chemical stabilization of beer using new generation gallotannins. *Proc. 21st Conv. Inst. Brew. (Aust. N. Z. Sect)* 136–140 (1990).
 17. Siebert, K. J. Haze formation in beverages. *LWT - Food Sci. Technol.* **39**, 987–994 (2006).
 18. Gramshaw, J. W. Phenolic Constituents of Beer and Brewing Materials. II. the Role of Polyphenols in the Formation of Non-Biological Haze. *J. Inst. Brew.* **73**,

- 455–472 (1967).
19. Siebert, K. J., Lynn, P. Y., Siebert, K. J., Lynn, P. Y. & Science, F. Comparison of Polyphenol Interactions with Polyvinylpolypyrrolidone and Haze-Active Protein. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **56:1**, 24–31 (1998).
 20. Siebert, K. J. & Lynn, P. Y. On the mechanisms of adsorbent interactions with haze-active proteins and polyphenols. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **66**, 48–54 (2008).
 21. Siebert, K. J., Siebert, K. J., Carrasco, A. & Lynn, P. Y. Formation of Protein – Polyphenol Haze in Beverages Formation of Protein - Polyphenol Haze in Beverages. *J. Agric. Food Chem.* **44**, 1997–2005 (1996).
 22. Callemien, D. & Collin, S. Structure, organoleptic properties, quantification methods, and stability of phenolic compounds in beer-A review. *Food Rev. Int.* **26**, 1–84 (2010).
 23. Collin, S., Jerkovic, V., Bröhan, M. & Callemien, D. Polyphenols and Beer Quality. in *Ramawat, K., Mérillon, J.M. (Eds.), Natural Products. Springer, Berlin, Heidelberg. de Freitas, V., Mateus, N., 2012. Protein/polyphenol interactions: past and present contributions. mechanisms of astringency perception. Curr. Org. Chem.* **16**, 724–746 (2013).
 24. Siebert, K. J. Effects of protein-polyphenol interactions on beverage haze, stabilization, and analysis. *J. Agric. Food Chem.* **47**, 353–362 (1999).
 25. Stewart, G. G. The chemistry of beer instability. *J. Chem. Educ.* **81**, 963–968 (2004).
 26. Bamforth, C. W. The Science of Beer Beer Haze. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* **57**, 81–90 (1999).
 27. Hartmann, K. Bedeutung rohstoffbedingter Inhaltsstoffe und produktionstechnologischer Einflüsse auf die Trübungsproblematik im Bier. (2006).
 28. Speers, R. A., Jin, Y. L., Paulson, A. T. & Stewart, R. J. Effects of β -Glucan, Shearing and Environmental Factors on the Turbidity of Wort and Beer. *J. Inst. Brew.* **109**, 236–244 (2003).
 29. Rehberger, A. J. & Luther, G. E. Wort boiling. in *The Practical Brewer* 165–199 (1999).

30. Kunze, W. Technology brewing and malting. *VLB Berlin* (2004).

Recursos gráficos

- a. Dinnella, C., Recchia, A., Fia, G., Bertuccioli, M. & Monteleone, E. Saliva characteristics and individual sensitivity to phenolic astringent stimuli. *Chem. Senses* **34**, 295–304 (2009).
- b. Extraído de: <https://www.almidón.com/estructura-del-almidon/>
- c. Extraído de: https://es.wikipedia.org/wiki/Beta_glucano
- d. Debnath, S. Characterization of Extracellular Proteins to Explore Their Role in Bio-Flocculation for Harvesting Algal Biomass for Wastewater Treatment. in *The Role of Microalgae in Wastewater Treatment* 229–266 (2019).
- e. Extraído de: <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=379>
- f. Extraído de: <https://bioprocessintl.com/downstream-processing/separation-purification/continuous-solids-discharging-centrifugation-a-solution-to-the-challenges-of-clarifying-high-cell-density-mammalian-cell-cultures/>
- g. Extraído de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Filtración>
- h. Extraído de: <https://cervesamontseny.cat/es/cervezas/>
- i. Extraído de: <https://www.servovendi.com/es/turbidimetro-nefelometro-portatil-hanna-hi-93703.html>

ANEXOS

<u>ANIVERSARI IPA (Indian Pale Ale)</u>				Nº cocción	043-19
				Nº Lote	14/03/2020
Características					
Volumen (L)	3000	DO	1059	Alcohol (%)	6,4
Grado Plato	14,75	DF	1011	IBUS	48
Ingredientes					
Malta	Pale (B), Caramalt (E), biscuit (E), trigo (E), ácida y copos de avena				
Lúpulo	Columbus(A); Centenial, Amarillo y Galaxy (S); Citra, Galaxy (A); Citra, Galaxy(DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN

Día	Turbidez frío			Tª Frío	Turbidez Tª amb			Tª amb
05/06/2019	693	702	711	19,5	ND	ND	ND	ND
06/06/2019	752	791	763	13	ND	ND	ND	ND
07/06/2019	455	474	486	11	ND	ND	ND	ND
11/06/2019	436	454	424	14,5	ND	ND	ND	ND
12/06/2019	223	212	196	13	ND	ND	ND	ND

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	Tª frío	9,5-12°C	242	224	221	93	91	81	94	85	80
	Tª amb	20°C	79	101	107	30,59	30,45	33,75	30,6	60,5	29,91
tm	Tª frío	9-11°C	>1000	>1000	>1000	161	154	140	188	185	179
	Tª amb	20°C	528	639	730	80	80	78	97	96	95
tf	Tª frío	9,5-12°C	175	163	160	91	89	83	93	82	75
	Tª amb	20°C	50	66	70	26,65	25,31	25,1	27,63	26,59	26

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Traslase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank (50;49.47;49,66) a 19°C

*Traslase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>LUPULUS (Blonde Ale)</u>				Nº cocción	044/045-19
				Nº Lote	15/04/2020
Características					
Volumen (L)	6000	DO	1051	Alcohol (%)	5,4
Grado Plato	12,75	DF	1010	IBUS	29
Ingredientes					
Malta	Pilsen (B), Caramalt (E), trigo (E) y copos de trigo(E)				
Lúpulo	Nugget (A); Willamette, Cascade, Summit (S); Summit, Cascade (A); Summit, Cascade (DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	T ^a frío	14-15°C	47,47	47,05	46,87	22,9	23,5	21,72	17,48	18,42	47,49
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tm	T ^a frío	14-15°C	53	57	52	22,45	23,15	19,45	18,14	18,49	18,11
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tf	T ^a frío	14-15°C	61	64	60	26,66	24,36	23,12	24,93	22,17	21,28
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank (16,88;16,77;17,31) a 16°C

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>ESTIVAL (Session Indian Pale Ale)</u>					Nº cocción	046-19
					Nº Lote	16/03/2020
Características						
Volumen (L)	3000	DO	1059	Alcohol (%)		6,4
Grado Plato	14,75	DF	1011	IBUS		48
Ingredientes						
Malta	Pale (B), biscuit (E), carapils (E) y carahell					
Lúpulo	Chinook, Mosaic y Citra					
Levadura	Lallemand BRY-97					

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	T ^a frío	10,5 - 12°C	71	65	64	43,68	44,78	42,98	41,36	40,18	37,85
	T ^a amb	25- 26°C	31,53	32,21	28,65	15,37	13,79	10,22	14,37	13,8	11,8
tm	T ^a frío	10,5 - 12°C	69	66	66	41,84	39,01	38,7	42,2	40,83	39,8
	T ^a amb	25- 26°C	28,89	24,23	22,71	11,98	7,22	9,15	13,53	8,72	10,15
tf	T ^a frío	10,5 - 12°C	68	67	67	41,56	41,04	39,95	40,73	40,65	39,96
	T ^a amb	25- 26°C	27,65	25,01	23,12	11,78	8,65	9,42	12,98	9,2	10,54

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank (39,87;41,67;40,41) a 10°C, (13,25;12,91;14,43) a 25°C

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>ANIVERSARI IPA (Indian Pale Ale)</u>				Nº cocción	047-19
				Nº Lote	21/03/2020
Características					
Volumen (L)	3000	DO	1059	Alcohol (%)	6,4
Grado Plato	14,75	DF	1011	IBUS	48
Ingredientes					
Malta	Pale (B), Caramalt (E), biscuit (E), trigo (E), ácida y copos de avena				
Lúpulo	Columbus(A); Centenial, Amarillo y Galaxy (S); Citra, Galaxy (A); Citra, Galaxy(DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	T ^a frío	9- 11°C	162	165	158	83	79	77	78	78	75
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tm	T ^a frío	9- 11°C	172	165	151	73	72	72	74	69	68
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tf	T ^a frío	9- 11°C	169	170	152	80	78	69	80	71	69
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank (85;76;78) a 10°C, (29,06;29,77;29,54) a 24°C

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>LUPULUS (Blonde Ale)</u>				Nº cocción	048-19
				Nº Lote	22/04/2020
Características					
Volumen (L)	3000	DO	1051	Alcohol (%)	5,4
Grado Plato	12,75	DF	1010	IBUS	29
Ingredientes					
Malta	Pilsen (B), Caramalt (E), trigo (E) y copos de trigo(E)				
Lúpulo	Nugget (A); Willamette, Cascade, Summit (S); Summit, Cascade (A); Summit, Cascade (DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN

Día	Turbidez frío			Tª Frío	Turbidez Tª amb			Tª amb
05/06/2019	194	190	188	11	ND	ND	ND	ND
06/06/2019	135	146	137	11	ND	ND	ND	ND
07/06/2019	84	95	95	10	ND	ND	ND	ND

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	Tª frío	9-11°C	53	52	50	34,64	31,33	30,29	32,79	29,68	27,46
	Tª amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tm	Tª frío	9-11°C	61	54	56	39,44	39,33	39,55	36,76	34,72	32,62
	Tª amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tf	Tª frío	9-11°C	788	698	766	50	49,41	50	41,95	41,93	40,93
	Tª amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>ECOLUPULUS (Blonde Ale)</u>				Nº cocción	049-19
				Nº Lote	23/04/2020
Características					
Volumen (L)	3000	DO	1051	Alcohol (%)	5,4
Grado Plato	12,75	DF	1010	IBUS	29
Ingredientes					
Malta	Pilsen (B), Caramalt (E), trigo (E) y copos de trigo(E)				
Lúpulo	Nugget (A); Willamette, Cascade, Summit (S); Summit, Cascade (A); Summit, Cascade (DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	T ^a frío	9,5- 11,5 °C	87	91	85	33,84	33,38	32,59	32,61	32,6	31,03
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tm	T ^a frío	9,5- 11,5 °C	90	77	73	43,92	39,81	38,02	41,98	39,63	39,81
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tf	T ^a frío	9,5- 11,5 °C	69	62	61	36,14	33,45	31,36	35,29	33,92	27,8
	T ^a amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank (44,39;39,06;40,09) a 10°C

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>LAGER (German Pils)</u>				Nº cocción	050/51-19
				Nº Lote	22/04/2020
Características					
Volumen (L)	6000	DO	1050	Alcohol (%)	5,4
Grado Plato	12,5	DF	1010	IBUS	28
Ingredientes					
Malta	Pale (B), Vienna (E)				
Lúpulo	Nugget(A); Saaz y Portafloc (S); Saaz, Cascade (A)				
Levadura	Lallemand Diamond				

SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN

Día	Turbidez frío			Tª Frío	Turbidez Tª amb			Tª amb
07/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
11/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
13/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
17/06/2019	391	393	394		306	302	299	ND
18/06/2019	357	359	363	10	258	301	265	25
19/06/2019	249	248	244	10	164	178	184	22
20/06/2019	247	241	238	5,5	163	174	173	20
25/06/2019	194	189	178	7	121	120	111	22
27/06/2019	167	165	164	7,5	114	108	113	24
01/07/2019	364	356	357	7,5	245	255	256	25
03/07/2019	183	181	181	7,5	138	136	137	26
05/07/2019	180	170	169	9	109	117	121	25
08/07/2019	172	169	167	9,5	120	122	122	23

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>ANIVERSARI IPA (Indian Pale Ale)</u>				Nº cocción	053-19
				Nº Lote	04/04/2020
Características					
Volumen (L)	3000	DO	1059	Alcohol (%)	6,4
Grado Plato	14,75	DF	1011	IBUS	48
Ingredientes					
Malta	Pale (B), Caramalt (E), biscuit (E), trigo (E), ácida y copos de avena				
Lúpulo	Columbus(A); Centenial, Amarillo y Galaxy (S); Citra, Galaxy (A); Citra, Galaxy(DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN

Día	Turbidez frío			Tª Frío	Turbidez Tª amb			Tª amb
12/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
13/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
17/06/2019	814	814	814	ND	ND	ND	ND	ND
18/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
19/06/2019	323	312	315	8	176	178	175	22
20/06/2019	207	189	193	9	153	120	144	20

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	Tª frío	9-11°C	908	643	605	>1000	>1000	>1000	891	755	834
	Tª amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tm	Tª frío	9-11°C	295	249	228	165	85	77	99	85	79
	Tª amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
tf	Tª frío	9-11°C	>1000	>1000	>1000	162	159	157	183	171	168
	Tª amb	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>LUPULUS (Blonde Ale)</u>				Nº cocción	054/55-19
				Nº Lote	05/05/2020
Características					
Volumen (L)	3000	DO	1051	Alcohol (%)	5,4
Grado Plato	12,75	DF	1010	IBUS	29
Ingredientes					
Malta	Pilsen (B), Caramalt (E), trigo (E) y copos de trigo(E)				
Lúpulo	Nugget (A); Willamette, Cascade, Summit (S); Summit, Cascade (A); Summit, Cascade (DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN

Día	Turbidez frío			Tª Frío	Turbidez Tª amb			Tª amb
19/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
20/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
25/06/2019	>1000	>1000	>1000	8	>1000	>1000	>1000	22
27/06/2019	849	830	797	8	521	505	510	24
01/07/2019	499	490	493	9	326	324	330	25
03/07/2019	445	435	436	9,5	292	287	292	26
05/07/2019	402	391	380	10	246	244	248	25
08/07/2019	309	302	293	10	198	198	199	22,5

TRASVASE: CENTRIFUGACIÓN Y FILTRACIÓN

			M1			M2			M3		
ti	Tª frío	9-11°C	143	137	142	74	68	62	69	65	57
	Tª amb	25°C	69	71	68	24,93	22,09	23,83	22,37	23,27	21,68
tm	Tª frío	9-11°C	167	155	153	104	96	88	99	94	88
	Tª amb	25°C	72	71	70	33,71	33,21	34,11	31,99	31,73	31,35
tf	Tª frío	9-11°C	330	318	309	109	107	104	112	105	101
	Tª amb	25°C	205	204	206	40,86	41,04	41,6	40,89	42,8	42,8

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank (93;89;87) a 12°C, (34,99;35,98;34,55) a 25°C

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data

<u>ANIVERSARI IPA (Indian Pale Ale)</u>				Nº cocción	058-19
				Nº Lote	04/04/2020
Características					
Volumen (L)	3000	DO	1059	Alcohol (%)	6,4
Grado Plato	14,75	DF	1011	IBUS	48
Ingredientes					
Malta	Pale (B), Caramalt (E), biscuit (E), trigo (E), ácida y copos de avena				
Lúpulo	Columbus(A); Centenial, Amarillo y Galaxy (S); Citra, Galaxy (A); Citra, Galaxy(DH)				
Levadura	Lallemand BRY-97				

SEGUIMIENTO DE LA FERMENTACIÓN

Día	Turbidez frío			Tª Frío	Turbidez Tª amb			Tª amb
27/06/2019	>1000	>1000	>1000	ND	ND	ND	ND	ND
01/07/2019	464	470	469	18	436	430	431	25
03/07/2019	311	325	328	7,5	247	246	243	26
05/07/2019	207	193	176	9	109	99	97	25
08/07/2019	203	198	190	9	85	88	91	22,5

*Maltas: B= base; E= especial

* Lúpulos: A= amargor; S= sabor; A=Aroma; DH= dry hopping

* Trasvase: M1=Entrada centrifugadora; M2= Salida centrifugadora; M3= Salida Filtro; M4=Bright-tank

*Trasvase: ti= tiempo inicio; tm= tiempo intermedio; tf= tiempo final

*ND= No data