

**Efecto de la temperatura y el tiempo de
maceración en la elaboración de un prototipo
de cerveza tipo Bock**

Fremio Hernández Santana

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Fremio Hernández Santana

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2009

Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock

Presentado por:

Fremio Hernández Santana

Aprobado:

Edward Moncada, M.A.E.
Asesor Principal

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria Alimentaria

Francisco Javier Bueso, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

RESUMEN

Hernández, Fremio, 2009. Efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria, Zamorano, Honduras. 40 p.

El objetivo general del estudio fue elaborar un prototipo de cerveza tipo Bock. Se evaluó tres temperaturas de maceración (50, 60 y 70 °C), en combinación con tiempos de (10, 20 y 5 minutos en el primer tratamiento; 30, 30 y 15 minutos en el segundo tratamiento y 60, 40 y 30 minutos en el tercer tratamiento, combinado con dos temperaturas de fermentación (7 y 10 °C) haciendo un total de seis tratamientos con tres repeticiones cada uno, para un total de 18 unidades experimentales. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo factorial 3*2 (tres tiempos de maceración y dos temperaturas de fermentación). Se evaluaron los atributos sensoriales de apariencia, aroma, frescura, color, sabor, sabor residual y aceptación general, usando un panel no entrenado de 12 personas. Se evaluaron y compararon las características físico-químicas de las cervezas después de un periodo de fermentación de 12 días. Las características estudiadas fueron pH, grado de alcohol, viscosidad, gravedad específica, color, absorbancia y grados Brix. No se mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) en la evaluación sensorial en ninguno de los atributos, siendo todos los tratamientos aceptados como buenos. El tratamiento (60 a 50, 40 a 60 y 30 min a 70 °C y fermentado a 10 °C) fue el tratamiento recomendado ya que está dentro de las especificaciones para una cerveza Bock. La variación en el tiempo de maceración y la temperatura de fermentación permitió encontrar diferencias significativas en todos los parámetros exceptuando pH y absorbancia.

Palabras clave: fermentación, lager, maceración.

CONTENIDO

| | |
|------------------------------------------|-----|
| Portadilla..... | i |
| Página de firmas | ii |
| Resumen | iii |
| Contenido | iv |
| Índice de Cuadros, Figuras y Anexos..... | v |
| | |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA | 3 |
| 3. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 10 |
| 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 15 |
| 5. CONCLUSIONES..... | 23 |
| 6. RECOMENDACIONES | 24 |
| 7. LITERATURA CITADA..... | 25 |
| 8. ANEXOS..... | 27 |

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadro

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Diferentes nombres utilizados para distintos tipos de cervezas en el mundo y sus características | 3 |
| 2. Formulación para tanda de cuatro L de cerveza tipo Bock. | 11 |
| 3. Diseño experimental..... | 12 |
| 4. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo color | 15 |
| 5. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo apariencia | 15 |
| 6. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo frescura..... | 16 |
| 7. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo sabor | 16 |
| 8. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo sabor residual | 17 |
| 9. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo aroma..... | 17 |
| 10. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo aceptación | 18 |
| 11. Coeficiente de variación para cada atributo evaluado..... | 18 |
| 12. Análisis de color de la cerveza | 19 |
| 13. Análisis de absorbancia de la cerveza | 19 |
| 14. Análisis de grados Brix de la cerveza..... | 20 |
| 15. Análisis del grado de alcohol de la cerveza..... | 20 |
| 16. Análisis del pH de la cerveza | 21 |
| 17. Análisis de la viscosidad de la cerveza..... | 21 |
| 18. Análisis de la gravedad específica de la cerveza..... | 22 |

Figura

| | |
|--------------------------------------------------|----|
| 1. Flujo de proceso de la cerveza tipo Bock..... | 14 |
|--------------------------------------------------|----|

Anexo

| | |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Manual de operación para la elaboración de cerveza tipo Bock | 27 |
| 2. Formato de evaluación sensorial | 39 |
| 3. Tabla de conversión de absorbancia a EBC, SRM y Grados Lovinbond..... | 40 |
| 4. Color SRM y EBC de la cerveza elaborada | 40 |

1. INTRODUCCIÓN

Según Valderrama (2002), la fermentación es la forma más antigua conocida de biotecnología alimentaria, evidenciada en la conversión de cebada en cerveza. La cual data de hace más de 5000 años.

La cerveza tipo Bock es una cerveza fuerte de fermentación baja. Tiene más de 6.25% de alcohol y puede ser dorada, marrón u oscura. Su grado alcohólico es variable. Existen diversos tipos de Bock como las Maibock, Doppelbock y Weizenbier. Este estilo se le debe a Einbeck, en el norte de Alemania de donde también lleva su nombre que luego de acortado y pronunciado con un acento Baviera, se transformó en Bock. La traducción del alemán quiere decir “cabra macho”, lo cual da nota al símbolo de este animal usado tan ampliamente en las cervezas Bock. Se cree que ya se elaboraba en los siglos XIV ó XV. Hoy en día este estilo también está asociado a la ciudad de Múnich, donde se producen muy buenas cervezas de este estilo (Asociación de cerveceros artesanales del Perú 2008).

Según la enciclopedia de la cerveza Einbeck (2008), la cerveza Bock es de fermentación alta o baja con un contenido mínimo de mosto primitivo del 16%. Existen cervezas Bock claras y negras. Tienen su origen en la ciudad Einbeck de la Baja Sajonia.

Desde el punto de vista económico, la fermentación más importante es la alcohólica, y la elaboración de cerveza constituye la mayor industria biotecnológica del mundo (Valderrama 2002).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el Aprender Haciendo de la Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano, no es posible mostrar de forma práctica e integral uno de los procesos más importantes de la industria derivada de cereales (Valderrama 2002).

Este proceso biotecnológico es importante no sólo por la cantidad de empleos que genera sino también por su gran rentabilidad. Por lo tanto es esencial que la carrera de Agroindustria Alimentaria ofrezca a sus estudiantes la facilidad de aprender de manera práctica la elaboración de cerveza a pequeñas escalas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de maceración en las características físico-químicas de la cerveza tipo Bock.

1.2.2 Específicos

- Analizar las características físico-químicas, pH, grado de alcohol, viscosidad, gravedad específica, color, absorbancia y grados Brix de la cerveza tipo Bock.
- Evaluar sensorialmente la cerveza tipo Bock.
- Elaborar el manual de procedimientos para esta línea de producción.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Para una comprensión más clara del proyecto, se aclararán los siguientes conceptos.

2.1.1 Cerveza

Bebida alcohólica hecha con granos germinados de cebada u otros cereales fermentados en agua, y aromatizada con lúpulo, boj, casia, etc. (Real Academia Española 2009).

Según López et. al. (2002), básicamente existen dos grandes tipos de cerveza: las de fermentación baja mejor conocidas como Lager; y las de fermentación alta Ale. Existen subtipos con diferentes características cuya nomenclatura es variable y confusa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diferentes nombres utilizados para distintos tipos de cervezas en el mundo y sus características.

| Lager | Fermentadas con levaduras bajas |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Pilsener, Hell o Pale | Clara, mucho lúpulo, seca. Poco cuerpo. |
| Dormunder | Igual que la pilsener pero con menos lúpulo. |
| Munich, dunkle o dark | Oscura, sabor intenso, aromática, poco lúpulo poco amargor, dulce y mucho cuerpo. |
| Bock, Marzen o Marzenbier | Igual que la munich pero con más alcohol. |
| Ale | Fermentadas con levaduras altas. |
| Pale ale | Clara, mucho lúpulo, seca, muy amarga. |
| Brown ale | Oscura, poco lúpulo, dulce. |
| Bitter | Clara, mucho lúpulo, mucho cuerpo. |
| Mild ale | Semioscura, dulce, poco densa, amarga. |
| Stout o porter | Muy oscura, mucho cuerpo, mucho lúpulo y amarga. |

Fuente: Biotecnología alimentaria, López et. al. 2002.

2.1.1 Aprender haciendo

Es parte de las ventajas competitivas de Zamorano, se trata de un modelo constructivista del pensamiento, donde el estudiante participa en su propio aprendizaje de manera experiencial, desarrollando habilidades y destrezas en un contexto de racionalidad y de sistemas (Valderrama 2002).

2.2 ELABORACIÓN DE CERVEZA

A continuación se describe el proceso de elaboración de cerveza genuina a partir de cebada.

“El uso de los cereales en la industria cervecera se puede dividir en dos áreas principales: la malta que provee del sistema requerido para hidrolizar, extraer y desarrollar el perfil de sabor deseado y los adjuntos provenientes de fracciones de molienda o derivados como jarabes, proveen carbohidratos necesarios para dar cuerpo a la cerveza y sustrato a la levadura durante el importante paso de fermentación” (Valderrama 2002).

2.2.1 Materias Primas

En la elaboración de cerveza los ingredientes que se utilizan son: Agua, malta de cebada, adjuntos, levadura y lúpulo.

2.2.2 Malta

Toda la cebada pertenece a la especie *Hordeum spontaneum*, nombres binomiales se usan comúnmente para las variedades cerveceras como si se tratara de especies distintas. Las dos subespecies utilizadas en la elaboración de malta para cerveza son: *H.distichum* o *H.deficiens* conocidas también como la de dos carreras, que se cultiva principalmente en Europa, y la de seis carreras (*H.hexastichum*, *H. vulgare* o *H.intermedium*) cultivada principalmente en Norteamérica. Las denominaciones de dos y seis carreras surgen de los granos en el raquis que se puede apreciar viendo la espiga desde arriba (López et. al. 2002).

Después del proceso de limpieza y selección de los granos. Estos son sumergidos en agua durante 60 horas hasta que su humedad se incrementa de 10% hasta 41-45%. El remojo se hace normalmente en camas con 60 cm de altura de grano en proporciones de grano-agua de 1:3 a 1:4, con 2 a 4 recambios de agua y temperatura de 10-15°C; para lograr una germinación más rápida y uniforme se airea la cama durante el proceso de remojo. Aplicando ácido giberélico la humedad del grano al final del remojo puede ser mucho menor (35%), lo cual facilita el proceso de secado durante el horneado al final del malteo. La aireación es muy importante en el proceso de germinación debido a que es un proceso fisiológico que requiere de oxígeno por lo tanto debe proveerse de alguna manera, mediante la aireación también se elimina el dióxido de carbono producido (López et. al. 2002).

Según el mismo autor el grano mojado se extiende sobre grandes superficies (suelo o charola) y se mueve de forma manual o mecánica, el movimiento es muy importante ya que permite una adecuada respiración del grano además ayuda a mantener una temperatura homogénea y evita que las raicillas mientras van creciendo se trenzan entre los granos. La temperatura durante el proceso se controla entre 13 y 16 °C, aunque al final puede incrementar y alcanzar los 21 °C por efecto de la actividad metabólica. La germinación continúa hasta que la acróspira (plúmula) de la mayoría de los granos alcanza una longitud aproximada de $\frac{3}{4}$ del tamaño del grano. Lo cual ocurre en un periodo de seis a siete días. En este momento se obtiene lo que se conoce como malta joven o verde, la cuál es sometida a un proceso de secado para detener la germinación y provocar reacciones de oscurecimiento que conllevan a la formación de sustancias oscuras y de sabores característicos, importantes para las cualidades de la cerveza. Dependiendo el tipo de cerveza a elaborar y de las características que se quieran obtener en la malta las temperaturas usadas son las siguientes: entre 55 y 70 °C para maltas Lager y entre 60 y 95 °C para maltas *ale*, aunque algunas maltas oscuras se hornean a temperaturas entre 105 y 177 °C. Mientras mayor sea la temperatura de horneado se obtendrán maltas más oscuras pero con menores actividades enzimáticas, y viceversa. La humedad de la malta después de este proceso es de 3-6%.

2.2.3 Adjuntos

Granos sin germinar de hecho cualquier fuente de almidón o azúcares fermentables adicionados al mosto además de la malta. Estos pueden ser productos derivados como sémola, almidón, granos precocidos, hojuelas o jarabes. En Estados Unidos se utiliza más la sémola de maíz seguida por arroz. Otros productos utilizados en diferentes partes del mundo como productos sólidos son: almidón de maíz, sorgo, cebada, trigo, almidón de trigo, hojuelas de diferentes cereales, almidón de papa etc., Dentro de los productos líquidos se utilizan jarabe de maíz, jarabe de cebada, jarabe de trigo , y soluciones concentradas de azúcar y azúcar invertido.

2.2.3.1 Lúpulo

La principal función es brindar sabor a la cerveza, el sabor amargo y la aroma de la cerveza se debe al lúpulo, otra función es como preservante inhibiendo microorganismos patógenos indeseables. Para la elaboración de cerveza se utilizan los conos maduros de la flor femenina de la planta *Humulus lupulus*, ya sean secos (enteros, en polvo o comprimidos) o como extractos obtenidos con solventes, con bióxido de carbono líquido o supercrítico (50 °C, 400 bar), el más efectivo para la extracción de los componentes que se usan en la industria cervecera es el CO₂ líquido. Esta planta se cultiva en climas templados por lo que en los países tropicales el lúpulo que se utiliza es importado. De los componentes existentes en el lúpulo los que interesan desde el punto de vista cervecero son: una gran variedad de resinas y aceites esenciales (López et. al. 2002).

2.2.3.2 Levaduras

Varias especies del género *Saccharomices* han estado relacionadas con la producción de bebidas alcohólicas, dentro de las que cabe destacar: *S.cerevisiae*, *S.uvarum*, *S.carlsbergensis* esta última usada en la cerveza Bock (López et. al. 2002).

2.3.3.3 Fermentación

“Levadura alta” o “levadura baja” son términos referidos a la propiedad de muchas cepas de levaduras utilizadas en la industria cervecera, a flocular y flotar formando una nata al final de la fermentación en el primer caso o flocular y hundirse en el fermentador en el segundo caso. Las cervezas tipo ale se elaboran con levadura alta (*S.cerevisiae*), mientras que las tipos lager se elaboran con levaduras de fermentación baja (*S. Carlsbergensis*).

2.4 PROCESO DE ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

2.4.1 Producción de malta

La cerveza no se puede elaborar sin malta, consecuentemente la producción de malta de cebada es el primer paso en la producción de cerveza esto es por supuesto posible con otros cereales como por ejemplo: trigo, centeno, sorgo o mijo, pero históricamente por varias razones la malta de cebada ha sido la más usada (Hardwick 1995).

El mismo autor indica que existen tres fases en el proceso de malteado: remojo, germinación y secado.

2.4.1.2 Remojo

En tanques de fondo cónico se inicia el crecimiento del grano, se usa agua de 12 a 16 °C y el aire utilizado se inyecta por separado lo anterior se realiza por un periodo de 40 a 48 horas. El agua entra al embrión a través del micrópilo, hasta que el contenido de humedad de los granos aumenta de 44 a 46%, el agua es cambiada cada 6 u 8 horas y nunca es reciclada. El remojo inicial remueve el polvo de la superficie, tierra y microorganismos y también algunos taninos. la adsorción de agua ocurre rápidamente al principio y disminuye con el tiempo (Hardwick, 1995).

2.4.1.3 Germinación

Del tanque de remojo la cebada es transferida al recipiente de germinación. Durante un periodo de 4 días a 13-16 °C y 100% de humedad, la cebada crece. Esta cama es lentamente mezclada por una máquina para prevenir que las raicillas se enreden entre sí y para promover un crecimiento uniforme en toda la cama, la actividad respiratoria del grano genera calor y CO₂, lo cual provee la energía requerida para continuar con los cambios germinativos (Hardwick 1995).

2.4.2 Secado

Puede hacerse en el mismo recipiente en que ocurrió la germinación. Para prevenir desnaturalización de las enzimas requeridas para el proceso de cervecería, la malta verde, es secada lentamente. La temperatura del aire de secado incrementa de 50 a 80 °C con varias gradientes. El aire forzado a través de la cama, disminuye el contenido de humedad de la malta hasta un 4%. La remoción de agua es relativamente fácil al inicio pero se vuelve más difícil a medida que hay que remover el agua del centro del grano (Hardwick 1995).

2.4.2.1 Molido de la malta

Molienda de la malta, con la cual se prepara una suspensión de agua 45-60 °C; esta suspensión se somete a una operación de calentamiento gradual en el macerador, la que recibe el nombre de sacarificación. Normalmente las cervezas se elaboran con varios tipos de malta, de acuerdo con las características que se deseen en el producto; las maltas oscuras contribuyen en el color de la cerveza, mientras que maltas horneadas a bajas temperaturas contribuyen con altas actividades enzimáticas. Cuando se utilizan adjuntos sólidos, estos se maceran en una paila aparte llamada cocedor de adjuntos, donde se calientan a ebullición para gelatinizar el almidón.

2.4.2.2 Maceración

Según Hardwick (1995), la maceración es el proceso en el cual la malta y los adjuntos son mezclados con agua en un proceso controlado de calentamiento, Para digerir y extraer proteínas, carbohidrato, enzimas y sustancias fenólicas, para obtener azúcares fermentables y compuestos nitrogenados para la nutrición de la levadura. Los errores durante este proceso no son fácilmente corregibles y pueden hacer que el resto del proceso sea muy difícil.

2.4.2.3 Separación del caldo

Según López y García et. al. (2002), una vez completado el ciclo de sacarificación, la suspensión se transfiere a un tanque clarificador, en este tanque se separa el líquido, el cual constituye el producto llamado mosto dulce, y los residuos sólidos de la malta y los adjuntos, subproductos que se conocen como granos gastados, los cuales funcionan como un excelente filtro lo que permite obtener un mosto clarificado. Una vez removido el líquido, se hace fluir agua caliente por los rociadores con lo cual se lixivian los granos gastados; el líquido de lixiviación posteriormente se integra al mosto dulce. El uso del tanque clarificador es tradicional en las cervecerías, pero esta operación puede sustituirse por el uso de un filtro prensa, que tiene ventajas de ser más económico, requiere menos espacio y gasta menos agua para la lixiviación.

2.4.2.4 Cocción del caldo

El mosto dulce pasa al tanque u olla de cobre o acero inoxidable calentándolo donde se le adiciona el lúpulo se somete a ebullición durante 30-90 min a presión atmosférica, la cantidad de lúpulo adicionada varía dependiendo del tipo de cerveza, entre 0.14 y 0.42 kg por hectolitro (López et. al. 2002).

Según López et. al. (2002), los objetivos de esta operación son varios:

- Extraer las resinas y aceites esenciales del lúpulo (las cuales además sufren reacciones de isomeración e hidrólisis).

- Inactivar las enzimas para detener la conversión excesiva del mosto a cerveza.
- Coagular proteínas y favorecer las reacciones entre taninos y proteínas para la formación de compuestos insolubles que precipitan clarificando así el producto.
- Esterilizar el mosto para evitar la presencia de microorganismos indeseables que compitan con la levadura durante la fermentación.
- Promover reacciones de caramelización, de Maillard y de oxidación de compuestos fenólicos para la formación de melanoidinas que contribuyen al color y sabor de la cerveza.
- Volatilizar y remover compuestos que confieren aromas indeseables.
- Disminuir el pH por precipitación de fosfato de calcio y otros iones.
- Eliminar agua (10 % del volumen aproximadamente) para concentrar el mosto.

2.4.2.5 Enfriado del caldo

El mosto lúpulado se enfría, por lo general en cambiadores de calor de placas, a temperaturas entre 6 y 15 °C, lo cual provoca la precipitación de proteínas y taninos insolubles en partículas más finas que se separan por filtración o centrifugación (López et. al. 2002).

Según Hardwick (1995), señala que el caldo entra al intercambiador de calor a 96-99 °C con un flujo turbulento; debido a que la levadura vive y fermenta a bajas temperaturas, el caldo debe ser enfriado lo más pronto posible a 5 o 6 °C, o lo que es más común de 7 a 10 °C, durante este proceso el caldo pierde claridad tornándose turbio debido a la formación de un precipitado en frío en cual consiste en componentes de proteína polifenoles que pierdes solubilidad.

2.4.2.6 Fermentación del caldo

El proceso de fermentación se inicia con la inoculación del mosto lúpulado con un cultivo “puro” de levaduras. La fermentación se inicia generalmente a temperaturas de 7-11 °C en cervezas lager, la cual se incrementa a 10-15 °C en un tiempo de 3 a 5 días, para finalmente descender a las temperaturas iniciales; la fermentación dura en total entre 8 y 10 días. Las gravedades específicas típicas (densidades) del mosto lúpulado son de 1.032-1.040 para cervezas lager luego de la fermentación desciende a 1.008-1.010 g/cm³. La relación de conversión de carbohidratos a alcohol se maneja en cervecería como atenuación. Los valores típicos de atenuación son de 70-80% (López et. al. 2002).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

El proyecto se llevó a cabo en Zamorano, que está ubicado a 30 km al sureste de Tegucigalpa, Honduras, en el departamento de Francisco Morazán, el mismo se realizó en las siguientes secciones:

- a) Centro de cómputo académico, en donde se llevó a cabo el análisis estadístico.
- b) Planta agroindustrial de investigación y desarrollo donde se llevó a cabo la elaboración de la cerveza
- c) Laboratorio de análisis de alimentos de Zamorano (LAAZ) donde se realizaron los análisis físico-químicos de la cerveza.
- d) Laboratorio de análisis sensorial del Zamorano, donde se realizaron las pruebas sensoriales de la cerveza.

3.2 EQUIPOS UTENSILIOS Y SUMINISTROS.

3.2.1 Desarrollo del producto

En la Planta agroindustrial de investigación y desarrollo de Zamorano, encontramos los siguientes equipos.

- Baldes plásticos de 20 L
- Balanza(Acculab[®] 1g-1000g)
- Balanza (Fs-15K 0-15Kg)
- Refractómetro portátil, 0-32 °Brix
- Embudo pequeño plástico
- Termómetro de contacto (0-100 °C)
- Vinómetro (Vol. Alcohol)
- Cámaras frigoríficas a 7 y 10 °C
- Botellas de vidrio de 3 galones
- Airlocks
- Extracto de Malta Muntons Amber, Crosby and Baker
- Northern Brewer Pellets HOP009B
- Dry Lager Yeast Saflager S-23, Lesaffre Group
- Colorflex™ HunterLab, Diffuse model.
- Viscosímetro Brookfield RVDVII Versión 5.1

3.2.2 Programas de aplicación (software)

- Microsoft Word[®] (Office 2007)
- Microsoft Excel[®] (Office 2007)
- SAS[®] (“statistical Analysis System”), versión 9.1

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Elaboración de la cerveza tipo Bock.

Se buscó en la literatura los diferentes tipos de formulación usados para elaborar cerveza tipo Bock de manera artesanal, a partir de esto se elaboró una formulación. Las operaciones unitarias que componen la línea de proceso empiezan con el pesado de los ingredientes y terminan con el embotellado del producto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Formulación para tanda de cuatro L de cerveza tipo Bock.

| Ingredientes | Cantidad (kg) |
|----------------------------------------|---------------|
| Extracto de malta | 0.5 |
| Lúpulo Northern Brewer (7.7% ác. Alfa) | 0.005 |
| Agua | 4 |
| Levaduras *Saflager S-23 | 0.002 |

***SAFLAGER S-23**

Propiedades: Esta levadura de baja fermentación es originaria de Berlín (Alemania). Es muy usada en las cervecerías de Alemania del Oeste produce lagers con notas frutales y esterres. La sedimentación es alta y su densidad final media.

Dosis: 11.5 g/20-30 l, para una inyección de 12°C a 15°C.

Fermentación Recomendada: de 9°C a 15°C, ideal 12°C.

3.3.2 Diseño experimental

Se utilizó un arreglo factorial (3*2) con tres combinaciones de temperaturas y tiempos de maceración (Cuadro 3) y dos temperaturas de fermentación, haciendo un total de seis tratamientos, de cada uno se hicieron tres repeticiones para un total de 18 unidades experimentales, usando diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con una separación de medias Tukey, con una probabilidad de ($P < 0.05$) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Diseño experimental

| Tratamientos Tiempo(min) y T° de maceración(°C) | T° de fermentación | |
|----------------------------------------------------|--------------------|------|
| | 7°C | 10°C |
| TRT 1. 10min a 50°C, 20min a 60°C y 5min a 70°C | T1 | T1 |
| TRT 2. 30min a 50°C, 30min a 60°C y 15min a 70°C | T2 | T2 |
| TRT 3. 60min a 50°C, 60min a 60°C y 30min a 70°C | T3 | T3 |

3.3.3 Análisis sensorial

Se realizó un panel sensorial con panelistas no entrenados, compuesto por 12 personas y una prueba de aceptación con tres repeticiones para los diferentes tratamientos, donde se evaluaron los atributos sensoriales de color, aroma, sabor, frescura, apariencia, sabor residual y aceptación general. Se utilizó una escala hedónica de cinco puntos, donde 1 corresponde a la calificación de “me disgusta muchísimo” y 5 “me gusta muchísimo”.

3.4 Análisis químicos

3.4.1 pH, Grado alcohólico y °Brix

Se utilizó un potenciómetro digital portátil para determinar el pH. Un vinómetro para determinar el porcentaje de alcohol por volumen, para medir los °Brix se usó un refractómetro portátil con escala de (0-32). Se realizaron tres medidas de cada unidad experimental.

3.4.2 Análisis físicos

3.4.3 Color

Se midió el color de la cerveza con el Colorflex HunterLab®, evaluando los valores L*, a* y b*; donde el valor de L indica la claridad en una escala de 0-100 siendo cero (0) negro y cien (100) blanco; El valor de a* mide el espectro visible del verde al rojo, siendo a (-) verde y a (+) rojo; El valor de b* es de un valor de azul al amarillo, siendo b (-) azul y b (+) amarillo, tanto a* como b* utilizan una escala de -60 a 60.

3.4.4 Absorbancia

Se usó un espectrofotómetro spectronic 20® para medir la absorbancia a una longitud de onda de 430 nanómetros. Lo anterior se realizó con el objetivo de poder convertir las unidades a los colores utilizados en cerveza grados Lovinbond, European Brewing Convention (EBC) y Estándar Standard Reference Method (SRM) (Anexo 3).

3.4.5 Viscosidad

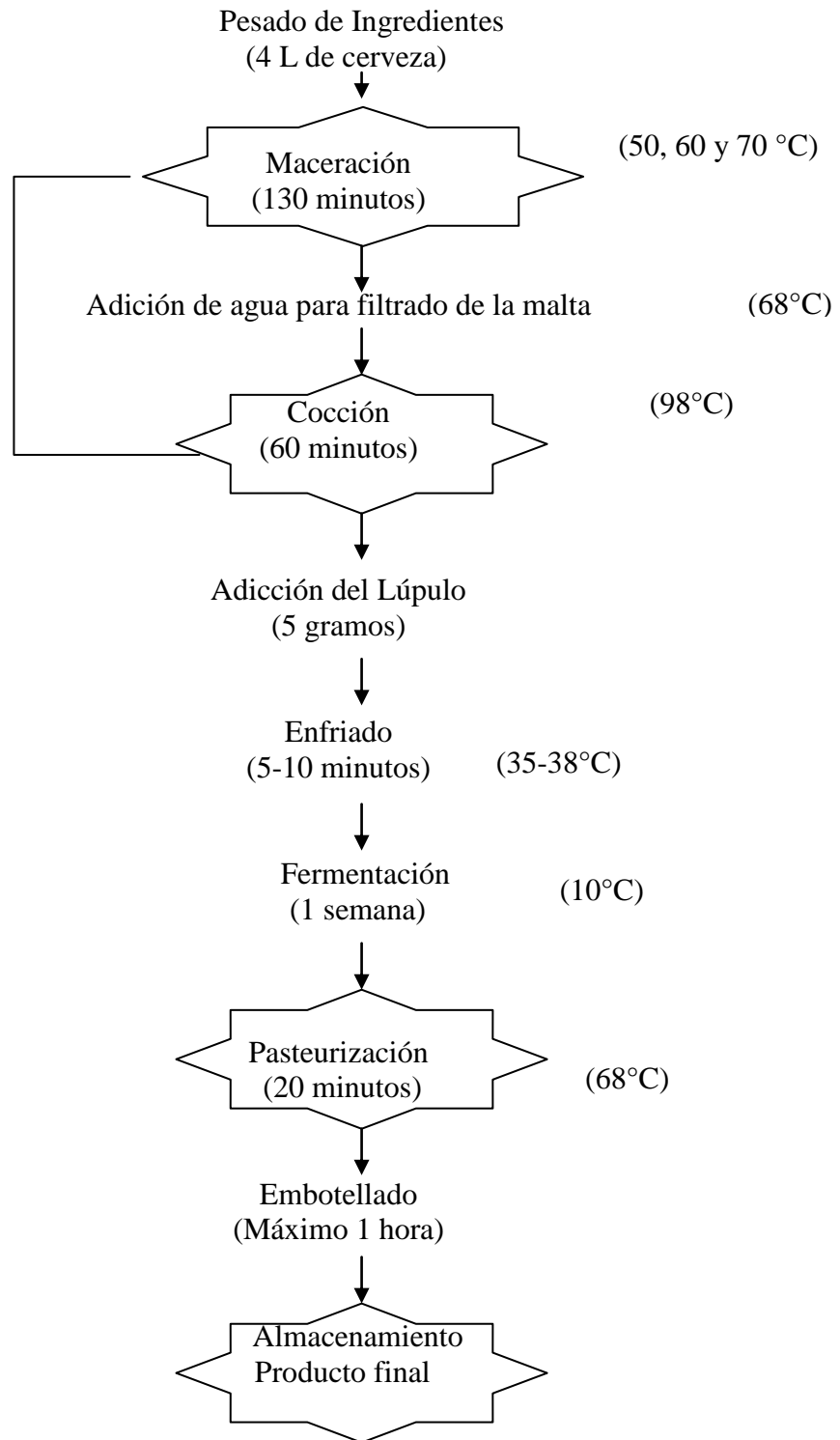
Para medir viscosidad se utilizó un Viscosímetro de Brookfield® RVDV-1JT, Todos los viscosímetros de Brookfield utilizan el conocido principio de la viscosimetría rotacional; miden la viscosidad captando el par de torsión necesario para hacer girar a velocidad constante un husillo inmerso en la muestra de fluido. El par de torsión es proporcional a la resistencia viscosa sobre el eje sumergido, y en consecuencia, a la viscosidad del fluido.

3.4.6 Gravedad específica

La gravedad específica se midió utilizando un hidrómetro disponible en el laboratorio de análisis de alimentos del Zamorano (LAAZ), para más claridad de los conceptos anteriores (Figura 1).

3.5 Elaboración del manual de proceso

Con la finalidad de reforzar el componente educativo, se elaboró un manual de operaciones el cual fue validado por el personal técnico de la carrera de agroindustria (Anexo 1).



Representa un riesgo durante el proceso

Figura 1. Flujo de proceso cerveza tipo Bock.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS SENSORIAL

4.1.1 Color

El Cuadro 4 indica que los panelistas no encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en el color en ningunos de los tratamientos sin embargo la media más alta (3.86) fue para el tratamiento (30 a 50, 30 a 60 y 15 min a 70 °C) fermentado a 10°C, los panelistas calificaron los tratamientos como agradables en color ya que lo calificaron con valor de cuatro (Anexo 2).

Cuadro 4. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo color.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Color±D.E |
|---------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.86±0.75 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.69±0.75 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.66±0.75 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.63±0.75 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.63±0.75 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.52±0.75 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

4.1.2 Apariencia

El Cuadro 5 indica que los panelistas no encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en apariencia. La apariencia depende mucho del color y debido a que los panelistas no encontraron diferencias en color, sucedió lo mismo con este atributo. Sin embargo numéricamente los panelistas calificaron el tratamiento cuatro con 4.05 ubicándose en la escala sensorial como me gusta moderadamente.

Cuadro 5. Análisis sensorial de la cerveza para el atributo apariencia.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Apariencia±D.E |
|---------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 4.05±0.69 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.88±0.69 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.88±0.69 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.75±0.69 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.72±0.69 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.66±0.69 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

4.1.3 Frescura

El Cuadro 6 muestra que estadísticamente los panelistas no encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en el atributo frescura. La frescura está dada por la cantidad de CO_2 que tenga la cerveza y la temperatura a la que se sirva, en este caso todos los tratamientos tenían el CO_2 que las levaduras generaron en el proceso de fermentación y fueron servidos a la misma temperatura (5°C).

Cuadro 6. Análisis sensorial de la cerveza atributo frescura.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Frescura±D.E |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.53±0.70 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.69±0.70 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.57±0.70 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.63±0.70 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.72±0.70 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.52±0.70 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

4.1.4 Sabor

El Cuadro 7 muestra que estadísticamente los panelistas no encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en el sabor, la cerveza tipo Bock tiene un sabor fuerte, al cual los panelistas al ser todos originarios de Latino América, no están acostumbrados, el sabor se ve influenciado por la cantidad de lúpulo y por la dulzura final de la cerveza.

Cuadro 7. Análisis sensorial de la cerveza atributo sabor

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Sabor±D.E |
|---------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.80±0.94 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.63±0.94 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.63±0.94 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.33±0.94 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.27±0.94 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.19±0.94 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

4.1.5 Sabor residual

El Cuadro 8 muestra que estadísticamente los panelistas no encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en el sabor residual de la cerveza. El sabor residual está dado por la cantidad de lúpulo utilizada en la elaboración de la cerveza en nuestro caso todos los tratamientos tenían la misma cantidad de lúpulo (5 gramos).

Cuadro 8. Análisis sensorial de la cerveza atributo sabor residual.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | S. Residual±D.E |
|---------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.52±0.78 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.36±0.78 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.36±0.78 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.30±0.78 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7°C | 3.27±0.78 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 3.19±0.78 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

4.1.6 Aroma

El Cuadro 9 muestra que estadísticamente los panelistas no encontraron diferencia significativa ($P < 0.05$) en el aroma de la cerveza, este atributo está dado por la adición de lúpulo al final del proceso de cocción del mosto, en nuestro caso se le añadió la misma cantidad de lúpulo (1 gramo) al final del proceso de cocción a todos los tratamientos.

Cuadro 9. Análisis sensorial de la cerveza atributo olor.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Aroma±D.E |
|---------------------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.86±0.86 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.83±0.86 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10 °C | 3.77±0.86 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10 °C | 3.58±0.86 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.52±0.86 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10 °C | 3.44±0.86 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

4.1.7 Aceptación

El Cuadro 10 muestra que los panelistas no aceptaron ningún tratamiento sobre otro, no hubo diferencia significativa ($P < 0.05$). Los consumidores Latinos no estamos acostumbrados a consumir cervezas oscuras y con un sabor fuerte donde se destaca el sabor amargo del lúpulo y un alto contenido de alcohol (5- 6 % vol.).

Cuadro 10. Análisis sensorial de la cerveza atributo Aceptación.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Aceptación±D.E |
|---------------------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.72±0.75 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10 °C | 3.72±0.75 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.69±0.75 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 3.63±0.75 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10 °C | 3.50±0.75 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10 °C | 3.47±0.75 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

Cuadro 11. Coeficiente de variación para cada atributo sensorial.

| Atributo Sensorial | *%CV |
|--------------------|-------|
| Color | 20.47 |
| Sabor | 27.08 |
| Apariencia | 18.21 |
| Aroma | 23.58 |
| Frescura | 19.34 |
| Sabor Residual | 23.41 |
| Aceptación General | 20.90 |

*%CV= Coeficiente de variación

A pesar de que los panelistas eran no entrenados los coeficientes de variación de cada atributo tienen valores aceptables (<30%).

4.2 ANÁLISIS FÍSICOS

4.2.1 Color

Los resultados del Cuadro 12 indican que el tratamiento seis (60 a 50, 40 a 60 y 30 min a 70 °C) fue el más oscuro (valor *L de 33.91±0.37) y difiere estadísticamente con el resto de tratamientos ($P < 0.05$). Esto debido al tiempo de macerado a más tiempo más oscuro será el color obtenido. También Durante el proceso de decocción, cuando se hierve una parte del mosto del macerado, se destruyen enzimas y se caramelizan aportando color. Si se realiza una decocción doble o triple, en cada uno de los pasos se le suma cada vez más color al mosto.

Los panelistas no detectaron diferencia significativa ($P < 0.05$) en el color, sin embargo queda demostrado mediante análisis físicos que el tiempo de maceración y la temperatura de fermentación influyen en el color de la cerveza.

Cuadro 12. Separación de medias Tukey para color de la cerveza.

| Tratamiento | Descripción | L*± D.E. | a*± D.E. | b*± D.E. |
|-------------|---------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 | Fermentación a 7 °C | 63.27±0.37 ^a | 3.73±0.17 ^a | 37.19±0.37 ^f |
| 4 | Fermentación a 10°C | 52.76±0.37 ^b | 13.84±0.17 ^d | 57.10±0.37 ^b |
| 5 | Fermentación a 10°C | 48.96±0.37 ^c | 16.82±0.17 ^b | 58.71±0.37 ^a |
| 3 | Fermentación a 7 °C | 43.98±0.37 ^d | 12.76±0.17 ^e | 47.10±0.37 ^d |
| 2 | Fermentación a 7 °C | 40.40±0.37 ^e | 14.93±0.17 ^c | 42.16±0.37 ^e |
| 6 | Fermentación a 10°C | 33.91±0.37 ^f | 19.70±0.17 ^a | 48.89±0.37 ^c |

* Medias en la misma columna seguidas con diferente letra son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

4.2.2 Absorbancia

El Cuadro 13 muestra que no hubo diferencia estadística entre los tratamientos en absorbancia, se midió absorbancia para poder expresar el color de la cerveza en unidades aceptadas European Brewing Convention (EBC) y Standard Reference Method (SRM), Todos los tratamientos están dentro del rango correcto (1.6 a 2.3).

Cuadro 13. Separación de medias Tukey para la absorbancia de la cerveza.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Absorbancia±D.E |
|---------------------------------------------------|----------------------|------------------------|
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 1.73±0.14 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10 °C | 1.73±0.14 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 1.70±0.14 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 1.66±0.14 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10 °C | 1.63±0.14 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10 °C | 1.60±0.14 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes ($P > 0.05$).

*D.E= Desviación Estandar.

4.2.3 Grados Brix

El Cuadro 14 muestra que hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos, siendo el tratamiento (60 a 50, 40 a 60 y 30 min a 70 °C y fermentado a 10°C) el que mayor cantidad de grados Brix obtuvo, esto debido a la gran cantidad de azúcares disponibles como resultado de la prolongación del tiempo de maceración el cual es el más alto de todos los tratamientos. Esto quiere decir que a más tiempo de maceración la cantidad de azúcares disponibles en el mosto será mayor.

Cuadro 14. Separación de medias Tukey para los grados Brix de la cerveza.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Grados Brix±D.E |
|---------------------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10 °C | 7.33±0.28 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 7.00±0.28 ^{ab} |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 7.00±0.28 ^{ab} |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 6.33±0.28 ^{bc} |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10 °C | 6.33±0.28 ^{bc} |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10 °C | 6.00±0.28 ^c |

* Medias en la misma columna seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

4.2.4 Alcohol

El Cuadro 15 muestra que hubo diferencia significativa, siendo el tratamiento (60 a 50, 40 a 60 y 30 min a 70°C y fermentado a 10°C) el que más grados de alcohol alcanzó con un valor de (6.16±0.33) así mismo el tratamiento (60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 y fermentado a 7°C) resultó estadísticamente igual al anterior con valor de (5.26±0.33). Ambos tratamientos tienen en común el tiempo de maceración el cual es el más largo lo que quiere decir que la temperatura de fermentación no influye en la cantidad de alcohol producido por las levaduras.

Cuadro 15. Separación de medias Tukey para los grados de alcohol.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | ° Alcohol ±D.E |
|---------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 6.16±0.33 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7°C | 5.26±0.33 ^{ab} |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 4.66±0.33 ^{bc} |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7°C | 4.53±0.33 ^{bc} |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7°C | 4.16±0.33 ^c |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 4.16±0.33 ^c |

* Medias en la misma columna seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

4.2.5 pH

El Cuadro 16 muestra que no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para el parámetro pH. Todos los tratamientos están dentro del rango establecido para cervezas estilo Bock.

Cuadro 16. Separación de medias Tukey para pH de la cerveza.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | pH ±D.E |
|---------------------------------------------------|---------------------|------------------------|
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 4.56±0.12 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7°C | 4.46±0.12 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 4.43±0.12 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7°C | 4.43±0.12 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7°C | 4.40±0.12 ^a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 4.33±0.12 ^a |

* Medias en la misma columna seguidas con la misma letra no son significativamente diferentes (P>0.05).

*D.E= Desviación Estandar.

4.2.6 Viscosidad

El Cuadro 17 muestra que hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos fermentados a 7°C y los fermentados a 10°C, siendo las cerveza fermentada a 7°C más robusta que la fermentada a 10°C ya que la viscosidad de la cerveza indica cuán robusta es una cerveza en una relación directamente proporcional.

Cuadro 17. Separación de medias Tukey para Viscosidad de la cerveza.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Viscosidad ±D.E |
|---------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 17.23±1.54 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 16.3±1.54 ^a |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 16.2±1.54 ^a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 11.13±1.54 ^b |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 6.60±1.54 ^c |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 4.96±1.54 ^c |

* Medias en la misma columna seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

4.2.7 Gravedad específica

El Cuadro 18 muestra que existió diferencia estadística significativa entre los tratamientos fermentados a 7°C y los tratamientos fermentados a 10°C, lo cual tiene gran relación con el grado de alcohol que tenga cada uno de los tratamientos, ya que el alcohol es menos denso que el agua. Todos los tratamientos están dentro del rango específico para la cerveza Bock.

Cuadro 18. Separación de medias Tukey para gravedad específica de la cerveza.

| Tratamientos Tiempo y T° de maceración (min - °C) | Descripción | Gravedad específica ±D.E | |
|---------------------------------------------------|---------------------|--------------------------|---|
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 7 °C | 1.035±0.0012 | a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 7 °C | 1.035±0.0012 | a |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 7 °C | 1.033±0.0012 | a |
| 60 a 50, 40 a 60 y 30 a 70 | Fermentación a 10°C | 1.029±0.0012 | b |
| 30 a 50, 30 a 60 y 15 a 70 | Fermentación a 10°C | 1.029±0.0012 | b |
| 10 a 50, 20 a 60 y 5 a 70 | Fermentación a 10°C | 1.029 ±0.0012 | b |

* Medias en la misma columna seguidas con diferente letra son significativamente diferentes (P<0.05).

5. CONCLUSIONES

- Se desarrolló un manual de proceso para la elaboración de cerveza Bock validado por el personal de la carrera de agroindustria.
- La temperatura de fermentación no influyó en la cantidad de alcohol generado por las levaduras, el factor que si influyó fue el tiempo de maceración, a más tiempo de maceración más porcentaje de alcohol en la cerveza.
- El tratamiento (60 a 50, 40 a 60 y 30 min a 70° C) fue el tratamiento recomendado en este estudio debido a que es el tratamiento que más se ajusta a las especificaciones de una Bock tradicional con respecto al color.
- La variación en el tiempo de maceración y la temperatura de fermentación permitió encontrar diferencias significativas en todos los parámetros exceptuando pH y absorbancia.
- Sensorialmente los panelistas no encontraron diferencia en ningunos de los tratamientos, de esta misma forma no aceptaron ningún tratamiento por encima de los demás.
- Las características físico-químicas pH, grado de alcohol, viscosidad, gravedad específica, color, absorbancia y grados Brix estuvieron dentro de los parámetros internacionales para una cerveza tipo Bock.

6. RECOMENDACIONES

- Desarrollar otros tipos de cerveza en la misma línea de proceso para enriquecer más el aprender haciendo de la carrera de Agroindustria.
- Evaluar la estabilidad del color en el tiempo de almacenamiento de la cerveza.
- Evaluar el aumento en el porcentaje de alcohol a través del tiempo.
- Inyectar CO₂ para mejorar las características sensoriales.
- Usar panelistas entrenados para la evaluación sensorial.

7. LITERATURA CITADA

Asociación de cerveceros artesanales del Perú (en línea). Consultado 5 oct. 2009.
Disponible en :

<http://www.cervecerosartesanales.com/conten/tipos.html>

Cerveza Einbecker, 2008, Enciclopedia de la cerveza (en línea). Consultado 20 ago. 2009
Disponible en:

<http://www.einbecker-brauhaus.de/flycms/es/screen/8/-fHwF/Enciclopedia+cerveza.html>

Código Alimentario Argentino (en línea). Consultado 21 Sep. 2009. Disponible en:

<http://www.anmat.gov.ar/CODIGOA/CAA1.HTM>

Daniels, 1996. Designing great beers. New York, USA. 383 p.

Hardwick, 1995. Hand book of brewing. New York, USA, Marcel Dekker, inc. 714 p.

López et. al. (2004), Biotecnología alimentaria. (en línea). Consultado 25 ago. 2009.
Disponible en:

<http://books.google.hn/books?id=2ctdvBnTa18C&printsec=frontcover#v=onepage&q=&f=false>

Oñate, D. 2004. Curso de enología (en línea). España. Consultado 3 oct. 2009. Disponible en:

<http://personal.telefonica.terra.es/web/diegoonate/presentacion.htm>

(RAE) (Real Academia Española), 2009. Diccionario de la lengua española (en línea).
Consultado 30 sep. 2009 Disponible en:

<http://www.rae.es/rae.html>

Rojas, C. ; Saldívar, S. 2001. La biotecnología como herramienta para la mejora de procesos y productos en la industria cervecera (en línea) consultado 8 ago. 2009
Disponible en:

<http://www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferecia/Transferencia51/eli1-51.html>

Rolle, R. 1998. La fermentacion en pequeña escala, (en línea) consultado 4 oct. 2009.

Disponible en:

<http://www.fao.org/AG/esp/revista/9812sp3.htm>

Valderrama W. 2002. Diseño y fabricación de prototipo de línea de proceso para la elaboración de cerveza con fines educativos. Proyecto especial de graduación. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 70 p

8. ANEXOS

Anexo 1. Manual de operación de la línea de proceso para la elaboración de cerveza tipo Bock.



Elaborado Por:
Fremio Hernández Santana
Para: Zamorano

Introducción

Con la finalidad de incluir la fabricación de cerveza dentro del aprender haciendo del Zamorano, se ha realizado el siguiente manual de operación de la línea de proceso para estandarizar el proceso, y para un buen cuidado del equipo.

El presente manual es parte del proyecto especial “Efecto de la temperatura y tiempo de maceración en la elaboración de un prototipo de cerveza tipo Bock” el objetivo del manual es guiar de manera clara y sencilla a cualquier persona que desee elaborar la cerveza en el equipo existente en la Planta agroindustrial de investigación y desarrollo (PAID).

En el año 2002 el ingeniero Wladir Valderrama elaboró un prototipo de cerveza Lager Zamorano. A partir de ese prototipo se elaborará cerveza tipo Bock.

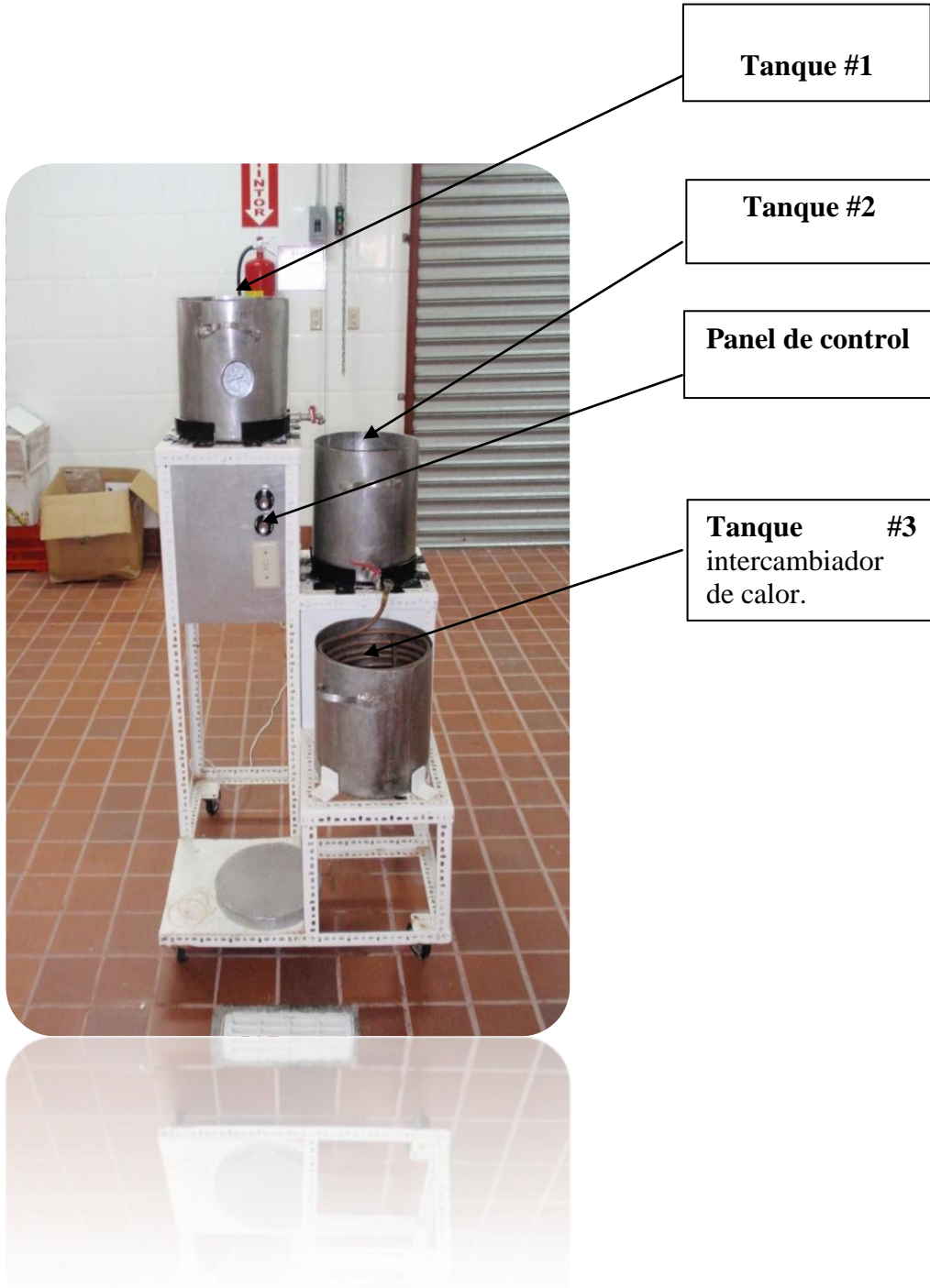
Índice

| | |
|---------------------------------------------|----|
| 1. Esquema gráfico..... | 30 |
| 2. Flujo de proceso cerveza tipo Bock..... | 31 |
| 3. Elaboración de la cerveza Bock..... | 32 |
| 4. Sanitización de equipos..... | 32 |
| 5. Verificación de la línea de proceso..... | 32 |
| 6. Preparación de materiales | 35 |
| 7. Inicio de la elaboración..... | 35 |
| 8. Pesado de ingredientes..... | 35 |
| 9. Maceración..... | 35 |
| 10. Separación del caldo..... | 36 |
| 11. Cocción del caldo..... | 36 |
| 12. Enfriado del caldo..... | 36 |
| 13. Fermentación del caldo..... | 37 |
| 14. Cuidado de la línea de proceso..... | 37 |

Cuadro

| | |
|--------------------------------|----|
| 1. Materiales a necesitar..... | 36 |
|--------------------------------|----|

1. Esquema gráfico



2. Flujo de proceso recomendado de la cerveza tipo Bock.

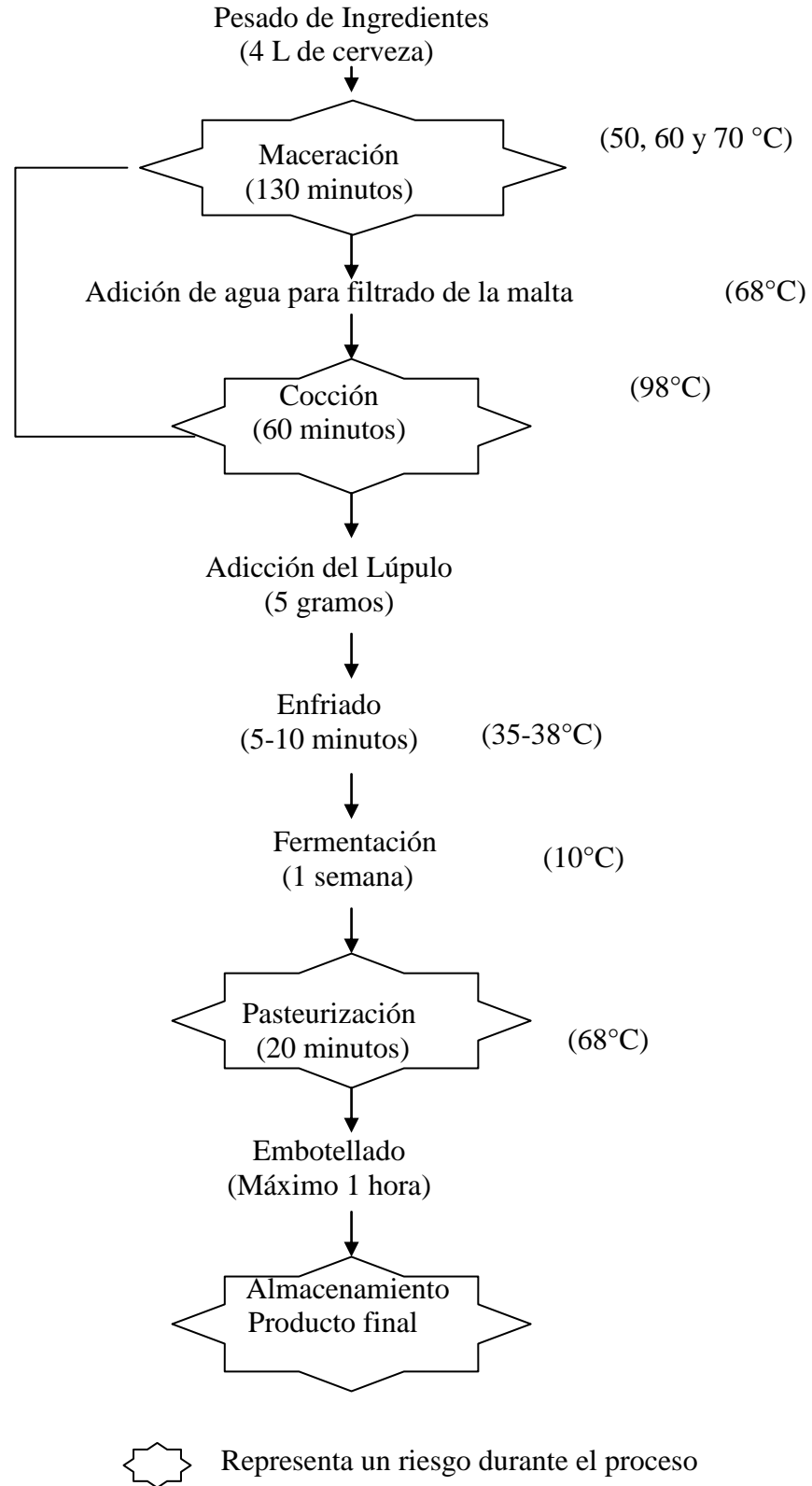


Figura 1. Flujo de proceso cerveza tipo Bock.

3. ELABORACIÓN DE LA CERVEZA BOCK

4. Sanitización de equipos:

Se recomienda preparar una solución de 100 ppm de cloro para sanitizar previamente el equipo y los envases e instrumentos a utilizar. Posteriormente se debe utilizar equipos adecuados como mascarillas, guantes estériles, gabachas limpias, para evitar una contaminación del caldo de fermentación.

5. Verificación de la línea de proceso

Para un buen funcionamiento es recomendable asegurarse que la línea de proceso esté correctamente ensamblada antes de empezar con la elaboración. Además es importante tener a mano los siguientes complementos.



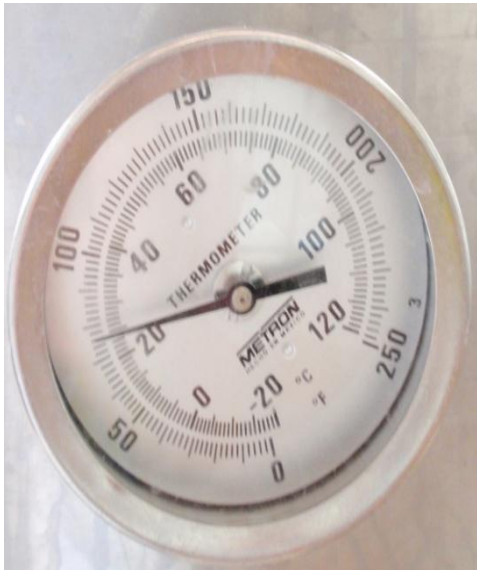
Airlocks

Se usan en productos fermentados para permitir la salida de CO₂ producido por la levadura sin permitir la entrada de bacterias patógenas al producto. **Nota:** Antes de colocarlo en la botella de fermentación introducirlo en una solución de 100ppm de cloro por media hora.



Botellas para fermentación.

Son envases de vidrio dónde se deposita el producto. Es obligación tenerlo previamente esterilizado antes de empezar con el proceso.



Termómetro

La combinación temperatura y tiempo es el factor clave en la fabricación de cerveza. el termómetro es el instrumento que nos facilita el éxito del proceso.

Nota: una vez verificada la instalación del termómetro es posible sanitizar con agua clorada tanto el interior del tanque como el exterior. Luego proceder a llenar el tanque con los 4 kg de agua.

**Espiral de cobre.**

Verificar que esté correctamente colocado dentro del tanque tres procurando que sea posible enroscar la pieza a la llave del tanque dos y que sea posible evacuar el producto para su posterior enfriamiento. **Nota:** en este equipo no deberá usarse cloro en este momento ya que podría interferir con el desempeño de las levaduras la limpieza profunda y minuciosa se deberá hacer inmediatamente se termine de usar.



Una vez se ha verificado la línea de proceso debe de conectarse a la línea eléctrica.

6. Preparación de materiales.

Se deberá tener a la mano todos los insumos mencionados a continuación.

Cuadro 1. Materiales a necesitar.

| Material | Descripción | Cantidad |
|-------------------|---------------------------------|-----------|
| Malta | En extracto | 4Kg |
| Agua | Potable | 14Kg |
| Lúpulo | Northern brewer pelletizado | 0.035Kg |
| Refractómetro | 0-32 °Brix | 1 unidad |
| Agua destilada | Para lavar utensilios | 0.5L |
| Papel no abrasivo | Para limpiar el refractómetro | 5 toallas |
| Balanza | Capacidad hasta 30 kg | 1 unidad |
| Balanza | Capacidad de pesar miligramos | 1 unidad |
| Termómetro | De contacto | 1 unidad |
| Paño limpio | Para filtración | 1 unidad |
| Solución de cloro | 100ppm | 5L |
| Embudo | Plástico | 1 unidad |
| Hielo | Para el intercambiador de calor | 2 bolsas |

7. Inicio del proceso de elaboración de la cerveza tipo Bock.

8. pesado de ingredientes.

Pesar la malta y el lúpulo y mantenerlos en un lugar donde no interfieran con el desarrollo del proceso, posteriormente pesar los 14 kg de agua y una vez pesados agregarlos al tanque 1 donde se realizará el proceso de maceración.

9. Maceración.

La maceración es el proceso mediante el cual la malta y los adjuntos son mezclados con agua en un proceso controlado de calentamiento, para digerir y extraer proteínas, carbohidratos, enzimas y sustancias fenólicas, para obtener azúcares fermentables y compuestos nitrogenados para la nutrición de la levadura. Controlando el proceso de maceración es posible alcanzar un balance entre los materiales deseados y no deseados, los errores durante este proceso no son fácilmente corregibles y pueden hacer que el resto del proceso sea muy difícil, ese proceso se realizará en el tanque 1.

Las temperaturas a las que se debe llegar son de 50°C por 30 minutos, 60°C por 30 minutos y 70°C por 15 minutos. El incremento de temperatura de maceración no deberá ser mayor a 1°C por minuto de lo contrario se producirá un daño térmico a las enzimas, por lo cual el tiempo en que deberíamos hacerlo es en 95 minutos.

Nota: Una buena práctica de manufactura consiste en realizar un calentamiento hasta ebullición de agua, 10L aproximadamente en el tanque 2, y hacer que fluya a esta temperatura por el intercambiador de calor, con lo cual se conseguirán 2 cosas, dar un tratamiento térmico severo al interior del espiral de cobre y mantenerlo lleno de agua desplazando cualquier burbuja de aire que pueda interferir con el caldo, luego el caldo aromatizado y estandarizado a 20°Brix desplazará este fluido, el cual será excluido de la fermentación.

10. separación del caldo (paso de tanque 1 a tanque 2):

Luego de que el caldo ha sido acondicionado para la fermentación el proceso que sigue es separar las partículas insolubles del grano del líquido extraído si alterar químicamente el caldo, es importante realizar un enjuague utilizando una cantidad de agua equivalente al 20% del volumen contenido en el tanque 2 a 75°C para extraer los azúcares que quedaron en el grano. **NOTA:** si se está trabajando con malta en extracto solamente se realiza el filtrado con un paño debidamente limpio y desinfectado para prevenir el paso de algunas partículas pequeñas que podrían afectar el paso del caldo a través de la llave del tanque 1.

11. Cocción del caldo:

Una vez está el líquido en el tanque dos se procede a la cocción del mismo, en este paso se realiza la adición del lúpulo, al llegar a temperaturas de ebullición, se deberá agregar los 0.035 kg de lúpulo northern brewer pelletizado. Se deberá agregar 0.020kg al empezar la ebullición y luego 15 minutos antes de terminar la cocción los 0.015kg restantes, lo anterior para lograr la aromatización de la cerveza.

Durante la ebullición ocurren varios procesos importantes:

- Evaporación de agua
- Esterilización del caldo
- Extracción y transformación de los componentes del lúpulo
- Formación y precipitación de complejos, proteína-polifenoles
- Desnaturalización de todas las enzimas
- Incremento en la coloración del caldo
- Acidificación del caldo
- Formación de sustancias reductoras

12. Enfriado del caldo:

Se deberá llenar el tanque tres (que contiene el espiral de cobre) con hielo, posteriormente se llenarán los espacios vacíos con agua. Se deberá cuidar que toda la tubería esté cubierta.

Cuando el líquido frío empiece a salir por el otro extremo del espiral de cobre se procede a realizar una filtración para eliminar las partículas de lúpulo suspendidas luego se almacena en las botellas de fermentación, en esta etapa del proceso es necesario utilizar mascarillas y guantes, se deberá tener un recipiente preparado para rechazar el agua

desplazada por el caldo aromatizado. El proceso culmina cuando se ha puesto el sello de agua (Airlocks) a las botellas, creando esto el ambiente adecuado para el desarrollo de las levaduras.

13. Fermentación del caldo:

La transformación de mosto aromatizado a cerveza es efectuada mediante la fermentación, si este proceso se lleva a cabo entre 7 y 10°C durará 12 días aproximadamente, y si se lleva a cabo a 5°C durará 30 días, así mismo temperaturas bajas de fermentación facilitan la formación de alcoholes de cadena corta. En nuestro caso la operación se llevará a cabo en botellas de vidrio con capacidad de 3 galones en una cámara fría a 7°C. Las propiedades sensoriales y el carácter de la cerveza dependen en gran parte del tipo de levadura y de la manera en que se conduce la fermentación. Esta es una de las operaciones más críticas en la fabricación de cerveza.

14. Cuidado de la línea de proceso.

- Tener presente que la fuente de energía de la línea de proceso es eléctrica por lo tanto al finalizar el proceso debe ser desconectada.
- Recordar que se trabaja con altas temperaturas por lo que se recomienda el uso de guantes para evitar quemaduras.
- Al terminar el proceso se deben desmontar los 3 tanques de acero inoxidable con todas sus partes, deberán ser lavadas con agua corriente y detergente, retirando toda partícula adherida a la superficie de los mismos.
- Limpiar con un paño húmedo todas las superficies de la estructura, retirando partículas extrañas.

Seguir los siguientes pasos con respecto al intercambiador de calor.

- Retirar el hielo
- Retirar la tubería de cobre
- Desmontar y lavar las partes individualmente.
- Correr agua durante 10 minutos en ambas direcciones de la tubería de cobre.
- Preparar una solución con detergente al 2% e introducir a la tubería, reposar 10 minutos y repetir el paso anterior.

Nota: Es importante realizar estos pasos inmediatamente después de terminado el proceso, ya que posteriormente será más difícil.

Anexo 2. Formato de evaluación sensorial.**Fremio Hernández 09266**

Desarrollo de un prototipo de cerveza tipo Bock

Instrucciones:

- Por favor coloque su nombre y fecha.
- Se le presentarán tres tipos de cerveza codificadas y un vaso con agua.
- Limpie su paladar con agua antes y después de cada muestra.
- Haga su evaluación de izquierda a derecha.
- Marque con una "X" el valor adecuado según su evaluación de las muestras de acuerdo con los atributos de: apariencia, aroma, sabor, color, frescura, sabor residual, y aceptación general.
- En la Escala: 1 significa extremadamente desagradable, 3 significa no me gusta, ni me disgusta, 5 significa extremadamente agradable.
- Al finalizar la evaluación deje la hoja en su cubículo.

***Asegúrese de haber leído todas las instrucciones antes de ejecutar la evaluación. Si tiene alguna inquietud, aproveche ahora para indicarle al instructor.**

Hoja de Evaluación

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Muestra: _____

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|---|---|---|---|---|
| Apariencia | | | | | |
| Aroma | | | | | |
| Sabor | | | | | |
| Color | | | | | |
| Frescura | | | | | |
| Sabor residual | | | | | |
| Aceptación general | | | | | |

Muestra: _____

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|---|---|---|---|---|
| Apariencia | | | | | |
| Aroma | | | | | |
| Sabor | | | | | |
| Color | | | | | |
| Frescura | | | | | |
| Sabor residual | | | | | |
| Aceptación general | | | | | |

Muestra: _____

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------------------|---|---|---|---|---|
| Apariencia | | | | | |
| Aroma | | | | | |
| Sabor | | | | | |
| Color | | | | | |
| Frescura | | | | | |
| Sabor residual | | | | | |
| Aceptación general | | | | | |

Anexo 3. Tabla de conversión de Absorbancia A EBC*, SRM y Grados Lovinbond

| Conversión de absorvancia a color de la cerveza | | | |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-------------|
| | European Brewing Convention | Standard Reference Method | Lovinbond |
| Absorbancia | EBC = Abs. x 25 | SRM = EBC/1.97 ó Abs. x 12.7 | Igual a SRM |
| País | Unión Europea | Estados Unidos | Mundial |

Fuente: Daniels, 1996.

Anexo 4. Color SRM y EBC de la cerveza elaborada

| Tratamiento | Descripción | Absorbancia±E.E | SRM | EBC |
|-------------|---------------------|-----------------|-------|-------|
| 4 | Fermentación a 7°C | 1.73±0.14 | 21.97 | 43.25 |
| 1 | Fermentación a 10°C | 1.73±0.14 | 21.97 | 43.25 |
| 3 | Fermentación a 7°C | 1.70±0.14 | 21.59 | 42.50 |
| 2 | Fermentación a 7°C | 1.66±0.14 | 21.08 | 41.50 |
| 6 | Fermentación a 10°C | 1.63±0.14 | 20.70 | 40.75 |
| 5 | Fermentación a 10°C | 1.60±0.14 | 20.32 | 40.00 |

E.E = Error Estandar

SRM= Standard Reference Method

EBC= Europea Brewing Convention