F001

GTP

GUÍA DE TRABAJOS PRÁCTICOS

610

E.E.T.P.I. 8122 - N.S. DE LOURDES

LABORATORIO DE QUÍMICA

TÍTULO TP

ELABORACIÓN DE CERVEZA

MATERIA PRÁCTICAS PROFESIONALIZANTES

AUTORES: GALMES, Valentín - VERGARA, Felipe

DOCENTES: MAUTI, María Paula

FECHA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN

22 - SEP - 2022

TÍTULO DEL TP:	ELABORACIÓN DE CERVEZA

MATERIA:	PRÁCTICAS PROFESIONALIZANTES – QUÍMICA AMBIENTAL

INTRODUCCIÓN TEÓRICA

La cerveza es una de las bebidas alcohólicas más antiguas (se cree que, solo superado por el hidromiel, una bebida muy similar que proviene de la fermentación de la miel) y comunes. A través de la historia ha constituido un importante consumo social y una excelente fuente de calorías que, desde sus orígenes, complementaba muchas dietas generalmente pobres nutricionalmente. Además, no contenía agentes patógenos como el agua o la leche ya que tenía un proceso de fermentación.

La ley de pureza alemana del año 1516 establecía que la cerveza solo podía elaborarse con 3 ingredientes: agua, cebada y lúpulo. Por supuesto, aún no se conocía la existencia de las levaduras descubiertas en 1880 por Louis Pasteur.

Un problema con la cerveza del pasado es que solía ser más dulce y enmohecía con facilidad al no descubrirse hasta ese tiempo los conservantes. Para aumentar la vida útil se utilizaban plantas aromáticas como laurel o salvia, o miel, pero esto era mal visto por las instituciones laicas y religiosas. Botánicos destacados, probablemente católicos, descubrieron las propiedades de conservación y sabor/aromas del lúpulo permitiendo así la expansión de la cerveza y terminando con los localismos.

DEFINICIÓN

El código alimentario argentino (CAA Cap. XIII, art. 1080) define a la cerveza como “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.”
Contiene 4 ingredientes esenciales:

- Agua:

Según el CAA debe ser apta para consumo humano. El 95% de la composición de la cerveza es agua por lo que la calidad de la misma debe ser excelente. Dentro de los minerales que debe contener, los que más interesan son los sulfatos, cloruros y el calcio. El calcio favorece la

extracción durante el proceso de macerado y en la lupulación, reduce la turbidez y aumenta el color; los sulfatos refuerzan el amargor y la astringencia; los cloruros brindan una textura más refinada e incrementan el dulzor.

- Cebada malteada:

Se entiende exclusivamente por cebada malteada o malta al grano de cebada cervecera sometido a germinación parcial y posterior deshidratación y/o tostado en condiciones tecnológicas adecuadas. El malteado es el proceso por el cual la cebada es remojada y escurrida para iniciar la germinación de la planta desde la semilla. Cuando esta germina activa las enzimas que comienzan a convertir sus almidones en azúcares y las proteínas en aminoácidos y péptidos que la planta en crecimiento puede usar. El propósito de maltear un grano es liberar estas enzimas para que puedan ser utilizadas en el proceso. Cuando las semillas comienzan a germinar, el grano se seca en un horno para detener a las enzimas hasta que el fabricante esté listo para usar el grano.

- Lúpulo:

Es una planta del género *humulus* y tienen muchas propiedades: proporcionan el amargor que compensa el dulzor de la malta; propiedades antibacterianas que conservan la cerveza; contribuyen a la formación y retención de espuma; los polifenoles reaccionan con las proteínas insolubles de la malta actuando como clarificante. Según el momento en que se agregue contribuye de forma diferente al amargor, sabor y aroma. El principal agente de amargor son las resinas de alfa ácidos, insolubles en agua. Durante el hervido, estos alfa ácidos sufren un proceso de isomerización lo que le confiere su amargor. Cuanto más tiempo se hierve, mayor es el porcentaje de isomerización, y la cerveza se vuelve más amarga.
La complejidad en el desarrollo del aroma y del sabor se debe a que todos los compuestos aromáticos actúan en sinergia. Los aceites esenciales (0,2% a 0,5%) son los que le dan el sabor y el aroma la bebida, compuestos por ésteres, alcoholes, aldehídos, cetonas o ácidos. El grupo más importante es el de los terpenos donde los más comunes son el mirceno y el humuleno.

- Levadura:

En la fabricación de cerveza se utiliza principalmente un tipo de levadura conocida como *Saccharomyces cerevisiae*. Esta levadura produce una enzima, la cimasa, que convierte los azúcares simples, como la glucosa y la fructosa, en alcohol etílico y dióxido de carbono. Si existe

oxígeno (proceso aeróbico) en el mosto, la levadura lo consume para multiplicarse produciendo pequeñas cantidades de agua. Durante el metabolismo de las levaduras se producen principalmente aldehídos, ésteres y alcoholes secundarios importantísimos para las propiedades organolépticas de la cerveza. Para desarrollarse correctamente, además de carbohidratos la levadura necesita vitaminas, minerales y aminoácidos. Dentro del género *Saccharomyces* hay dos tipos de especies. La *S. cerevisiae* que se utiliza para fermentaciones altas (ales) y la *S. carlsbergensis* para fermentaciones bajas (lagers).

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

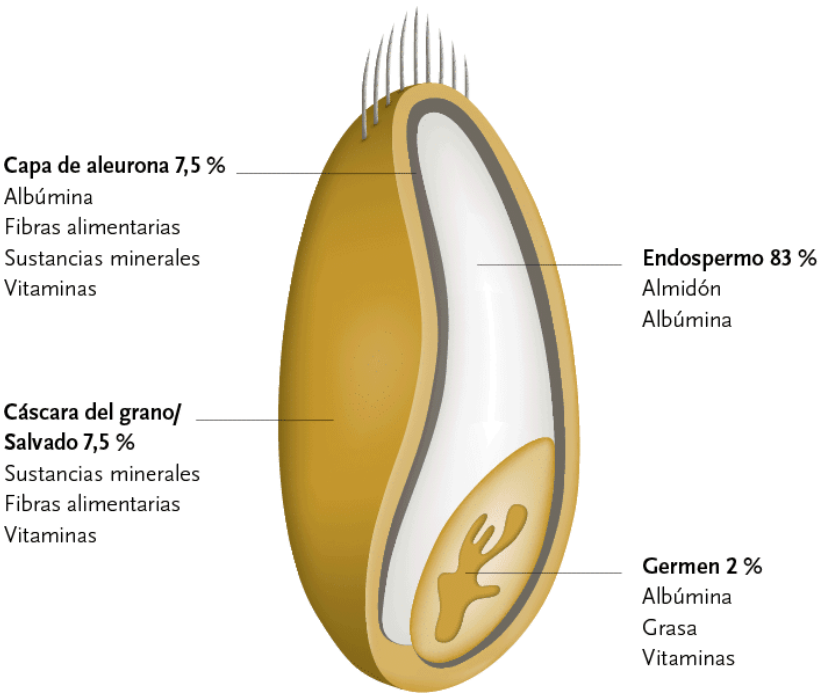
El proceso cervecero consta de una serie de pasos básicos: germinación, secado y tostado, molienda, macerado, hervido o cocción, enfriado, fermentación, terminación. Las variaciones dentro de estos pasos básicos son las que van a dar los distintos tipos de cervezas.

1. GERMINACIÓN

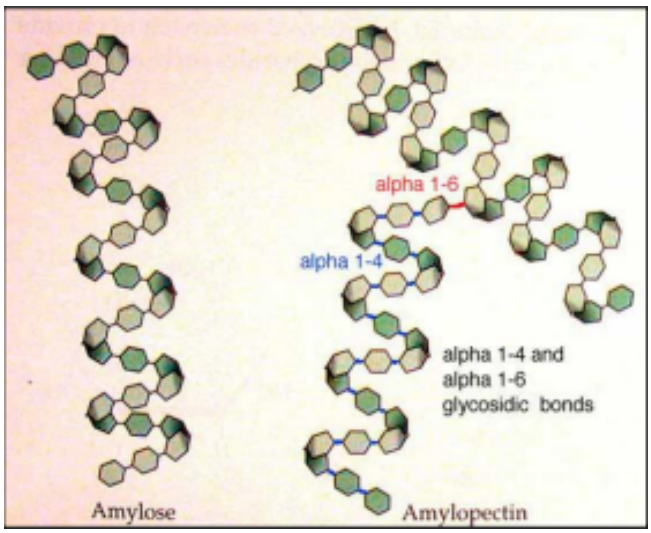
La germinación es el proceso a través del cual los granos desarrollan las enzimas necesarias para el posterior proceso de maceración. Para ello, necesitan tener un grado de humedad próximo al 45% lo cual se consigue sometiendo a las semillas a procesos de:

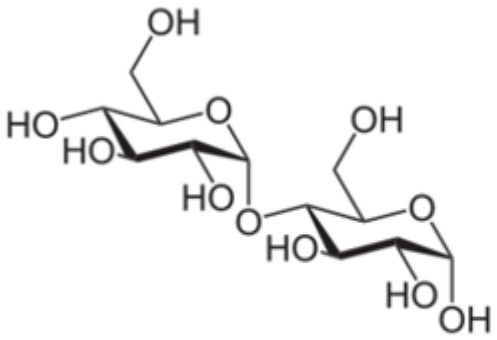
- remojado con agua a 16ºC
- drenado; en los cuales se deja el grano al aire, minimizando los posibles cambios bruscos de temperatura.

Las enzimas más importantes del proceso de malteado son la α-amilasa y la β-amilasa. La α-amilasa no está presente en la cebada, sino que se sintetiza por la germinación inducida por las giberelinas, una hormona de origen vegetal, mientras que la β-amilasa tiene una parte activa y la otra es un precursor inactivo (es decir un zimógeno) el cual se activa durante la germinación.

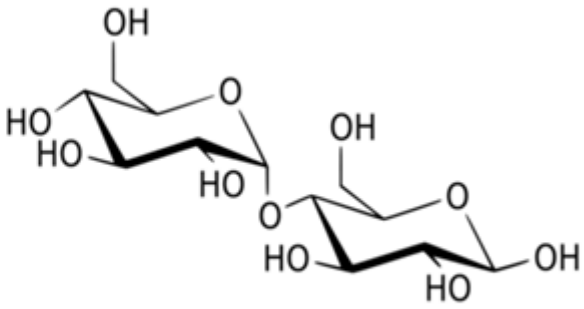


El almidón es la principal fuente de azúcares de la cebada, compuesto por amilosa (25%, tiene enlaces 1,4) y amilopectina (75%, tiene enlaces 1,4 y 1,6). La α-amilasa ataca cualquier enlace α-1,4 excepto los que están junto a una ramificación o en el extremo de la molécula; cuando ataca la amilosa se obtienen cadenas de diversa longitud y lineales pero cuando ataca a la amilopectina se obtiene una mezcla entre lineales y ramificadas. La β-amilasa ataca a las cadenas de almidón del lado no reductor, cortando las cadenas de glucosa de 2 en 2 y obteniendo así unidades de β-maltosa. Es importante este carbohidrato obtenido ya que es el principal azúcar fermentable del mosto.





α –D maltosa



β –D maltosa

2. SECADO Y TOSTADO

Cuando finalizan las transformaciones en la malta verde se detiene la germinación por medio del horneado. Durante este proceso se elimina el agua lo que permite almacenar la malta por mucho más tiempo. Mientras ocurre el horneado suceden los siguientes procesos:

- Deshidratación
- Culminación de la germinación
- Formación de color y compuestos de sabor: A más de 80 grados algunos compuestos de bajo peso molecular reaccionan para dar sabores y colores característicos. Estas reacciones son complejas y se conocen como reacciones de Maillard, formándose principalmente melanoidinas, de color pardo.
- Formación de DMS (sulfuro de dimetilo) y DMSO (dimetil sulfóxido), efecto no deseado, ya que confiere olores y sabores desagradables.
- Inactivación de las enzimas.

3. MOLIENDA

Para poder utilizar las enzimas durante el macerado se debe aumentar la superficie de contacto lo máximo posible y para eso se reduce el tamaño de la partícula. La molienda es un proceso mecánico. Las cáscaras deben tratarse cuidadosamente porque son usadas como material filtrante después de la maceración.

4. MACERACIÓN

Es el proceso en el cual la malta se mezcla con agua en un proceso de calentamiento controlado para digerir y extraer proteínas, carbohidratos y sustancias fenólicas para obtener azúcares fermentables y compuestos nitrogenados que serán utilizados para el crecimiento de la levadura. Se relaciona directamente con:

- El contenido de alcohol.
- Concentración de azúcares fermentables y no fermentables.
- Péptidos y aminoácidos requeridos por las levaduras.
- Capacidad amortiguadora del pH del mosto.

La malta necesita un pH de aproximadamente 5,4-5,8 para lograr la mayor extracción de azúcares, mientras que la temperatura de macerado dependerá del producto final a obtener. Un macerado a altas temperaturas (65°C a 75°C) produce la ruptura del almidón por la α-amilasa generando dextrinas que brindan un mayor cuerpo a la cerveza ya que no son fermentables. Un macerado a bajas temperaturas (62°C a 70°C) produce la ruptura del almidón por la β-amilasa generando la maltosa. El producto final es el mosto, un líquido dulce de color caramelo (caramelo (aunque dependerá del grado de tostado del grano y del tiempo de aspersión).

5. HERVIDO

La cocción o hervido del mosto se realiza por los siguientes motivos:

- Extracción y transformación de los componentes del lúpulo.
- Inactivación de las enzimas del grano.
- Esterilización del mosto.
- Formación y precipitación de complejos proteína-polifenoles.
- Eliminación del DMS y el DMSO.
- Incremento de la coloración del mosto.
- Acidificación del mosto.
- Evaporación de agua.

6. ENFRIADO

Al mosto se le baja la temperatura hasta 10°C a 20°C lo más rápido posible con el fin de poder inocular la levadura y realizar la fermentación. Los compuestos más utilizados para enfriar son agua, propilenglicol, salmuera o expansión de gases de nitrógeno. Los equipos de enfriado más usados son los intercambiadores de calor de placas, aunque se pueden utilizar serpentines de acero inoxidable o cobre en contacto directo con el mosto o fuera de él.

7. FERMENTACIÓN

La fermentación es uno de los procesos más importantes y complejos en las operaciones de una cervecería. La fermentación de azúcares de malta en cerveza es un complicado proceso bioquímico. Es más que simplemente la conversión de azúcar en alcohol, lo cual puede ser considerado como la actividad primaria. La fermentación total es mejor definida como tres fases: la fase de Adaptación (lagtime), la fase primaria (Atenuativa), y la fase secundaria o (Acondicionamiento).

- **Lagtime**: Inmediatamente después de ser activada, la levadura comienza a ajustarse a las condiciones del mosto, y pasa un período de gran crecimiento utilizando todo el oxígeno disponible. Puede usar otros métodos en ausencia de oxígeno, pero trabaja mucho más eficientemente con él. Mientras haya oxigeno presente en el mosto, la levadura se reproduce. La forma de reproducción es asexual por gemación o brotación. Cuando el oxígeno se termina, la levadura utiliza otros métodos metabólicos y comienza lo que se considera la fermentación (metabolismo anaeróbico de azúcares con producción de alcohol).
- **Fase atenuativa**: Esta fase está marcada por un tiempo de vigorosa fermentación. Durante esta etapa se produce la conversión de los azucares en etanol y CO_2. Puede durar entre 2 y 6 días para las ales, o de 4 a 10 días para las lagers, dependiendo de las condiciones del ambiente, principalmente la temperatura. Se formará una capa superior de *krausen* espumoso. La espuma está formada por levadura y proteínas del mosto, y es de color crema claro, con islas de manchas marrón-verdosas que se juntan y tienden a adherirse en los costados del fermentador. Estas sustancias están compuestas por proteínas extrañas del mosto, resinas del lúpulo, y levadura muerta. Estos compuestos son muy amargos, y si se revuelven e integran con el mosto producirán un sabor desagradable. Sin embargo, estos productos son relativamente insolubles, y son removidos al adherirse a las paredes del fermentador a medida que el sedimento se sumerge. A medida que la fase primaria va finalizando, la mayor parte de la levadura comienza a asentarse, y el *krausen* comienza a sumergirse. Si se va a transferir la cerveza a la cuba de maduración, este es el momento de hacerlo. Se debe tener la precaución de no airearla durante la transferencia. En este punto del proceso de fermentación, cualquier exposición al oxígeno sólo contribuirá a estropear el sabor de la cerveza, o exponerla a contaminaciones.

- **Fase secundaria**: La fase secundaria permite la reducción lenta de los fermentables remanentes. La levadura ha consumido la mayoría de los azúcares fácilmente fermentables y comienza a utilizar los azúcares más pesados, como la maltotriosa. También limpiará algunos de los subproductos originados en la fase primaria que resultan indeseables (por ejemplo, diacetilo, etanal, etc.). Hacia el final de la fermentación secundaria, la levadura suspendida flocula (se asienta), y la cerveza se aclara. Las proteínas de alto peso molecular también se asientan durante esta etapa. Los componentes tanino/fenol se adhieren a las proteínas y también se asientan, suavizando grandemente el sabor de la cerveza.

8. TERMINACIÓN

Cuando la cerveza ya ha alcanzado un grado de fermentación adecuado se la transfiere a la cuba de maduración, donde, a la temperatura adecuada –según el estilo- la cerveza madura y produce mayor volumen de gas carbónico. Los procesos que se incluyen en la terminación son:

- El afinamiento del sabor, que supone la eliminación, por parte de la levadura, de la máxima cantidad de productos indeseables que se hayan podido formar destacando entre ellos los compuestos sulfurados, así como del acetaldehído y del diacetilo. Se trata de un proceso metabólico lento, que recibe el nombre de purga.
- La clarificación de la cerveza, la cual contiene una gran cantidad de células de levadura, por lo que es necesario reducir su número, para evitar cualquier posible problema sanitario o de aspecto final. La forma de clarificar la cerveza reside en un almacenado estático para facilitar la eliminación del excedente de levadura, por medio de la sedimentación. La eliminación no debe ser prematura o la cerveza perderá cualidades.
- Como se necesita que el producto tenga una vida útil prolongada, y además se debe asegurar que el producto no cambie una vez salga de la fábrica, a esta etapa se la conoce como estabilización. Uno de los mayores problemas es la turbidez del producto. El material responsable de esta turbidez se precipita junto con la levadura durante el estacionamiento a baja temperatura y podemos diferenciar dos tipos de turbidez:
    - En frío, es el descenso en la claridad de la cerveza que se debe a los enlaces entre proteínas, taninos y/o carbohidratos, enlaces débiles (van der Wals y dipolo-dipolo) se ven fortalecidos con el descenso de la temperatura.

- Permanente en este caso son los enlaces químicos (entre proteínas y taninos). Se trata de enlaces fijos y que no se ven afectados por la temperatura (puentes de hidrógeno).

- Aunque el CO_2 se forma de manera natural en la reacción de fermentación, no es suficiente por lo que se recurre a una carbonatación forzada, donde se inyecta artificialmente el gas o se recurre al agregado de sacarosa para que la levadura remanente disuelta lo produzca en una fermentación posterior.

OBJETIVOS

- Introducir al alumno en la comprensión de los procesos químicos y bioquímicos involucrados en el proceso de elaboración de cerveza.
- Producir cerveza en el laboratorio.
- Realizar los controles de calidad necesarios durante el proceso.

DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO

En el laboratorio no se realizarán los procesos de germinación, secado y tostado y molienda.

El proceso de elaboración tiene una duración estipulada de 3 semanas. La **primera etapa** se debe realizar ininterrumpidamente y comienza desde el macerado hasta el trasvase al fermentador. La **segunda etapa**, luego de la fermentación, es la maduración en frío, con una duración aproximada de una semana. La **tercera etapa**, una semana después de la segunda, es el embotellado y la carbonatación de la cerveza.

1. MACERACION

1.1 Calentar 19.5 L de agua en la olla de licor, hasta llegar a 80°C.

1.2. Trasvasar el agua hacia la olla de maceración.

1.3. Verter la malta a la olla de maceración de forma circular y a 10 cm por arriba de la olla. El agua en este punto debe estar aproximadamente en 73°C, tomar temperatura con termómetro para corroborar, pero no hay problema si hay 2°C más o menos de lo esperado. Al agregar la malta la temperatura bajará hasta 65°C-68°C. Esta es la temperatura de equilibrio de

extracción entre azúcares fermentables y no fermentables.

1.4. Remover cada 5 minutos con espumadera, de abajo hacia arriba, durante un lapso total de 30 minutos.

1.5. Recircular con bomba, de manera lenta y constante durante 30 minutos, al mismo tiempo comenzar a calentar la olla de licor con 19.5 L de agua.

1.6. Hacer prueba de yodo, en caso de dar positivo (color azul/violeta) seguir 15 minutos más, en caso negativo seguir al siguiente paso.

1.7. Medir densidad con refractómetro o densímetro para analizar la cantidad de azúcares extraídos. El valor estándar para este tipo de cerveza es de 1,068 g/ml -1,075 g/ml (aunque al ser el primer uso en este caso podría ser inferior).

1.8. Colocar la manguera de la bomba que anteriormente estaba recirculando el mosto sobre la olla de cocción, a una altura cercana de la superficie del líquido que se está vertiendo, para evitar oxigenación, a su vez trasvasar de la olla de licor a la olla de macerado, el agua calentada anteriormente a 75°C.

1.9. Tomar muestra para analizar densidad del mosto desde la olla de cocción una vez homogeneizada mediante agitación.

2. COCCION

2.1. Calentar el mosto en olla de cocción.

2.2. Llegado a hervor extraer la espuma de la superficie.

2.3. Hacer la primera adición de lúpulo, 10 g de lupulo cascade (Bittering Hop) y tomar minuto 0.

2.4. Hervir 1 hora con olla destapada.

2.5. Tomar una muestra para analizar la densidad y enfriar hasta la temperatura de calibración del densímetro o refractómetro. Los parámetros para finalizar el proceso son 1,045 g/ml - 1,060 g/ml. En caso de no llegar a estos valores, continuar el hervido. Este es un parámetro para determinar la graduación alcohólica a obtener.

2.6. Apagar la llama.

2.7. Realizar el whirlpool. El whirpool es un proceso muy sencillo se realiza en el proceso de elaboración de cerveza artesanal que se basa principalmente en remover el mosto de forma circular para crear un remolino (whirpool proviene del inglés torbellino), justo después de la cocción. Este remolino provocará que las partículas y los sólidos del mosto se acumulen en el centro de la olla, favoreciendo así la obtención de un mosto mucho más limpio. De esta

manera se sedimenta en el centro de la base de la olla, el lúpulo, proteínas coaguladas y restos de malta, todos ellos indeseables para el producto final. Se realiza agitando de manera circular con espátula hasta llegar a 80°C.

2.8. Adicionar 80 g de cascade y 100 g de victoria (hop stand).

2.9. Esperar 20 minutos.

2.10. Enfriar el mosto y trasvasar al fermentador.

3. FERMENTACION:

3.1. Inocular levadura en erlenmeyer previamente esterilizado, puede ser previamente activada con sacarosa y agua tibia (25°C-30°C) o agregada directamente para evitar lo máximo posible la contaminación. La cantidad agregada depende de la densidad tomada post hervor, para los valores de trabajo se calculan 11,5 g de levadura cada 20 L de mosto. Se utilizará una levadura de fermentación alta que trabaja a temperaturas entre 25-35°C.

3.2. Verter la levadura dentro del fermentador.

3.3. Tomar densidad dos veces por día, con refractómetro o densímetro (por la mañana y por la tarde) y finalizar el proceso cuando se obtenga el mismo valor 2 días consecutivos. Los valores esperados son entre 1,010 g/ml y 1,015 g/ml. Si se obtienen valores mínimamente por debajo (máximo 1,007) no es indicio de problema, es una levadura que suele consumir mucha azúcar total, causando que el azúcar restante sea menor y bajando la densidad.

3.4. Una vez llegado a densidad constante 2 días, purgar el fondo de levadura, abriendo la canilla que está debajo de la sección cónica del fermentador.

3.5. Llevar a heladera 1 semana, para sedimentar las levaduras que quedaron disueltas y para asentar sabores y aromas.

4. EMBARRILADO

4.1. Trasvasar desde el fermentador a barril conectando a la canilla de la parte intermedia de la sección cónica a una espiga con una manguera y el conector ball lock negro, el cual estará conectado al barril, con la tapa abierta para que pueda salir el CO_2.

4.2. Con el sistema de presión seteado a 1 bar conectar el barril y agitar vigorosamente hasta que no se vea más entrada de gas hacia el barril.

4.3. Dejar en heladera 5 días.

5. EMBOTELLADO

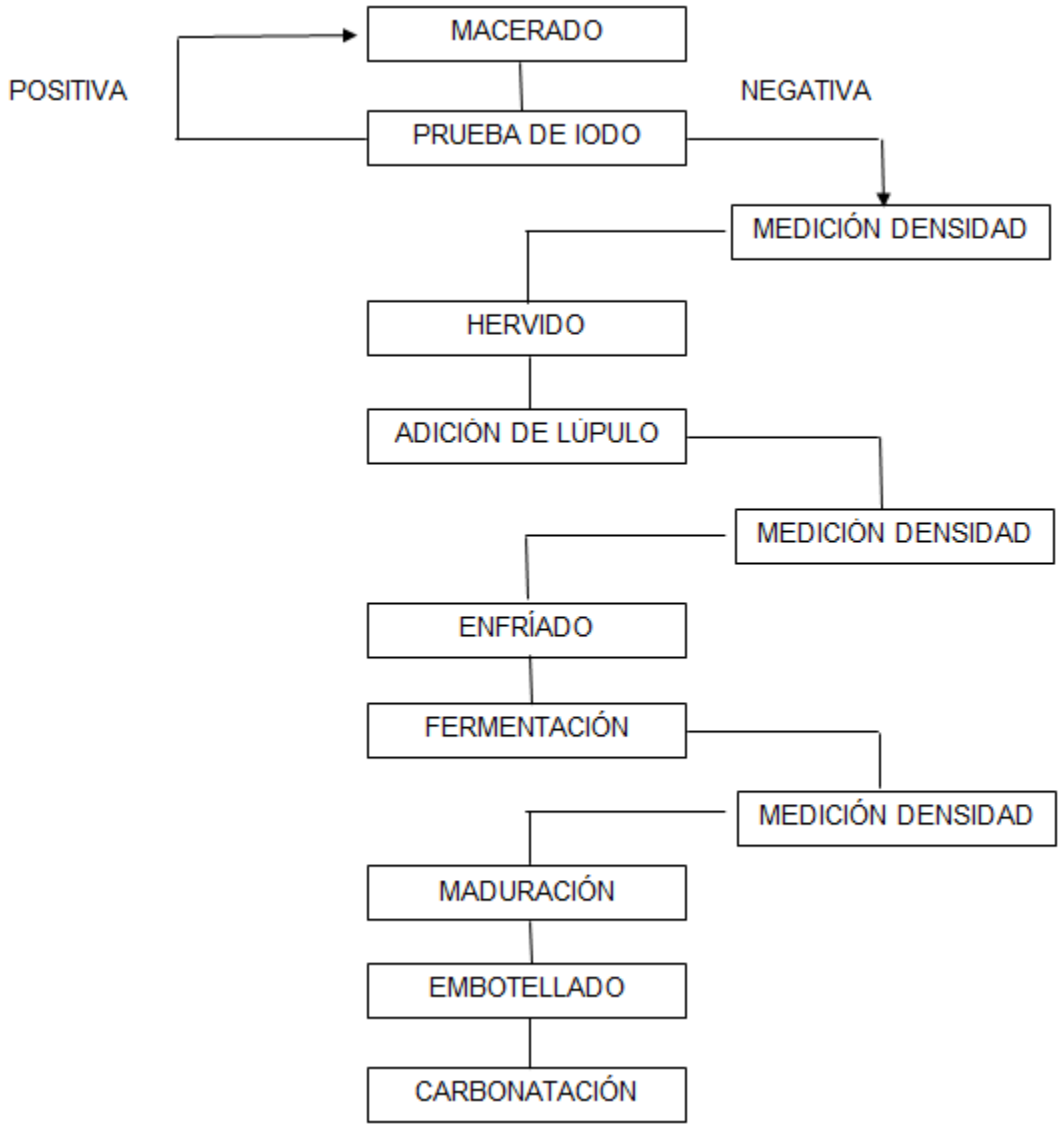
5.1. Conectar el sistema a 1 bar a el barril y a la embotelladora.

5.2. Conectar la línea de cerveza a la llenadora.

5.3. Llenar de manera lenta y constante con el sistema seteado a 1 bar.

5.4. Dejar las botellas 2 días en heladera.

DIAGRAMA DE FLUJO



INSUMOS MATERIALES Y EQUIPAMIENTO NECESARIO

Materia prima:

- 5.5 Kg de malta Pale Ale.
- 0,5 Kg de malta Vienna.
- 0,5 Kg de malta Carapils.
- 100 g de lúpulo cascade.
- 100 g de lúpulo victoria.
- 11,5 g levadura kveik voss.
- Azúcar común.
- Agua de red.

Equipamiento:

- 1 olla de aluminio de 50 L con canilla (olla de hervor)
- 1 olla de aluminio de 50 L sin canilla (olla de licor)
- 1 olla de acero inoxidable de 60 L (olla de macerado)
- Enfriador de placas 160L/h
- Bomba de agua totalmaq 30 W.
- Espumadera.
- Densímetro.
- Refractómetro.
- Termómetro.
- Probeta.
- 5 metros de manguera atóxica de ½ in.
- 6 metros de manguera atóxica ¼ in
- Acople rápido hembra ¾ in
- Acople rápido macho ½ in
- 10 metros de manguera de riego ½ in.
- Válvula regulador CO2
- Fermentador Infinity Rotomolding 60 L
- Heladera.
- Quemador 25 kcal.
- Botellas plásticas 0,5 L (PET).
- Barriles 10 L (PET)
- Llenadora contrapresión
- Balanza granataria.
- Iodopovidona o lugol
- Tubo de CO2 de 1Kg
- Conectores ball lock macho y hembra

PUNTOS CRÍTICOS DE SEGURIDAD

- Trabajar siempre bajo supervisión
- Utilizar guardapolvos.
- Trabajar en condiciones de higiene para evitar contaminaciones
- Evitar quemaduras accidentales durante la cocción
- Trabajar con pelo recogido o corto. En caso contrario usar cofia.

REFERENCIAS

- Palmer, J. J. (2017). How to Brew: Everything You Need to Know to Brew Great Beer Every Time (4th ed.). Brewers Publications.
- Oddone, S. (2021). Matemática de la Cerveza -2da. Edición. Editorial Autores de Argentina.
- Suarez, A.F. (2002). Análisis del proceso de elaboración de cerveza con énfasis en microcervecería. UNAM
- Suarez Diaz, M. (2013) Cerveza: componentes y propiedades. Universidad de Oviedo.
- Código Alimentario Argentino (CAA). Ministerio de Salud. ANMAT