

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Actualmente, el destino más común del bagazo dado por las cervecerías artesanales para este subproducto es su disposición para alimentación animal, a pesar de ser una buena fuente de fibra, particularmente insoluble. El bagazo de cervecería es un material de alto valor (Arcia et al., 2018).

La gestión ambiental de los residuos tiene costo para todas las empresas. Además, en muchos casos se está perdiendo el costo para una oportunidad de su transformación en un ingrediente funcional con valor económico y nutricional para la industria alimentaria. La valorización de estos residuos representa una estrategia competitiva que abre la puerta a nuevas posibilidades de negocios de cara a la creciente demanda de alimentos funcionales (Arcia et al., 2018).

Todo esto en su conjunto permite considerar que los residuos generados en el proceso de maceración de la malta son un subproducto con potencial en su valor nutricional y tecnológico. El bagazo de cervecería, ha sido utilizado en la elaboración de productos como panes, galletas, muffins, tortas, snacks, entre otros, como ingrediente de productos funcionales (Arcia et al., 2018).

En la provincia de Cercado Tarija se encuentra la cervecería artesanal “CEPA DORADA” que inicio su producción el año 2019 hasta ahora la producción de cerveza aumento como la contaminación ambiental en cuanto a los desechos que realiza por el bagazo cervecero. Por cada producción de 50 litros de cerveza existe un desecho de bagazo de 30 kilos aproximadamente, La producción de la misma, se realiza una vez por semana (CEPA DORADA, 2022).

El presente trabajo dirigido tiene como propuesta solucionar los problemas que tiene la cervecería artesanal “CEPA DORADA” y poder obtener una bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto como un sub producto para incorporarlo en su línea de producción y disminuir la contaminación ambiental y tener un mejor aprovechamiento de los azucares presentes en el bagazo cervecero en la provincia

Cercado de Tarija y motivar a las industrias cerveceras a realizar el mismo trabajo para disminuir la contaminación ambiental de biogás de metano (CEPA DORADA, 2022).

1.2 Justificación

- La cervecería artesanal “CEPA DORADA”, no cuenta con una idea de proyecto para reutilizar el bagazo cervecero y por lo tanto es desechado en contenedores de basura, el cual hace que contamine al medio ambiente con malos olores y presencia de insectos como también produce biogás como ser metano.
- El presente trabajo dirigido surge de la necesidad de aprovechar el bagazo cervecero y darle valorización a este residuo, que representa una estrategia competitiva que abre las puertas a nuevas posibilidades de negocio para el uso de este desecho generado por la cervecería artesanal “CEPA DORADA” para la elaboración de una bebida analcohólica.
- Así mismo en el medio local no existe una bebida analcohólica de bagazo cervecero que incorpore harina de amaranto, con el fin de mejorar el valor nutricional de la bebida en cuanto se refiere a proteínas y aminoácidos, para que sirva como una bebida nutritiva para los deportistas.
- Finalmente, al obtener la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto se podrá mejorar el ingreso económico de la microempresa “CEPA DORADA” ya que se podrá reutilizar este bagazo para incorporar otra línea de producción de bebidas analcohólicas.

1.3. Objetivos

Los objetivos a desarrollar en el presente trabajo son:

1.3.1. Objetivo general

Elaborar bebida analcohólica carbonatada a partir del bagazo cervecero y harina de amaranto, mediante el proceso enzimático para la cervecería artesanal “CEPA DORADA” de la provincia Cercado de Tarija.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos, microbiológico y de minerales del bagazo cervecero con el fin de conocer su composición química.
- Analizar las características fisicoquímicas y microbiológicas de la malta caramelo, malta chocolate y harina de amaranto como insumo alimentario.
- Realizar evaluación sensorial a las pruebas preliminares de la bebida, para determinar la muestra con mayor aceptación por los jueces no entrenados.
- Aplicar el diseño experimental con el fin de establecer las variables que influyen en la etapa de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.
- Realizar una evaluación sensorial para seleccionar la muestra del diseño experimental mediante jueces no entrenados.
- Realizar un control de los parámetros °Brix, pH y acidez en la etapa de maceración de las muestras del diseño experimental para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.
- Realizar una evaluación sensorial del producto terminado carbonatado y sin carbonatar para determinar la aceptabilidad de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto con jueces no entrenados.

- Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicos del producto terminado carbonatado y sin carbonatar con la finalidad de conocer su composición nutricional.
- Realizar un control de acidez, pH para el almacenamiento del producto terminado carbonatado y sin carbonatar
- Desarrollar el balance de materia y energía a nivel experimental para establecer las cantidades de bagazo cervecero e insumos que ingresan y la cantidad de producto que se obtiene en la salida.

1.4. Objeto de estudio

Elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto, mediante la aplicación del proceso enzimático.

1.5. Situación problema

La cervecería artesanal “CEPA DORADA” actualmente no reutiliza el bagazo cervecero debido a que no se realizó anteriormente un estudio de su composición, se pretende seguir elaborando bebidas, ya que contiene azúcares con los que se puede sacar más beneficios de este subproducto, también mejorar el ingreso económico de la microempresa elaborando esta bebida analcohólica de bagazo cervecero

1.6. Campo de acción

El trabajo dirigido se realizó, en los siguientes campos de acción:

- **Espacial**

En cuanto al bagazo como materia prima, se obtuvo de la cervecería artesanal “CEPA DORADA”, que se encuentra en la Provincia de Cercado Tarija.

- **Temporal**

El presente trabajo dirigido, se realizó en las gestiones de 2020-2022.

➤ **Institución**

La elaboración en la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto, se desarrolló en la cervecería artesanal “CEPA DORADA” y en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.), de la “Universidad Autónoma Juan Misael Saracho”.

1.7. Formulación del problema

¿Se podrá obtener la bebida analcohólica carbonatada a partir del bagazo cervecero y harina de amaranto, mediante el proceso enzimático para la cervecería artesanal “CEPA DORADA” de la provincia Cercado de Tarija?

1.8. Hipótesis

Con la aplicación del proceso enzimático se podrá obtener la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto que nos permitirá tener un producto con calidad nutricional para cervecería artesanal “CEPA DORADA” de la provincia Cercado de Tarija.

CAPÍTULO II

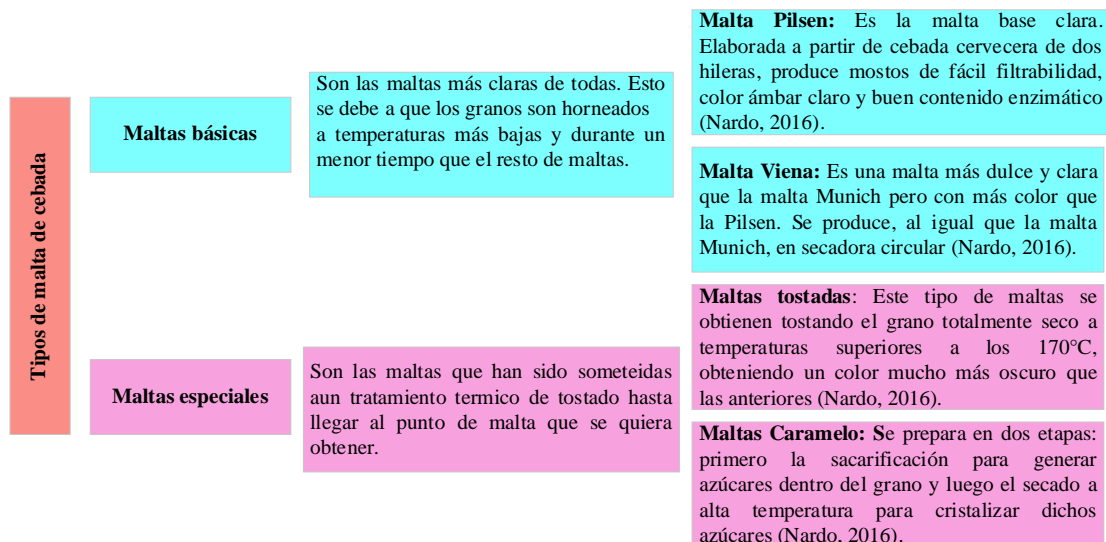
MARCO TEÓRICO

2.1 Origen de la malta de cebada como bebida analcohólica

La malta es una bebida sin alcohol elaborada en base a cebada tostada, Estas bebidas destinadas a deportistas son elaboradas para calmar la sed y reemplazar el agua y los electrolitos perdidos durante el ejercicio físico, para mantener el equilibrio metabólico y a suministrar fuentes de energía de fácil absorción y metabolismo rápido. Deben contener carbohidratos de azúcares glucosa, fructosa, maltodextrinas y sacarosa; sodio y calcio (López, 2017)

2.2 Tipos de malta de cebada

En la figura 2.1, se muestran los tipos de malta que existen.



Fuente: Nardo, 2016

Figura 2.1: Tipos de malta de cebada

2.3 Usos de la malta de cebada

La malta tiene hoy en día muchos usos, se utiliza para la elaboración de bebidas y alimentos, debido a sus propiedades (la actividad enzimática, el contenido de almidón, harina o una mezcla de ellas). La gran mayoría de la malta producida es consumida por la industria cervecera, en la que lo más importante es la actividad de la amilasa para convertir el almidón en dextrinas y azúcares fermentables, proteínas para el cuerpo y espuma de la cerveza, aminoácidos para nutrir la levadura, saborizantes para

establecer las características de sabor del producto fermentado. En la industria de la destilería, el segundo uso más importante de la malta, el contenido enzimático de la malta es muy importante si el producto final es el whisky o el alcohol, con un contenido de aminoácidos importante para la nutrición de la levadura. En la manufactura del whisky se tiene en cuenta un factor adicional, como es el sabor de la malta, el cual es de suma importancia para la calidad del producto final (Nardo, 2016).

2.4 Definición de la malta como bebida analcohólica

Se entiende por bebida analcohólica la malta líquida, resultante del mosto de cebada malteada o de extracto de malta y agua potable, sometido previamente a un proceso de cocción, adicionada o no con lúpulo, coloreada o no con malta caramelo, carbonatada o no. Dentro de las bebidas de malta que se encuentran en el mercado, tenemos las cervezas de malta (con alcohol) y bebidas gasificadas sin alcohol (Maticorena, 2016).

2.5 Aplicación de la bebida analcohólica

Es una de las bebidas nutricionales, hecha a base de los desperdicios de la cerveza (bagazo), la malta es una bebida vitaminada, energética que aporta varios nutrientes al organismo de quien la consuma, este tipo de bebidas de malta analcohólicas consisten en una infusión de cebada o a su vez del bagazo de la cerveza a ciertas temperaturas y condiciones de humedad, resultando en una bebida recomendada para todo tipo de edad incluso para gestantes, por sus altos índices energéticos y nutricionales (Campi, 2016).

2.6 Características físicas de la bebida analcohólica

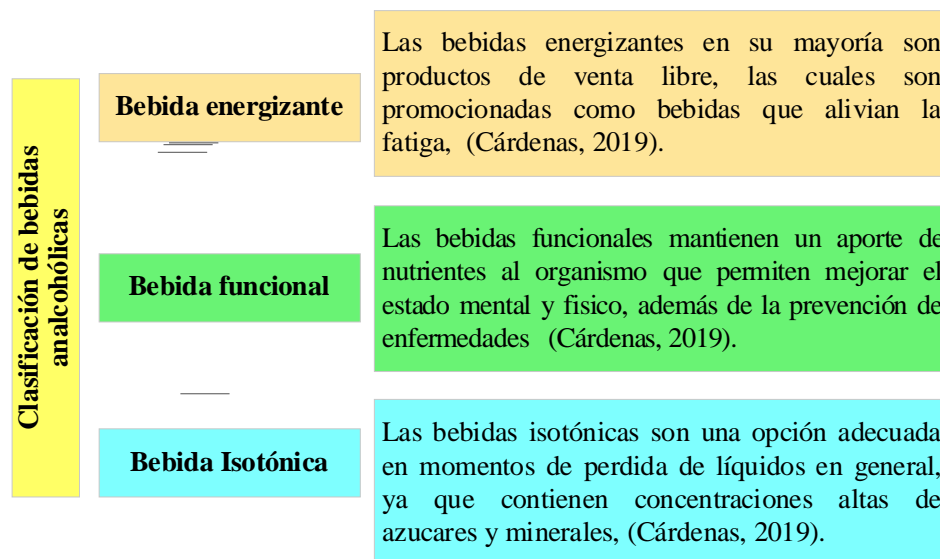
Según (Paguay, 2021), las principales características físicas que identifican a una bebida analcohólica son:

- 🚦 El Color: Lo determinan las materias primas, especialmente la malta que debe ser tostada, puesto que el color del mosto determina el color del producto, junto con la adición de la malta caramelo.

- ✚ La Espuma: Debe tener una espuma estable, la formación de la espuma depende del contenido de gas carbónico y de las proteínas que al final contiene en suspensión la maltina.
- ✚ Brillo: la maltina debe ser brillante.
- ✚ La turbidez en una malta puede deberse a deficiencias en la filtración, contaminación microbiológica por bacterias o levaduras salvajes, presencia de proteínas pesadas que no fueron retiradas durante el proceso, desgasificación o contaminación con oxígeno por fisuras en el tapado, reacciones fotoquímicas por sobre exposición a la luz solar. Especificaciones de calidad: en la maltina debe especificarse el complejo vitamínico, formado por vitaminas B-1 y B-6, proteínas, valor calórico, contenido en minerales.

2.7 Clasificación de bebidas analcohólicas

En la figura 2.2, se muestra la clasificación de las bebidas analcohólicas que existen.



Fuente: Cárdenas, 2019

Figura 2.2: Clasificación de bebidas analcohólicas

2.8 Propiedades nutricionales de la bebida analcohólica

Según (Cajal, 2022), estos nutrientes juegan un papel muy importante en la segregación de proteínas en el cuerpo, así como el apoyo a la función de la mayoría de los órganos y sistemas del cuerpo.

- ✚ El extracto de malta puede aumentar el contenido de vitamina B en nuestro organismo, incluyendo tiamina, riboflavina, niacina, ácido fólico y vitamina B-6. La cantidad puede variar dependiendo de la bebida de malta. La vitamina B es necesaria para metabolizar los hidratos de carbono, proteínas y grasas en los alimentos en energía.
- ✚ La función es estimular la síntesis de proteína muscular, disminuyendo la fatiga durante el ejercicio prolongado y también ayuda en la protección del sistema inmunológico.
- ✚ Una buena nutrición es importante para la salud ósea. Además del calcio, estas bebidas también pueden contener fósforo y magnesio, minerales importantes que ayudan a mantener los huesos sanos y fuertes.
- ✚ Los cereales son fuente importante de ciertos minerales, tales como hierro, potasio, fósforo, zinc y magnesio. En el caso de la malta, su germinación aumenta la disponibilidad de los minerales, haciéndolos más solubles. Dentro del contenido de minerales que podemos encontrar en la malta mencionaremos: hierro, magnesio, potasio, zinc, calcio, fósforo y sodio.
- ✚ Después del proceso llamado malteado, se generan una gran cantidad de enzimas llamadas proteasas. Las proteasas están implicadas en la digestión de largas cadenas de proteínas y transformarlas en fragmentos más cortos mediante la división de los enlaces peptídicos que unen los aminoácidos restantes.

2.9 Aplicaciones de la bebida analcohólica en el ser humano

Según (Paguay, 2021), se caracteriza por ser una bebida energizante la cual es utilizada por deportistas, debido a la proporción de energía rápida que contiene además de que tiene también proteínas, vitaminas y minerales:

- ✓ Aporta nutrientes esenciales para el desarrollo de los huesos y dientes.
- ✓ Aporta fósforo, por lo tanto, es buena para el desarrollo cerebral.
- ✓ Actúa como regulador hormonal tanto en hombres como en mujeres.
- ✓ Las vitaminas del complejo B ayudan a mejorar la piel, cabello y uñas.
- ✓ Contiene hierro y vitamina B.
- ✓ La malta contiene una sustancia denominada inostol que ayuda al metabolismo de la grasa.
- ✓ Es recomendado para la recuperación de enfermedades.
- ✓ Contribuye a la reconstrucción de hueso y se recomienda en la prevención de osteoporosis.

2.10 Origen del bagazo cervecero

El bagazo de malta de cebada es el mayor subproducto de las industrias de cervecería artesanal representando el 85% del total de subproductos generados es por eso que la industria cervecera genera comúnmente montones de subproductos y residuos de bagazo de malta de cebada, restos de lúpulo, y restos de levaduras (Jurado, 2018).

2.10.1 Composición fisicoquímica del bagazo cervecero

La composición fisicoquímica de bagazo de malta de cebada varía de acuerdo con la variedad de cebada, el tiempo de cosecha, las condiciones de malta y trituración, y la calidad y tipo de aditivos o insumos añadidos en el proceso de elaboración de la cerveza. El bagazo de malta de cebada consiste básicamente en la capa de cáscara pericarpio que cubrían el grano de cebada malteada original dependiendo de la uniformidad de la malta pueden permanecer también endospermos amiláceos y paredes de células de aleurona vacías. El contenido de almidón será insignificante, y algunos residuos de lúpulo introducidos durante la trituración estarán presentes dependiendo de la preparación utilizado. Por lo tanto, los componentes principales del bagazo de malta de cebada son ricos en polisacáridos celulósicos, no celulósicos y lignina, y pueden contener algo de proteína y lípido, se muestra en la tabla 2.1 (Jurado, 2018).

Tabla 2.1

Composición química del bagazo de cebada

Nutrientes	Cantidad	Unidad
Humedad	5,70	%
Proteína	18,00	%
Fibra	41,28	%
Almidón	10,10	%
Azúcar	16,11	%
Grasa	6,61	%
Ceniza	3,82	%
Energía	228,60	cal/100g

Fuente: Jurado, 2018

2.11 Usos del bagazo cervecero

Los subproductos de elaboración de cerveza de cebada ofrecen una oportunidad para los productos horneados, barras alimenticias, balanceados a base de cereales con aceptables características sensoriales y nutricionales. Se ha demostrado que su incorporación en panes, galletas, pastas, waffles, panqueques, cereales para el desayuno y tortillas, entre muchos otros. Sin embargo, el bagazo es demasiado granular para la adición directa en los alimentos y debe primero convertirse en harina debido a la alta cantidad de fibra que posee (Pantoja, 2020), se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2

Usos del bagazo cervecero

Áreas potenciales	Usos
Nutrición humana	Hojuelas, producción integral (pan, galletas) y extruidos
Nutrición animal	Gatos, aves de corral, cerdos, peces, roedores
Producción de energía	Combustión directa o fermentación para producir biogás
Producción biotecnológicos	Sustrato para cultivo de m/o para producción de enzimas
Constituyente en ladrillos	Se puede producir ladrillo de alta porosidad
Manufactura de papel	Toallas de papel o papelería reciclable
Aplicación agronómica	Frágiles

Fuente: Pantoja, 2020

2.12 Beneficios del bagazo cervecero

El bagazo de cebada de malta tiene un gran potencial para ser reciclado y utilizado como una fuente barata de fibra que puede proporcionar una serie de beneficios cuando se incorpora a las dietas humanas, como para la prevención de ciertas enfermedades incluyendo cáncer, trastornos gastrointestinales, diabéticos y enfermedad coronaria. Por esta razón, es potencialmente importante ingrediente alimentario, especialmente en los países en desarrollo, donde mala desnutrición existe (Pantoja, 2020).

El bagazo de cebada es considerado una biomasa lignocelulósica porque está conformado por cáscara del grano, pericarpio y fragmentos de endospermo. Su composición química en peso seco es predominantemente de carbohidratos de celulosa y hemicelulosa (17-25 %) y no celulósicos (25-35 %), proteína (10-30 %), lignina (8-28%); y en menores cantidades por lípidos (< 11 %) y cenizas (5 %). Cada una de estas macromoléculas presentan aplicaciones en casi todos los campos industriales. Este material se compone básicamente de malteado, compuestos residuales de cebada, e incluye (Pantoja, 2020):

- ✚ La cáscara de grano de cebada en la mejor proporción.
- ✚ Fracciones menores de pericarpio y fragmentos de endospermo.
- ✚ Otros compuestos residuales no convertidos a azúcares fermentables por el proceso de maceración.

2.13 Características de los insumos utilizados en la elaboración del producto

Los insumos que se utilizaron fueron los siguientes:

2.13.1 Malta caramelo

Elaborada bajo un proceso especial de secado y tostación las maltas caramelo son producidas con maltas de un contenido normal de proteínas el remojo y la germinación son muy intensivos. Dando como resultado una alta actividad enzimática en la malta durante la cocción a (65 – 75) °C se forman azúcares por la degradación de las proteínas en almidón y aminoácidos ambos productos reaccionan entre sí en la etapa de tostado

para formar el color y aroma característico estos azúcares son caramelizados en cadenas más largas que no son convertidas en azúcares simples por las enzimas durante el macerado actúan como antioxidante retardando el proceso de oxidación en el envase, por lo cual favorecen la estabilidad de la cerveza, las desnaturalizaciones de las proteínas favorecen la formación de espuma en la malta (Paguay, 2021).

2.13.2 Malta chocolate

Para un sabor mucho más pesado y fuerte, la malta de chocolate es la que más utilizan los cerveceros y otros productos, ya que su leve amargura le da un sabor que se asemeja bastante al cacao muchas cervecerías utilizan este tipo de malta (Nardo, 2016).

2.13.2.1 Usos de la malta caramelo y chocolate

Además, el uso como materia prima la malta también puede ser destinada para la elaboración de otras bebidas tales como whisky y vodka, los cuales se elaboran a partir de mezclas de maltas junto con otros cereales como el maíz, sorgo y trigo. La malta también puede ser destinada para la elaboración de vinagre (Ruiz, 2006)

2.13.3 Harina de amaranto

La harina de amaranto tiene un elevado contenido de proteínas, fibras y lisina, un aminoácido esencial. Este cereal también cuenta con un contenido alto de fitoesteroles, los que pueden ayudar a prevenir enfermedades, Es un complemento alimenticio de nueva generación que es el único en el mercado que contiene, como principal aporte de proteína indispensables para lograr una buena nutrición, de acuerdo con los requerimientos particulares de los adultos jóvenes y, con ello, contribuir al mantenimiento de su salud general (Bautista & Pico, 2009).

2.13.3.1 Clasificación taxonómica y morfología del amaranto

El amaranto, la quinua, la chía y el trigo sarraceno son considerados como pseudocereales, también llamados “no pastos”; son dicotiledóneas que poseen hojas anchas, generan semillas parecidas a las gramíneas y contienen un alto contenido de

almidón. Las plantas de los cereales tienen hojas finas, puntiagudas, forman inflorescencias que derivan en espigas y que generan granos llamados cereales (Morales, 2015).

Antiguamente las investigaciones acerca del amaranto se centraban en su taxonomía y su muestreo se realizaba desde los 1500 hasta los 3500 msnm. El actual interés por el cultivo y aprovechamiento del amaranto data de los años 80, cuando aparecen las primeras investigaciones llevadas a cabo por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, donde se determina que el amaranto es conveniente por su alto valor nutritivo y potencial agrícola. El amaranto es una planta nativa muy estudiada en Latinoamérica y en el mundo, a partir de esos estudios se ha obtenido la clasificación (taxonómica) (Morales, 2015) presentada se detalla en la tabla 2.3.

Tabla 2.3

Clasificación taxonómica del amaranto

Reino	Plantae (vegetal)
Sub-reino	Antofita (Fanerógamas)
División	Spermatofhyta (Espermatofita)
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledónea
Orden	Centrospermales
Familia	Amarantaceae
Género	Amaranthus
Especie	sp
Nombre científico	<i>Amarantus sp.</i>
Nombre vulgar	Ataco, Sangorache o quinua de castilla

Fuente: Morales, 2015

2.13.3.2 Valor nutricional de la harina de amaranto

Según (Martínez & Matar, 2017), el valor nutricional de la harina de amaranto se detalla a continuación:

- ✚ Carbohidratos: Se destaca la presencia de entre un 30 y un 40% de azúcares naturales (fructuosa, glucosa y sacarosa).
- ✚ Proteínas: Su aporte es significativo, sobre todo al mezclarse con otras harinas, como el trigo, el maíz u otros cereales. Si bien la harina sola no puede

reemplazar a la carne o los quesos, al mezclarla con un cereal se puede lograr un equivalente al valor de las proteínas animales.

- ✚ Fibras: proporciona 5 gramos de fibra por taza, siendo la recomendación diaria de consumo para las mujeres de 25 gramos y para los hombres de 38 grs. La fibra dietética contenida en la harina de amaranto favorece la salud digestiva, reduce los niveles de colesterol y el peso corporal.
- ✚ Minerales: El amaranto posee un alto contenido de magnesio ya que ofrece un 40 por ciento del valor diario recomendado y el 36 por ciento de fósforo, una combinación muy especial que junto con el calcio fortalecen la estructura ósea, alejando la posibilidad de desarrollar osteoporosis.
- ✚ Vitaminas: Se encuentran vitaminas A, B, C, B1, B2, B3
- ✚ Grasas: Si bien aparecen en pequeñas cantidades, son de excelente calidad. Su porcentaje es menor en proporción a la harina integral de trigo.
- ✚ Aminoácidos: contiene lisina, es un aminoácido esencial para la salud que según los especialistas en nutrición ayuda a prevenir enfermedades junto a su contenido en fitoesteroles.

2.13.4 Lúpulo cascade

El lúpulo es utilizado por su poder de amargor; el lúpulo se encuentra en la lupulina siendo estos unos ácidos amargos cristalizables que confieren el poder de amargor. Estos ácidos amargos se oxidan y polimerizan fácilmente perdiendo su poder de amargor, estos fenómenos son acelerados por el oxígeno, temperatura y humedad. Siendo importante que para su conservación deban ser colocados en lugares adecuados a 0°C (Carbajal & Insuasti, 2010).

2.13.5 Irish most

El conocido como musgo irlandés es un clarificante natural que resulta muy útil para coagular las proteínas y sedimentarlas. Se suele añadir unos 15 minutos antes de terminar el hervido, en una cantidad aproximada de 2-5 gramos por cada 20 litros de una bebida carbonatada. Es muy importante no añadir musgo en exceso, pues un mayor

uso del musgo puede desencadenar en problemas de retención de espuma. También es utilizado en la cocina por sus propiedades espesantes, estabilizantes y/o floculantes se emplea como clarificador actúa como aglutinador y como floculante haciendo que la partícula se deposite en el fondo del fermentador (Gisbert, 2016).

2.13.6 Azúcar de mesa

Es un producto cristalizado, constituido esencialmente por sacarosa, obtenido de la caña de azúcar, mediante procesos industriales apropiados. Son los azúcares granulados para consumo humano, obtenidos directamente por centrifugación de las masas cocidas de mejor calidad deben satisfacer ciertos requisitos mínimos de calidad química y bacteriológica, color y estabilidad, exigidos por los códigos alimentarios nacionales, El azúcar realiza un aporte en los alimentos de poder elevar los grados Brix dependiendo si es una bebida o algún concentrado u otro alimento que se quiera elaborar, su función es aumentar el sabor (Mamani, 2017).

2.13.7 Dióxido de carbono

El dióxido de carbono CO_2 ofrece a la bebida un sabor picante, ácido y espumoso. También actúa como conservante contra la levadura, el moho y las bacterias. Este debe ser de calidad alimentaria y libre de impurezas que pueden afectar el sabor o el olor del producto final. La unidad de medida del CO_2 disuelto es volúmenes del gas corregidos a la temperatura y presión normal. Conocido como volúmenes de CO_2 . La solubilidad del CO_2 en el agua varía en función de la temperatura del agua y la presión del gas. Así mismo, se ve disminuida con el aumento de la temperatura y aumenta con el aumento de la presión, establece que las bebidas gasificadas deben tener una cantidad de CO_2 o menor de 1,5 volúmenes ni mayor de 3 volúmenes de CO_2 (Maticorena, 2016).

2.14 Proceso enzimático en la etapa de maceración

La degradación de compuestos como almidón, proteínas y otros polímeros para su conversión en nutrientes sencillos y necesarios para la germinación, se lleva a cabo

mediante reacciones enzimáticas específicas que implican principalmente, la actividad de enzimas α -amilasa y β -amilasas, dextrinasas, proteasas y β -glucanasa (Rosas, 2019).

Las amilasas, específicamente α -amilasa y β -amilasas, son encargadas de la degradación de almidón a dextrinas (sustancias químicamente intermedias entre el almidón y monosacáridos) y azúcares sencillos, la actividad combinada de estas enzimas es conocida como poder diastático (PD). En los procesos de elaboración de cerveza se requieren altos niveles de PD para obtener una conversión adecuada del almidón (Rosas, 2019).

2.15 Reacción química de las enzimas α -amilasa y β -amilasas en la etapa de maceración

Según (Hops, 2022), hay dos enzimas, llamadas alfa y beta amilasa, que tienen el efecto de degradar por completo el almidón en azúcares simples para la elaboración de las bebidas.

- ✚ La beta-amilasa favorecerá la formación de azúcar fermentable por su levadura, es decir, azúcar de maltosa (2 unidades de glucosa) que está completamente destinada a convertirse en alcohol.
- ✚ La alfa-amilasa favorecerá la formación de azúcares estructurales llamados "dextrina", de varias unidades de glucosa. Estos azúcares son muy importantes para la suavidad de la cerveza y la retención de espuma.

En la tabla 2.4, se muestra el tiempo medio de macerado es de 45 minutos a 1 hora y media y los niveles de temperatura en la etapa de maceración (Hops, 2022. Pág 12).

Tabla 2.4

Niveles de temperatura de las enzimas α -amilasa y β -amilasa

Enzima	T° Optima	T° de inactivación	Unidad
α -amilasa	70-72	80	°C
β -amilasa	62-63	70	°C

Fuente: Hops, 2022

Se debe manejar bien para que no se estropeen sus enzimas y así el almidón se degrade por completo, ya que su presencia podría alterar el resultado de su bebida. Al final del macerado se debe aumentar unos minutos la temperatura al final del macerado hasta los 78 ° C para inactivar todas las enzimas. Es importante no exceder esta temperatura antes del final del macerado, porque podrías extraer compuestos polis fenólicos insolubles del puré de malta y agua (Hops, 2022).

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1 Desarrollo de la parte experimental

La parte experimental del presente trabajo de investigación “bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina amaranto”, se realizó en la cervecería artesanal “CEPA DORADA” y en los ambientes del Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (LACIA), dependientes de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

3.2 Tipo de metodología aplicada

El presente trabajo de investigación utiliza la metodología experimental a nivel de laboratorio, con el fin de desarrollar un producto analcohólico a base de bagazo cervecero y harina de amaranto, considerando los siguientes métodos.

- ✚ Análisis fisicoquímicos y microbiológicos para el bagazo de cebada cervecero.
- ✚ Análisis fisicoquímicos y microbiológicos para la malta caramelo.
- ✚ Análisis fisicoquímicos y microbiológicos para la malta chocolate.
- ✚ Análisis fisicoquímicos y microbiológicos para la harina de amaranto.
- ✚ Análisis fisicoquímicos y microbiológicos para la bebida analcohólica de bagazo cervecero con carbonatación.
- ✚ Análisis fisicoquímicos y microbiológicos para la bebida analcohólica de bagazo cervecero sin carbonatación.
- ✚ Diseño factorial 2^3 en la etapa de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.
- ✚ Método de análisis fisicoquímico del producto final.
- ✚ Método de análisis microbiológico del producto final.

3.3 Estructura epistemológica y metodológica de la investigación

En el presente trabajo de investigación se toma en cuenta la siguiente estructura.

3.3.1 Paradigma de la investigación

Un paradigma de investigación es una "concepción del objeto de estudio de una ciencia, de los problemas para estudiar sus métodos y de la forma de explicar, interpretar o comprender los resultados de la investigación realizada. En conjunto, el paradigma define lo que constituye la ciencia para el conocimiento de la realidad a la cual se refiere" (Hurtado & Toro, 2005).

Las ciencias no progresan siguiendo un proceso uniforme por la aplicación de un hipotético método científico. Se verifican, en cambio, dos fases diferentes de desarrollo científico. En un primer momento, hay un amplio consenso en la comunidad científica sobre cómo explotar los avances conseguidos en el pasado ante los problemas existentes, creándose así soluciones universales que Kuhn llamaba "paradigmas". Tales rupturas revolucionarias traen consigo un cambio de conceptos científicos, problemas, soluciones y métodos, es decir, nuevos "paradigmas". Aunque estos cambios paradigmáticos nunca son totales, hacen del desarrollo científico en esos puntos de confluencia algo discontinuo (Vásquez, 2020).

3.3.2 Paradigma positivo

Su apariencia se sitúa en el siglo XIX y principios del XX. Se basa en la teoría positivista del conocimiento. En el paradigma positivista, los propósitos científicos están por encima de los valores que los sujetos expresen y de su contexto, centrándose en el mundo de forma neutral para garantizar explicaciones universales generalizables (Ricoy, 2006).

Según Herrera (2018) el paradigma positivo también llamado (cuantitativo, empirico-analítico, racionalista) busca explicar, predecir controlar los fenómenos, verificar teorías y leyes para regular los fenómenos; identificar causas reales, temporalmente precedentes o simultáneas.

3.4 Enfoque de investigación

Este enfoque investigativo plantea la unidad de la ciencia, es decir. La utilización de una metodología única que es la misma de las ciencias exactas y naturales. Su propósito es buscar explicaciones a los fenómenos estableciendo regularidades en los mismos. El conocimiento debe fundarse en el análisis de los hechos reales, de los cuales debe realizar una descripción lo más neutra, lo más objetiva (Monje, 2011).

3.5 Métodos, técnicas e instrumentos

Según (Ñaupas et al., 2014. Pág 201) “las técnicas e instrumentos de investigación se refieren a los procedimientos y herramientas mediante los cuales vamos a recoger los datos e informaciones necesarias para probar o contrastar nuestras hipótesis de investigación.”

3.5.1 Análisis fisicoquímico y microbiológico del bagazo cervecero

La figura 3.1, muestra los métodos y técnicas utilizados para los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y micronutrientes del bagazo cervecero; valorados en el CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael

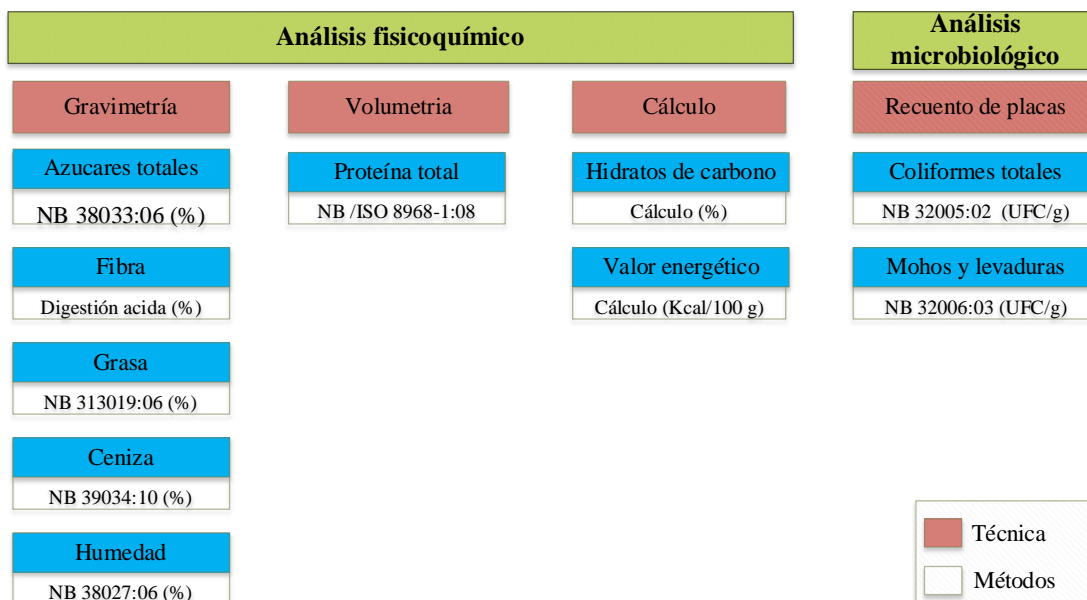


Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.1: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos del bagazo cervecero

3.5.2 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la malta caramelo

La figura 3.2, muestra los métodos y técnicas utilizados para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta caramelo; valorados en el CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

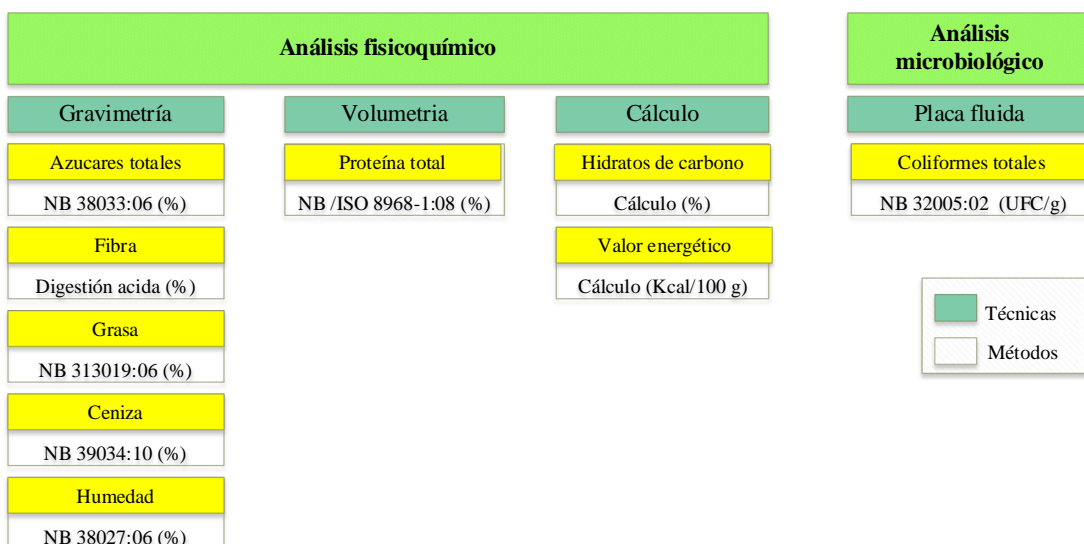


Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.2: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta caramelo

3.5.3 Análisis fisicoquímico y microbiológico de la malta chocolate

La figura 3.3, muestra los métodos y técnicas utilizados para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta chocolate; valorados en el CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

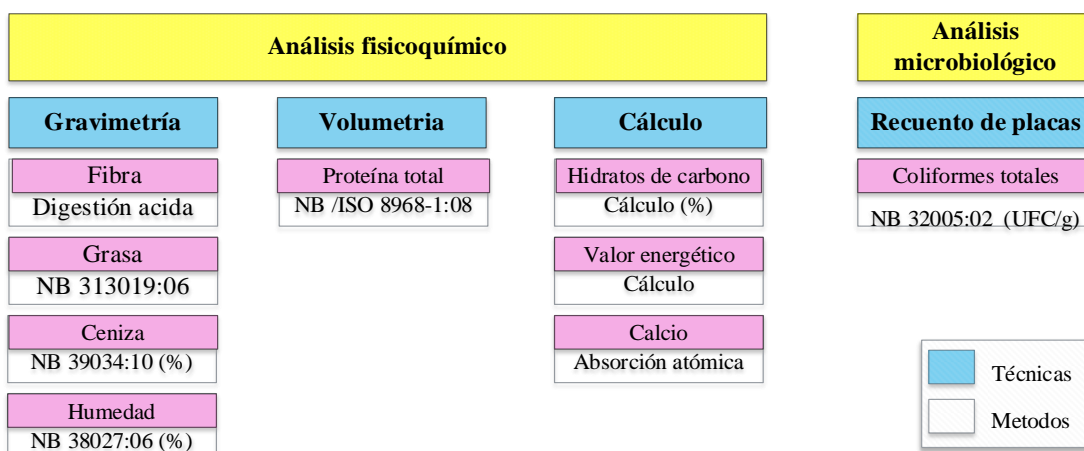


Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.3: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la malta chocolate

3.5.4 Análisis fisicoquímico y microbiológico en la harina de amaranto

La figura 3.4, muestra los métodos y técnicas utilizados para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la harina de amaranto; valorados en el CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho



Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.4: Análisis fisicoquímicos y microbiológico de la harina de amaranto

3.5.5 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida analcohólica carbonatada bagazo cervecero y harina de amaranto

La figura 3.5, muestra los métodos y técnicas utilizados para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida analcohólica carbonatada de bagazo cervecero y harina de amaranto; valorados en el CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis fisicoquímico			Análisis microbiológico
Gravimetría	Volumetría	Cálculo	Recuento de placas
Humedad NB 38027:14 (%)	Proteína total NB /ISO 8968-1:08	Hidratos de carbono NB 312031:2010	Coliformes totales NB 32005:02
Fibra NB 35004: 2014	Azúcares reductores NB 38033:06	Valor energético NB 312032:2006	Mohos y levaduras NB 32006:03
Grasa NB 228:98			Coliformes totales NB 32005:02
Ceniza NB 38025:06			Bacterias aerobias mesófilas NB 32003:05

	Técnicas
	Métodos

Fuente: CEANID.2021

Figura 3.5: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida analcohólica carbonatada bagazo cervecero y harina de amaranto

3.5.6 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida analcohólica sin carbonatar bagazo cervecero y harina de amaranto

La figura 3.6, muestran los métodos y técnicas utilizados para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida analcohólica sin carbonatar de bagazo cervecero y harina de amaranto; que fueron valorados en CEANID (Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo), dependiente de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.

Análisis fisicoquímico			Análisis microbiológico
Gravimetría	Volumetría	Cálculo	Recuento de placas
Humedad	Proteína total	Hidratos de carbono	Coliformes totales
NB 38027:14	NB /ISO 8968-1:08	NB 312031:2010	NB 32005:02
Fibra	Azúcares reductores	Valor energético	Coliformes totales
NB 35004: 2014	NB 38033:06	NB 312032:2006	NB 32006:03
Grasa			Coliformes totales
NB 228:98			NB 32005:02
Ceniza			Bacterias aerobias mesófilas
NB 38025:06			NB 32003:05

■	Técnicas
□	Métodos

Fuente: CEANID, 2021

Figura 3.6: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida sin carbonatada bagazo cervecero y harina de amaranto

3.6 Equipos, instrumentos, materiales de laboratorio y utensilios de cocina

Los equipos e instrumentos de laboratorio utilizados durante el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo de investigación, se detallan a continuación:

3.6.1 Equipos de proceso

Los equipos requeridos para el proceso de elaboración de la bebida alcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto se observan en: (figura 3.7), los equipos de la cervecería artesanal “CEPA DORADA”: (figura 3.8), cervecería artesanal “MACABRA” y (figura 3.9) del L.A.C.I.A de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, se describen sus respectivas especificaciones técnicas (Anexo F).

Cocina escalonada	Corcholatador	Licadora eléctrica	Olla de maceración
Material: Acero inoxidable Industria: Bolivia Número de hornallas: 3 Consumos: 1800 Kcal/h	Industria: Italia Material: Plástico de alta resistencia Tamaño: 40cm	Industria: Argentina Marca: Philips Potencia: 400 W Frecuencia: 50-60 Hz	Industria: Bolivia Material: Acero inoxidable Capacidad: 15 Lt Tamaño: 70 cm

Fuente: “CEPA DORADA”, 2022

Figura 3.7: Equipos de “CEPA DORADA”

Barril de acero	Llenadora a contra presión
Industria: Argentina Material: Acero inoxidable Capacidad: 25 Lt Tamaño: 130 cm	Industria: Argentina Material: Acero inoxidable Tamaño: 60 cm Capacidad: 20 Lt

Fuente: “MACABRA”, 2022

Figura 3.8: Equipos de “MACABRA”

Cocina industrial	Freezer
Industria: Bolivia Material: Acero inoxidable Consumo: 1500 Kcal/h Numero de hornallas: 2 Dimensión: 127 x 304 mm	Industria: Brasil Marca: Consul Modelo: CHB53CBDEA Potencia: 226 watts Frecuencia: 50 Hz

Fuente: L.A.C.I.A, 2022

Figura 3.9: Equipos Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.)

3.6.2 Instrumentos de laboratorio

La figura 3.10, muestra las especificaciones técnicas de los instrumentos de laboratorio utilizados para el desarrollo del presente trabajo de investigación (Anexo F), estos se encuentran en el Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.).

Refractómetro	Brixometro digital	
Industria: Japón Marca: ATAGO Modelo: 503001030 Precisión: 0,2 ° Brix Rango: 0-32ª Brix	Marca: KRUSS Rango: 0 - 95°Brix Temperatura: 0 – 40 °C Industria: Reino unido	
Bureta digital	pH – metro	Balanza digital
Marca: JENCONS Modelo: DIGITRATE-PRO 50 Capacidad: 0,01 – 50 ml Dimensiones: 99 x 34 mm Industria: Reino Unido	Marca: Horiba Industria: Japón Pantalla: LCD Rango: -2.00 a 19.99 pH Precisión: 0.003 pH	Industria: Suiza Marca: METTLER TOLEDO Modelo: PB1502 Frecuencia: 50/60 Hz Capacidad: 1510 g/0.5 g

Fuente: L.A.C.I.A, 2022

Figura 3.10: Instrumentos de Laboratorio Académico de la Carrera de Ingeniería de Alimentos (L.A.C.I.A.)

3.6.3 Material de laboratorio

La tabla 3.1, muestra el material de laboratorio utilizado para la elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.

Tabla 3.1

Material de laboratorio

Materiales	Cantidad	Tamaño	Tipo
Termómetro de alcohol	1	Normal	Vidrio
Matraz erlenmeyer	2	250 ml	Vidrio
Matraz aforado	2	250 ml	Vidrio
Vaso de precipitación	2	100 ml	Vidrio
Pipeta	1	250 ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.6.4 Utensilio de cocina

La tabla 3.2, muestran los materiales de cocina utilizados para la elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.

Tabla 3.2

Materiales de cocina

Materiales	Cantidad	Tamaño	Tipo
Fuente	3	Mediano	Acero inoxidable
Jarra	1	Litro	Plástico
Coladores	2	Mediana	Plástico
Cucharon	1	Mediano	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

3.7 Reactivos químicos de laboratorio

La tabla 3.3, se muestran los reactivos utilizados en el control de la acidez para la etapa de maceración y almacenamiento del producto terminado para la bebida analcohólica.

Tabla 3.3

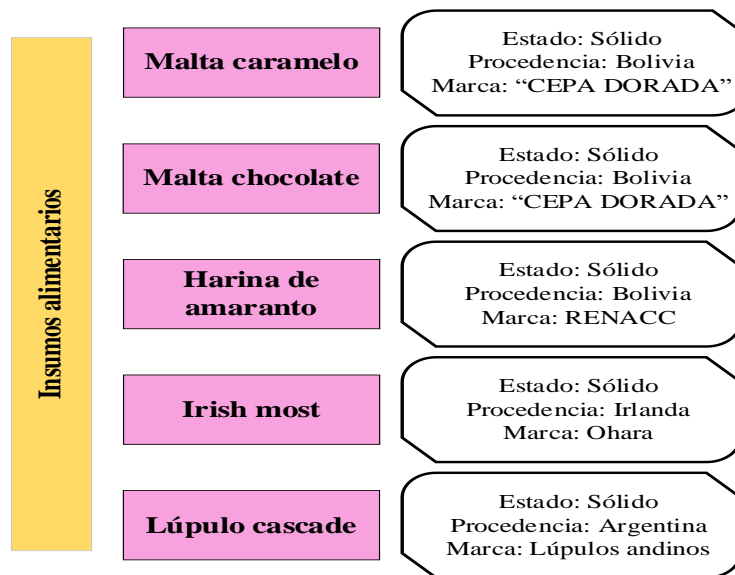
Reactivos químicos de laboratorio

Reactivo	Concentración	Unidad	Cantidad
Solución de hidróxido de sodio	1,0	N	500 ml
Fenolftaleína	0,1	%	50 ml

Fuente: Elaboración propia

3.8 Insumos alimentarios

En la figura 3.11, se muestran los insumos alimentarios utilizados en la elaboración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.

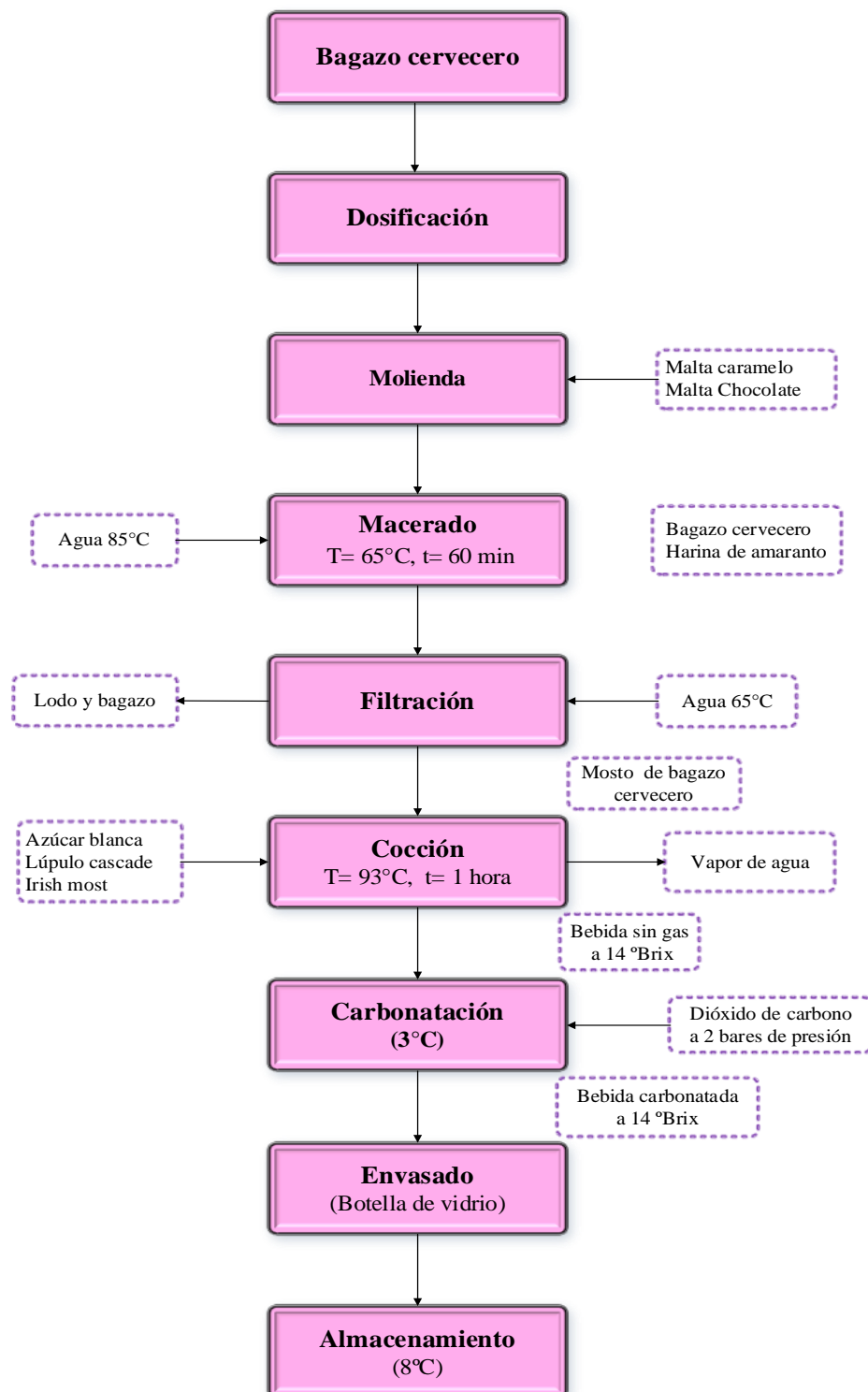


Fuente: Elaboración propia

Figura 3.11: Insumos alimentarios

3.9 Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La figura 3.12, muestra el diagrama de flujo para el proceso de elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.12: Diagrama de flujo para el proceso de elaboración en la bebida alcohólica bagazo cervecero y harina de amaranto

3.10 Desarrollo del proceso para la elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La descripción de cada uno de los pasos a seguir en orden secuencial de la elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto se indica a continuación:

3.10.1 Dosificación

La figura 3.13, muestra el proceso de dosificación; pesando en una balanza el bagazo cervecero, recién obtenido, malta chocolate, malta caramelo y harina de amaranto; como también el lúpulo y el irish most para su posterior proceso.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.13: Dosificación

3.10.2 Molienda

La figura 3.14, muestra el proceso de molienda, donde se añade por separado 12,50 % de malta chocolate y 15,00 % de malta caramelo, el propósito es romper el grano utilizando la licuadora para facilitar la liberación del olor y color de la malta, por un tiempo de 30 segundos.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.14: Molienda

3.10.3 Macerado

La figura 3.15, muestra el proceso de macerado, donde se añade agua caliente a la olla de maceración y se agrega la mezcla de bagazo cervecero, malta caramelo, malta chocolate y harina de amaranto hasta que llegue a una temperatura no menor a 65°C y mantener la misma por un tiempo de 60 min con el propósito de activar las α -amilasas y las β -amilasas.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.15: Macerado

3.10.4 Filtración

La figura 3.16, muestra el proceso de filtración, para separar el líquido del lodo mediante la succión por gravedad; se coloca una manguera de goma totalmente limpia y esterilizada en la olla de maceración y otra olla a una altura menor, para que se pueda separar el líquido del lodo y hacemos una leve succión en la manguera para obtener el mosto (líquido).



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.16: Filtración

3.10.5 Cocción

La figura 3.17, muestra el proceso de cocción, se controla 1 hora después de que el líquido llegue al punto de ebullición, para eliminar las proteínas insolubles, se añade 47,00 % de azúcar, faltando 15 minutos para que termine la cocción se añade lúpulo para darle amargor y faltando 5 minutos se añade el irish most para darle un color brillante.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.17: Cocción

3.10.6 Carbonatación

La figura 3.18, muestra el proceso de carbonatación, donde se inyecta el gas carbónico a 2 bares de presión según norma IBNORCA (Anexo E) y una temperatura de 3°C. El gas en esta condición, se disuelve en la bebida dentro del barril de acero inoxidable; que al reducir bruscamente la presión el dióxido de carbono es atrapado en el líquido y se expande creando burbujas.



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.18: Carbonatación

3.10.7 Envasado

La figura 3.19, muestra el proceso de envasado, previamente las botellas de vidrio son lavadas y esterilizadas a más de 93°C para evitar la contaminación con el producto, la botella se llena 5 cm por debajo de la boca de la botella según norma IBNORCA (Anexo E), se utiliza una llenadora contra presión y se realiza el sellado de las botellas con un corcholador, las tapas son desinfectadas con neutrosan (desinfectante alimenticio).



Fuente: Elaboración propia
Figura 3.19: Envasado

3.10.8 Almacenamiento

La figura 3.20, muestra el proceso de almacenamiento, las botellas se colocan en un refrigerador semi industrial a una temperatura de 8°C, para coadyuvar que el producto mantenga sus propiedades organolépticas; se debe mantener la cadena de frío hasta su consumo.

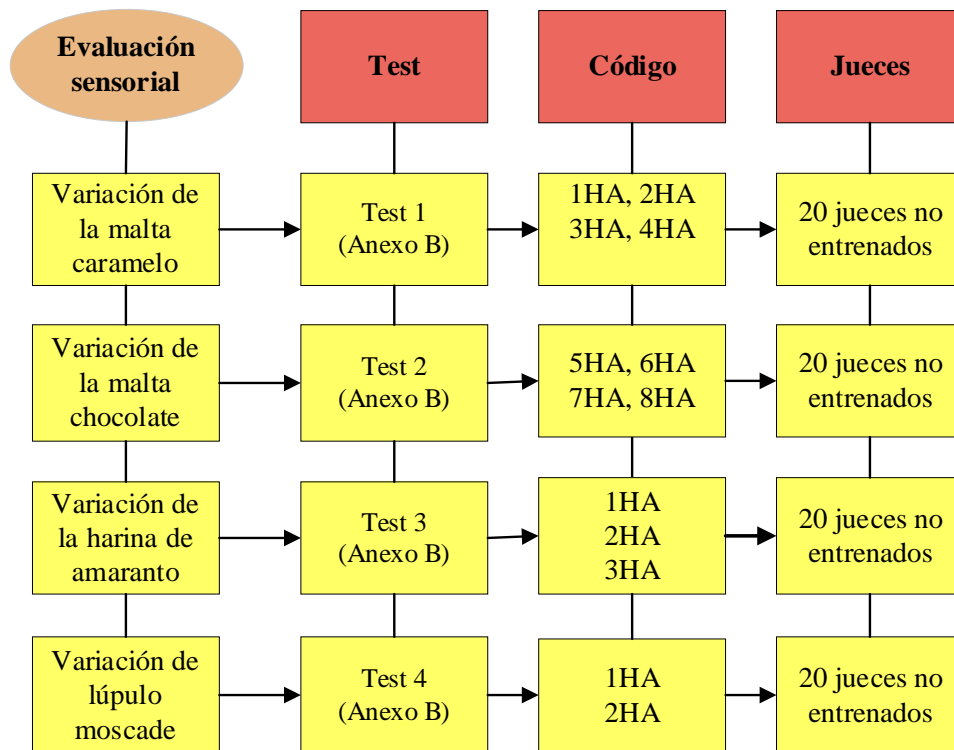


Fuente:Elaboración propia
Figura 3.20:Almacenamiento

3.11 Evaluación sensorial

También llamado método afectivo o de respuesta subjetiva. Éstas incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque a los panelistas se les puede pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad. Las pruebas hedónicas están destinadas a medir el grado de satisfacción, en cuánto gusta o disgusta un producto. Para estas pruebas se utilizan

escalas categorizadas las cuales deben ser impares con una categoría o un punto intermedio de "ni gusta ni disgusta"; en éstas existen hedónicas verbales y faciales (Boteo, 2018), se muestra en la figura 3.21.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3.21: Evaluación sensorial para elegir la bebida

3.12 Diseño experimental

El diseño experimental, es un análisis estadístico que permite identificar y cuantificar las causas de un efecto dentro de un proceso. En un diseño experimental, se manipulan una o más variables, vinculadas a las causas, para medir el efecto que tienen en otras variables de interés. El diseño experimental prescribe una serie de pautas relativas de las variables que hay para manipular, cuantas veces hay que repetir el experimento y en qué orden para poder establecer con un grado de confianza predefinido a la necesidad. (Montgomery, 1991). El diseño factorial a ser utilizado, se muestra en la ecuación 3.1:

$$2^k$$

(Ecuación 3.1)

Donde:

2 = número de niveles

k = número de variables

3.13 Diseño factorial 2^k

El diseño factorial, se entiende como aquel, en el que se investiga todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo o réplica del experimento. En el diseño factorial existen varios tipos como el 2^k que consiste en que factores cada uno con dos y tres niveles, estos niveles pueden ser cuantitativos y cualitativos (Montgomery, 1991).

3.14 Diseño factorial 2^3 en la etapa de maceración para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

El diseño experimental se aplica en la etapa de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto, de acuerdo a la ecuación 3.2.

$$2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 8 \text{ corridas/ pruebas} \quad (\text{Ecuación 3.2})$$

Donde los niveles de variación de cada factor son los siguientes:

- ✚ Volumen de agua (A) = 2 niveles
- ✚ Temperatura de maceración (B) = 2 niveles
- ✚ Tiempo de maceración (C) = 2 niveles

La tabla 3.4, muestra la matriz del diseño experimental aplicado en la etapa de maceración para la elaboración bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina amaranto, compuesta por tres variables: volumen de agua (A), temperatura de maceración (B), tiempo de maceración (C).

Tabla 3.4

Matriz experimental de las variables en la etapa de maceración para el bagazo cervecero

Combinación	Variables			Interacciones				Respuesta
	A	B	C	AB	AC	BC	ABC	Y_i
(1)	-	-	-	+	+	+	-	Y_1
a	+	-	-	-	-	+	+	Y_2
b	-	+	-	-	+	-	+	Y_3
ab	+	+	-	+	-	-	-	Y_4
c	-	-	+	+	-	-	+	Y_5
ac	+	-	+	-	+	-	-	Y_6
bc	-	+	+	-	-	+	-	Y_7
abc	+	+	+	+	+	+	+	Y_8

Fuente: Elaboración propia

Y_i = Variable respuesta ($^{\circ}$ Brix) en el proceso de maceración.

Y_i = Variable respuesta (pH) en el proceso de maceración.

Y_i = Variable respuesta (acidez en % de ácido láctico) en el proceso de maceración.

La tabla 3.5, muestra los niveles de variación (nivel superior y nivel inferior) aplicados en la etapa de maceración.

Tabla 3.5

Niveles de variación de los factores en la etapa de maceración

Variables	Nivel superior	Nivel inferior	Unidad
Volumen de agua (A)	64 (+)	61 (-)	%
Temperatura de maceración (B)	67 (+)	63 (-)	$^{\circ}$ C
Tiempo de maceración (C)	90 (+)	60 (-)	min

Fuente: Elaboración propia

3.15 Operacionalización de la variable independiente y dependiente para el bagazo cervecero

En el cuadro 3.1, se muestra la operacionalización de las variables independiente y dependiente que se aplican para el desarrollo del presente trabajo dirigido.

Cuadro 3.1

Operacionalización de las variables independiente y dependiendo para el bagazo cervecero

Hipótesis	Variables		Definición	Parámetros	Indicadores	Unidades
Con la aplicación del proceso enzimático se podrá obtener la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto que nos permitirá tener un producto con calidad nutricional para cervecería artesanal "CEPA DORADA" de la provincia Cercado de Tarija.	Independiente	Proceso enzimático de las α y β amilasas.	Durante el macerado, el almidón de la cebada se degrada fundamentalmente a una mezcla de moléculas de poli glucosa. Las enzimas capaces de degradar al almidón son las α -amilasas β -amilasas (Espitia, 2009).	Dosificación	Malta caramelo	%
					Malta chocolate	%
					Harina de amaranto	%
				Maceración.	Tiempo	Min
					Temperatura	°C
					°Brix	%
				Cocción	Azúcar	%
					Tiempo	Min
					Temperatura	°C
	°Brix	%				
	Dependiente	Bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.	Se entiende por bebida analcohólica la malta líquida, resultante del mosto de cebada malteada o de extracto de malta y agua potable, sometido a un proceso de cocción, adicionada o no con lúpulo carbonatada o no (Código alimentario argentino, 2003).	Microbiológicos	Coliformes totales	UFC/g
					Bacterias aerobias y mesofilas	UFC/g
					Mohos y levaduras	UFC/g
					Escheriche coli	UFC/g
				Organolépticos	Color	Hedónica
					Olor	Hedónica
					Sabor	Hedónica
					Amargor	Hedónica
Carbonatación					Hedónica	
Fisicoquímicos	Cuerpo	Hedónica				
	ceniza	%				
	Calcio	mg/100				
	Humedad	%				
	Proteína total	%				
	Fibra	%				
Grasa	%					
Hidratos de carbono	%					
Valor energético	Kcal/100g					

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Características del bagazo cervecero

La caracterización del bagazo cervecero se a tomando en cuenta las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas, como se detalla a continuación:

4.1.1 Características fisicoquímicas del bagazo cervecero

La tabla 4.1, muestra los resultados del análisis fisicoquímico del bagazo cervecero, adquirido en cervecería artesanal "CEPA DORADA", (Anexo A).

Tabla 4.1

Análisis fisicoquímico del bagazo cervecero

Componentes	Valor	Unidad
Proximales		
Azúcares totales	3,90	%
Ceniza	0,78	%
Fibra	1,42	%
Grasa	1,46	%
Hidratos de carbono	12,94	%
Humedad	77,81	%
Proteína total (Nx6,25)	5,59	%
Valor energético	87,26	Kcal/100g
Minerales		
Calcio	12,00	mg/100g
Fósforo	7,90	mg P/100g

Fuente: CEANID, 2020.

En la tabla 4.1, se observa que el bagazo cervecero contiene: azúcares totales 3,90 %; ceniza 0,78%; fibra 1,42%.; grasa 1,46 %; hidratos de carbono 12,94 %; humedad 77,81 %; proteína total (Nx6,25) 5,59 %; valor energético 87,26 Kcal/100g. Para los minerales se puede observar que el bagazo cervecero contiene calcio 12 mg/100g y fósforo 7,90 mg P/100g.

4.1.2 Características microbiológicas del bagazo cervecero

La tabla 4.2, muestra los resultados del análisis microbiológico del bagazo cervecero adquirido en cervecería artesanal "CEPA DORADA", (Anexo A).

Tabla 4.2

Análisis microbiológico del bagazo cervecero

Microorganismos	Valor	Unidad
Coliformes totales	$1,70 \times 10^3$	UFC/g
Mohos y levaduras	$6,20 \times 10^2$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.2, se observa que el resultado microbiológico del bagazo cervecero contiene: coliformes totales $1,70 \times 10^3$ UFC/g y mohos y levaduras $6,20 \times 10^2$ UFC/g.

4.2 Características fisicoquímicas y microbiológicas de los insumos alimentarios

Las características fisicoquímicas de los insumos alimentarios se muestran a continuación:

4.2.1 Características fisicoquímicas de la malta caramelo

La tabla 4.3, muestran los resultados del análisis fisicoquímico de la malta caramelo, obtenido en cervecería artesanal "CEPA DORADA", (Anexo A).

Tabla 4.3

Análisis fisicoquímico de la malta caramelo

Parámetros	Valor	Unidad
Azúcares totales	8,80	%
Ceniza	3,33	%
Fibra	3,22	%
Grasa	1,54	%
Hidratos de carbono	76,01	%
Humedad	6,05	%
Proteína total (Nx6,25)	9,75	%
Valor energético	356,90	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.3, se observa que la malta caramelo contiene: azúcares totales 8,80 %; ceniza 3,33%; fibra 3,22%; grasa 1,54%; hidratos de carbono 76,01%; humedad 6,05 %; proteína total (Nx6,25) 9,75% y valor energético 356,90 Kcal/100g.

4.2.2 Características microbiológicas de la malta caramelo

La tabla 4.4, muestra los resultados del análisis microbiológico de la malta caramelo obtenido en cervecería artesanal “CEPA DORADA”, (Anexo A).

Tabla 4.4

Análisis microbiológico de la malta caramelo

Microorganismos	Valor	Unidad
Coliformes totales	$< 1,0 \times 10^1$ (*)	UFC/g
Mohos y levaduras	$< 1,0 \times 10^1$ (*)	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.4, se observa que el resultado microbiológico de la malta caramelo contiene: Coliformes totales $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y Mohos y levaduras $<1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g. Donde (*) = no se observa desarrollo de colonias

4.2.3 Características fisicoquímicas de la malta chocolate

La tabla 4.5, muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la malta chocolate, adquirido en cervecería artesanal “CEPA DORADA”, (Anexo A).

Tabla 4.5

Análisis fisicoquímico de la malta chocolate

Parámetros	Valor	Unidad
Azúcares totales	7,24	%
Ceniza	2,36	%
Fibra	9,72	%
Grasa	1,46	%
Hidratos de carbono	67,14	%
Humedad	3,08	%
Proteína total (Nx6,25)	11,36	%
Valor energético	327,14	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.5, se observa que la malta chocolate contiene: azúcares totales 7,24%; ceniza 2,36%; fibra 9,72%.; grasa 1,46%; hidratos de carbono 67,14%; humedad 3,08 %; proteína total (Nx6,25) 11,36% y valor energético 327,14 Kcal/100g.

4.2.4 Características microbiológicas de la malta chocolate

En la tabla 4.6, se muestra el resultado del análisis microbiológico de la malta chocolate, adquirido en cervecería artesanal “CEPA DORADA”, (Anexo A).

Tabla 4.6

Análisis microbiológico de la malta chocolate

Microorganismos	Valor	Unidad
Coliformes totales	< 1,0 x10 ¹ (*)	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021

En la tabla 4.6, se observa que el resultado microbiológico de la malta chocolate contiene: coliformes totales < 1,0 x10¹ (*) UFC/g. Donde (*) = no se observa desarrollo de colonias

4.2.5 Características fisicoquímicas de la harina de amaranto

En la tabla 4.7, se muestra los resultados del análisis fisicoquímico de la harina de amaranto, adquirida en “RENACC”, (Anexo A).

Tabla 4.7

Análisis fisicoquímico de la harina de amaranto

Componentes	Valor	Unidad
Proximales		
Ceniza	2,54	%
Fibra	2,96	%
Grasa	7,67	%
Hidratos de Carbono	68,59	%
Humedad	4,12	%
Proteína total (Nx6,25)	14,12	%
Valor energético	359,87	Kcal/100 g
Minerales		
Calcio	124,00	mg/100g

Fuente: CEANID, 2020

En la tabla 4.7, se observa que la harina de amaranto contiene: ceniza 2,54%; fibra 2,96%; grasa 7,67%; hidratos de carbono 68,59%; humedad 4,12%; proteína total (Nx6,25) 14,12% y valor energético 359,87 Kcal/100g. Para minerales, se puede observar que la harina de amaranto contiene calcio 124,00 mg/100g.

4.2.6 Características microbiológicas de la harina de amaranto

La tabla 4.8, muestra el resultado del análisis microbiológico de la harina de amaranto, adquirida en RENACC, (Anexo A).

Tabla 4.8

Análisis microbiológico de la harina de amaranto

Microorganismos	Valor	Unidad
Coliformes totales	$2,9 \times 10^3$	UFC/g

Fuente: CEANID, 2021

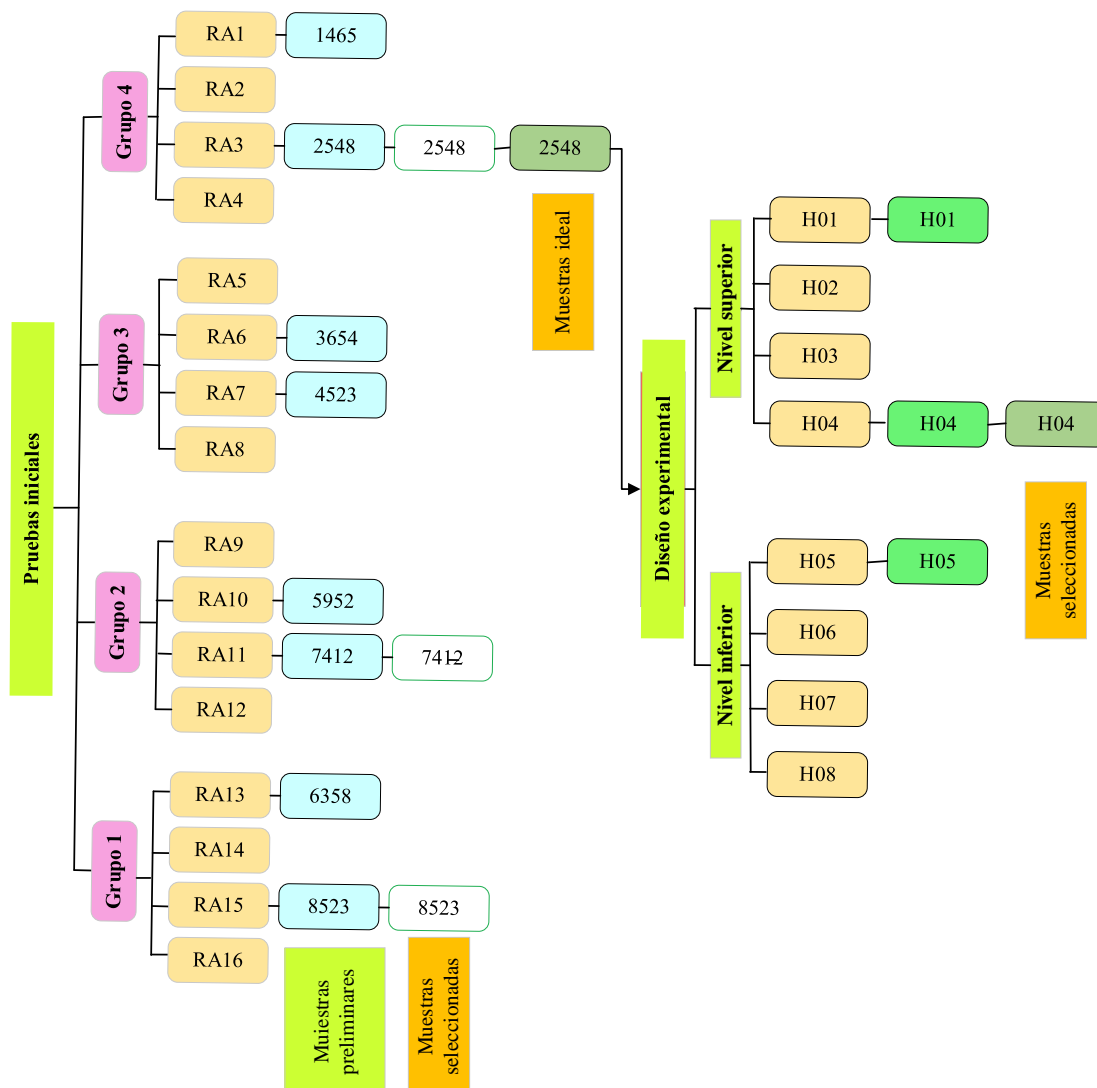
En la tabla 4.8, se observa el resultado microbiológico de la harina de amaranto que contiene: Coliformes totales $2,9 \times 10^3$ UFC/g.

4.3 Caracterización de las variables de proceso para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

Para la caracterización de las variables de proceso, se tomo en cuenta los siguientes aspectos:

4.3.1 Desarrollo experimental de la muestra para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

En la figura 4.1, se muestra el desarrollo de la parte experimental del presente trabajo, se parte de dieciséis pruebas iniciales variando su composición porcentual de materia prima e insumos, Para obtener las pruebas iniciales del grupo 1, grupo 2, grupo 3 y grupo 4; con el fin de seleccionar la muestra ideal de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.

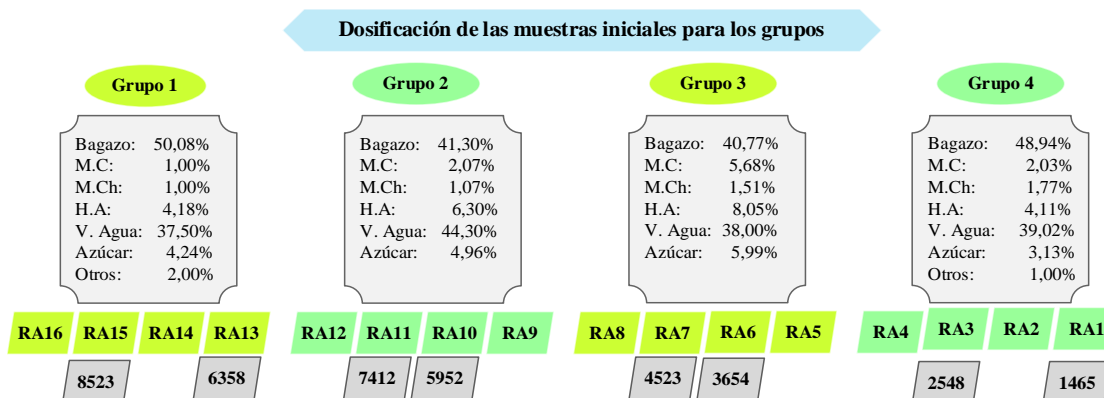


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.1: Desarrollo experimental de las muestras para la bebida alcohólica

4.3.2 Dosificación de las pruebas iniciales para la bebida alcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

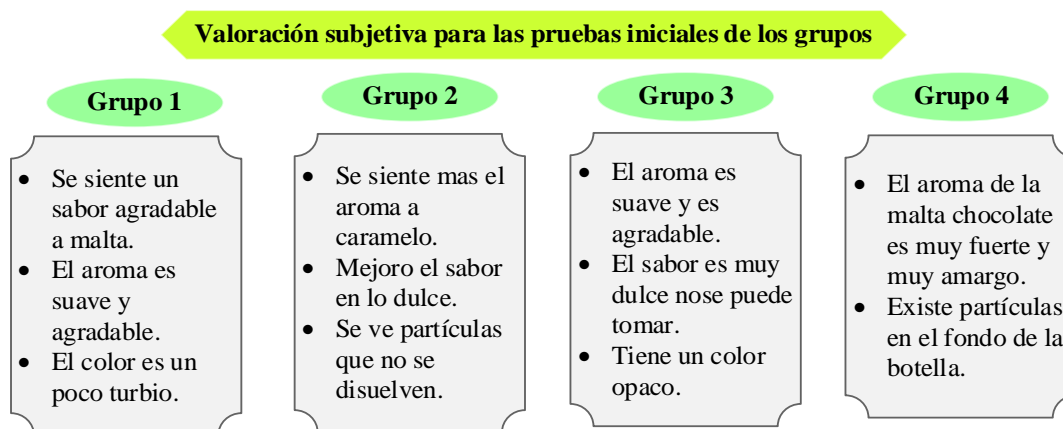
En la figura 4.2, se muestra las pruebas iniciales de los grupos a nivel experimental, se realiza una formulación básica de la bebida alcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto, variando la dosificación de cada uno, para tal efecto se tomó dieciséis muestras divididas en 4 grupos (grupo 1, grupo 2, grupo 3 y grupo 4) donde se muestra la dosificación de la bebida alcohólica de bagazo cervecero.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.2: Dosificación para las muestras iniciales de los grupos

Las pruebas iniciales fueron valoradas de manera subjetiva, mediante personal de Laboratorio de Taller de alimentos (LTA) y en la figura 4.3, se detalla las valoraciones realizadas con el fin de seleccionar las muestras iniciales.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.3: Valoración subjetiva para las pruebas iniciales de los grupos

En la tabla 4.9, se muestra la variación de la dosificación para las pruebas preliminares que se realizó con la finalidad de obtener la metodología experimental utilizando bagazo cervecero, malta caramelo, malta chocolate, harina de amaranto, agua, irish most, azúcar blanco y lúpulo cascade.

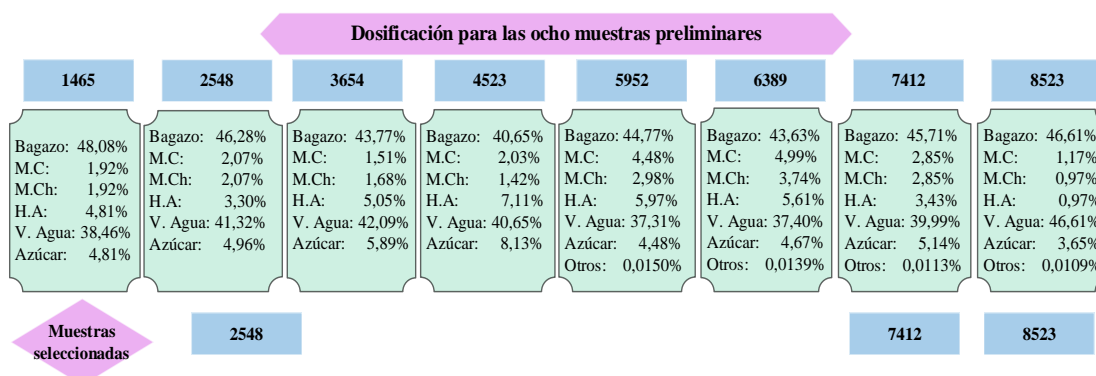
Tabla 4.9

Variación en la dosificación para pruebas preliminares

Materia prima/insumos	Rango	Unidad
Bagazo	40,00-49,00	%
Malta caramelo	1,00-5,00	%
Malta chocolate	1,00-4,00	%
Harina de amaranto	0,50-8,00	%
Azúcar blanco	4,00-9,00	%
Agua	37,00-47,00	%
Otros	0,01-0,05	%

Fuente: Elaboración propia

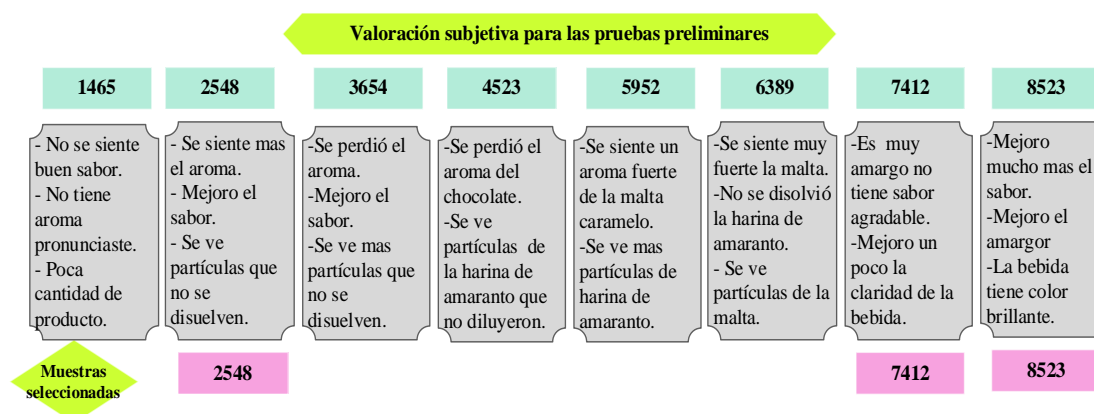
La figura 4.4, muestra la dosificación de las ocho muestras seleccionadas de los cuatro grupos para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto de acuerdo a los rangos de materia prima e insumos que se muestran en la tabla 4.9.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.4: Dosificación para las muestras preliminares

Por motivo de pandemia Covid-19 las ocho pruebas de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto fueron valoradas de manera subjetiva por el personal de Laboratorio Taller de Alimentos los resultados se muestran en la figura 4.4.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.5: Valoración subjetiva para las pruebas preliminares

La figura 4.5, indica que las muestras seleccionadas, son: 2548, 7412 y 8523 siendo de mayor preferencia la 2548 por el sabor y amargor en relación a las demás muestras.

4.3.3 Análisis fisicoquímicos para las pruebas iniciales de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La tabla 4.10, muestra los resultados obtenidos de los análisis de °Brix, pH y acidez (ácido láctico), realizados a las ocho muestras de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto; con el objetivo de contrastar los resultados con la valoración subjetiva, para seleccionar las muestras preliminares.

Tabla 4.10

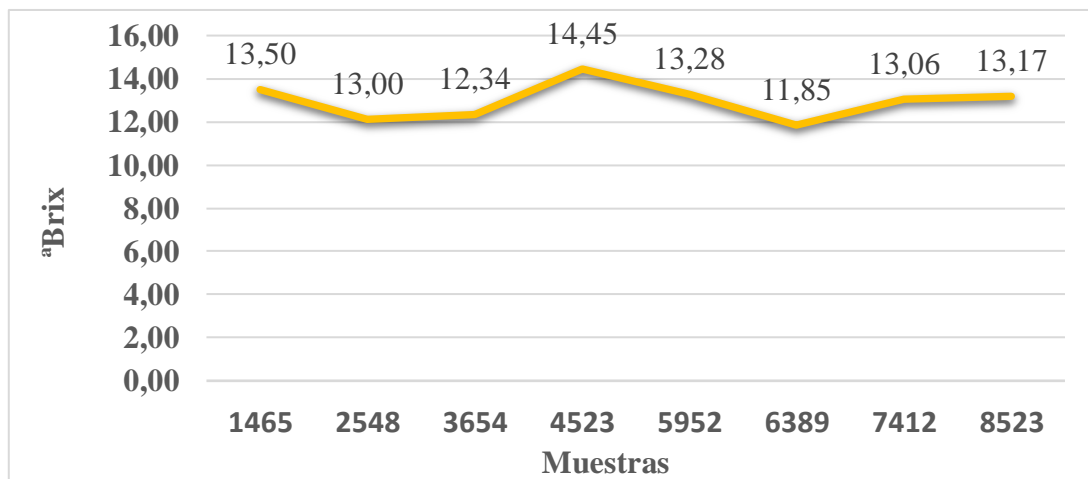
Análisis fisicoquímicos de las pruebas preliminares de bebida analcohólica

Muestra	°Brix	Acidez (%)	pH
1465	13,50	0,94	4,39
2548	13,00	0,71	5,21
3654	12,34	0,63	3,98
4523	14,45	0,69	4,89
5952	13,28	0,48	4,13
6389	11,85	0,37	4,56
7412	13,06	0,52	3,88
8523	13,17	0,62	5,04

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1 Control de °Brix para las pruebas preliminares de la debida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La figura 4.6, muestra los resultados obtenidos de °Brix para las pruebas preliminares de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto, datos extraídos de la tabla 4.10.



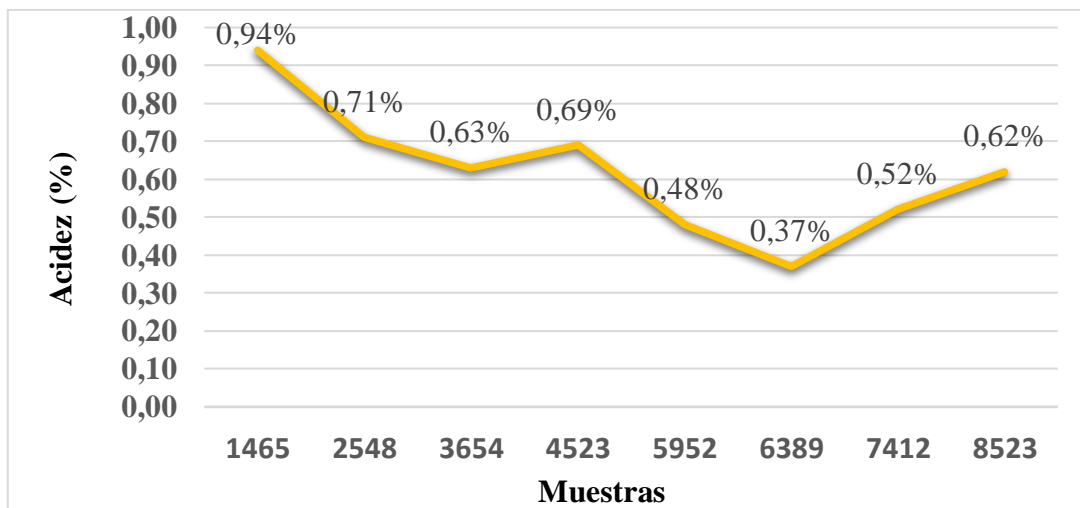
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.6: Valores de °Brix para las muestras preliminares de bebida analcohólica

En la figura 4.6, se observa los valores de los °Brix en las ocho muestras, se encuentran en un rango de (11,00°Brix-15,00°Brix). Por lo tanto, el valor de cada muestra es: 1465 (13,50°Brix); 2548 (12,10°Brix); 3654 (12,34°Brix); 5952 (13,28°Brix); 7412 (13,06°Brix) y 8523 (13,17°Brix) la muestra que tuvo más preferencia por el jurado en °Brix fue la muestra 2548.

4.3.3.2 Control de acidez para las pruebas preliminares de la debida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La figura 4.7, muestra los resultados obtenidos de acidez (ácido láctico) para las pruebas preliminares de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto de datos extraídos de la tabla 4.6.



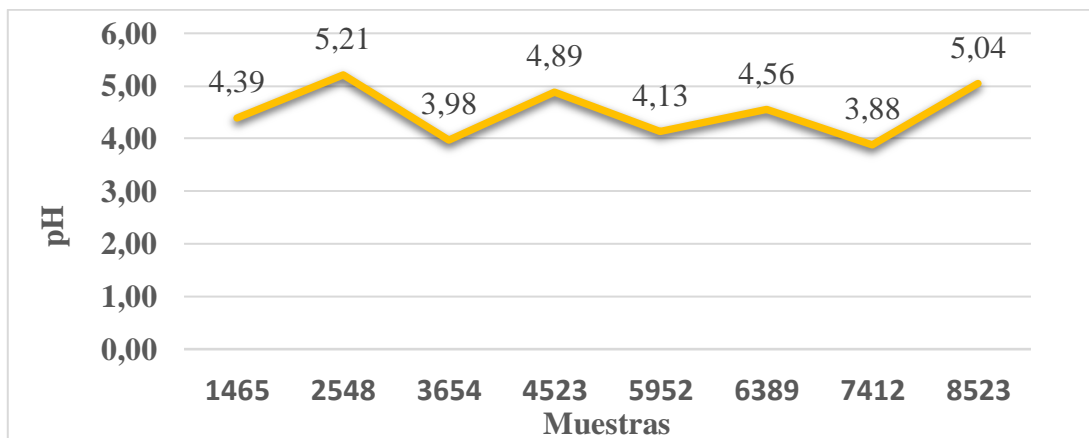
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.7: Valores de acidez para las muestras preliminares de bebida analcohólica

En la figura 4.7, se observa los valores de acidez en % en las ocho muestras, se encuentran en un rango de (0,30%-1,00%). Por lo tanto, el valor de cada muestra es: 1465 (0,94%); 2548 (0,71%); 3654 (0,63%); 4523 (0,69); 5952 (0,48%); 6389 (0,37%); 7412 (0,52%) y 8523 (0,62%) la muestra que tuvo más preferencia por el jurado en acidez fue la muestra 7412.

4.3.3.3 Control de pH para las pruebas preliminares de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

En la figura 4.8, se muestran los resultados obtenidos del pH para las pruebas preliminares de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto de datos extraídos de la tabla 4.10.



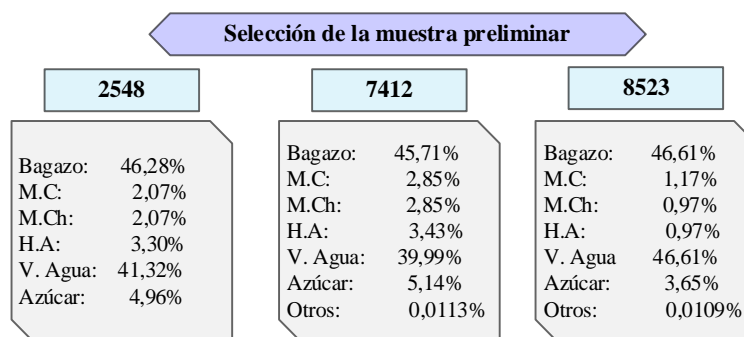
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.8: Valores de pH para las muestras preliminares de bebida analcohólica

En la figura 4.8, se observa los valores de pH en las ocho muestras, se encuentran en un rango de (3,50-5,50). Por lo tanto, el valor de cada muestra es: 1465 (4,49); 2548 (5,21); 3654 (9,98); 4523 (4,89); 5952 (4,13); 6389 (4,56); 7412 (3,88) y 8523 (5,04) la muestra que tuvo más preferencia por el jurado en pH fue la muestra 7412.

4.3.4 Selección de la muestra preliminar para la bebida analcohólica

La figura 4.9, procede a tomar en cuenta tres muestras (2548, 7412 y 8523) para obtener la muestra final de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto. Para tal efecto, se toma en cuenta la misma dosificación de la figura 4.4. Para tal efecto se aplica la evaluación sensorial en escala hedónica de cinco puntos para valorar los atributos color, olor, sabor, cuerpo y amargor.

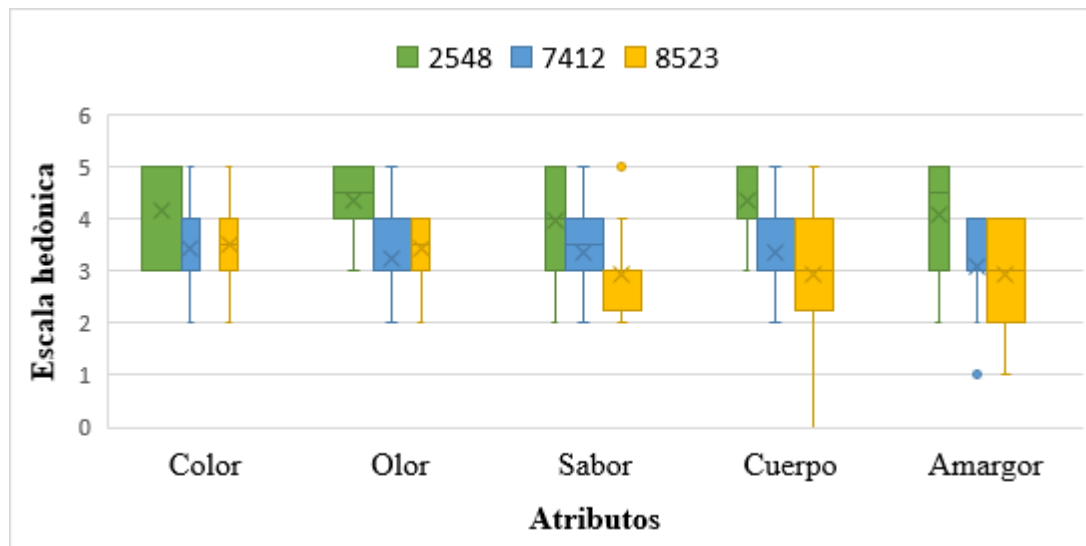


Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.9: Selección de la muestra preliminar

4.3.4.1 Estadístico caja y bigote para selección de prueba preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

En la figura 4.10, se muestra el estadístico caja y bigote de datos extraídos del Anexo C para el atributo color (tabla C.2), olor (tabla C.6), sabor (tabla C.10) cuerpo (tabla C.14) y amargor (C.18), con una escala hedónica de 1 a 5 puntos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.10: Caja y bigote para la selección de la muestra ideal

Según la figura 4.10, se puede observar el análisis de resultados estadísticos de caja y bigote de las medianas en función de los atributos evaluados en las muestras, para el atributo olor la muestra con mayor relevancia es la muestra 2548 con una media de (4,15) para el atributo color y (4,35) para el atributo olor, (3,95) para el atributo sabor, (4,35) para el atributo cuerpo y (4,10) para el atributo amargor, ya que tiene una mediana de puntuación mayor en relación a las demás muestras; Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos; indican por la muestra 8523, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 3,5 o menos, en la elección de la muestra de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.

4.3.4.2 Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero

La tabla 4.11, muestra los resultados del análisis estadístico de la prueba Tukey para el atributo color datos extraídos de la tabla C.2 de (Anexo C).

Tabla 4.11

Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de prueba preliminar de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
2548-7412	0,70	>	0,62	Si hay diferencia significativa
2548-8523	0,65	>	0,62	Si hay diferencia significativa
8523-7412	0,05	<	0,62	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.11, se observó que existe diferencia estadística entre los tratamientos 2548-7412 y 2548-8523. Sin embargo, en los tratamientos 8523-7412, no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo color.

4.3.4.3 Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero

La tabla 4.12, presenta los resultados del análisis estadístico de la prueba Tukey para el atributo olor datos extraídos de la tabla C.6 del (Anexo C).

Tabla 4.12

Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección de prueba preliminar de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
2548-7412	1,10	>	0,59	Si hay diferencia significativa
2548-8523	0,90	>	0,59	Si hay diferencia significativa
8523-7412	0,20	<	0,59	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.12, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos 2548-7412 y 2548-8523. Sin embargo, en los tratamientos 8523-7412, no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo olor.

4.3.4.4 Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero

La tabla 4.13, presenta los resultados del análisis estadístico de la prueba Tukey para el atributo sabor datos extraídos de la tabla C.10 del (Anexo C).

Tabla 4.13

Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de prueba preliminar de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
2548-8523	1,00	>	0,72	Si hay diferencia significativa
2548-7412	0,60	<	0,72	No hay diferencia significativa
7412-8523	0.40	<	0,72	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.13, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos 2548-8523; Sin embargo, en los tratamientos 2548-7412 y 7412-8523, no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo sabor.

4.3.4.5 Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero

La tabla 4.14, presenta los resultados del análisis estadístico de la prueba Tukey para el atributo cuerpo datos extraídos de la tabla C.14 del (Anexo C).

Tabla 4.14

Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección de prueba preliminar de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
2548-8523	1,12	>	0,59	Si hay diferencia significativa
2548-7412	1,20	>	0,59	Si hay diferencia significativa
7412-8523	0,20	<	0,59	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.14, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos 2548-8523 y 2548-7412. Sin embargo, en los tratamientos 7412-8523, no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

4.3.4.6 Estadístico de Tukey del atributo amargor para la selección de muestra preliminar de bebida analcohólica de bagazo cervecero

La tabla 4.15, presenta los resultados del análisis estadístico de la prueba Tukey para el atributo amargor datos extraídos de la tabla C.18 del (Anexo C).

Tabla 4.15

Estadístico de Tukey del atributo amargor para la selección de prueba preliminar de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
2548-8523	1,15	>	0,72	Si hay diferencia significativa
2548-7412	1,00	>	0,72	Si hay diferencia significativa
7412-8523	0,15	<	0,72	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.15, se observa que existe diferencia estadística entre los tratamientos 2548-8523 y 2548-7412. Sin embargo, en los tratamientos 7412-8523, no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$.

4.4 Diseño factorial 2^3 de las variables en el proceso de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La tabla 4.16, muestra la dosificación de la muestra ideal (2548) para realizar el diseño factorial 2^3 en el proceso de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto; mediante ocho muestras a nivel experimental en base a la variación de los tres factores detallados en la tabla (3.5) y según la matriz de variables detallados en la tabla (3.4), para las variables respuestas °Brix, acidez y pH.

Tabla 4.16

Dosificación de muestra ideal para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

Materia prima/insumos	Rango	Unidad
Bagazo	46,28	%
Malta caramelo	2,07	%
Malta chocolate	2,07	%
Harina de amaranto	3,30	%
Azúcar blanco	4,96	%
Agua	41,32	%

Fuente: Elaboración propia

4.4.1 Diseño factorial de la variable respuesta °Brix en el proceso de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La tabla 4.17, muestra la variable respuesta °Brix para lograr aplicar al diseño experimental, se toma como variable independiente; el porcentaje de volumen de agua (A), temperatura de maceración (B) y tiempo de maceración (C) y como variable respuesta los °Brix de la bebida analcohólica, se detallan en la tabla D.2 del (Anexo D).

Tabla 4.17

Matriz de variación de °Brix

Combinación	Factores			Y ₁	Y ₂	Total
	Volumen de agua (A)	Temperatura (B)	Tiempo (C)			
1	61	63	60	1,8	1,9	3,7
a	64	63	60	2,0	2,1	4,1
b	61	67	60	2,2	2,2	4,4
ab	64	67	60	2,2	2,3	4,5
c	61	63	90	2,4	2,4	4,8
ac	64	63	90	2,4	2,6	5,0
bc	61	67	90	2,5	2,6	5,1
abc	64	67	90	2,7	2,6	5,3

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.17, se realiza el análisis estadístico de la variable respuesta °Brix mediante el programa estadístico Statgraphics, los resultados se detallan a continuación:

Tabla 4.18

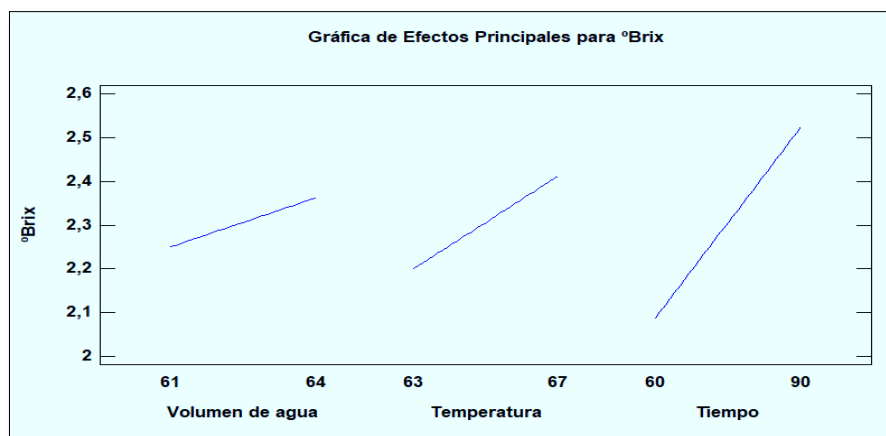
Análisis de varianza en función a la variable respuesta °Brix

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	(GL)	(CM)	Fcal	Ftab
Total	0,0507	15	0,0507	-	-
Factor A	0,0988	1	0,0988	0,13	5,32
Factor B	0,1810	1	0,1810	2,08	5,32
Factor C	0,0765	1	0,0765	0,88	5,32
Interacción AB	0,0056	1	0,0056	0,06	5,32
Interacción AC	0,0062	1	0,0062	0,01	5,32
Interacción BC	0,0156	1	0,0156	0,18	5,32
Interacción ABC	0,0056	1	0,0056	0,06	5,32
Error total	0,0871	8	0,0871	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se observa que entre los factores A, B, C, AB, AC, BC y ABC no existe diferencia significativa; ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

La figura 4.11, muestra los efectos principales para los factores: A (volumen de agua), B (temperatura) y C (tiempo) con relación a la variable respuesta °Brix.

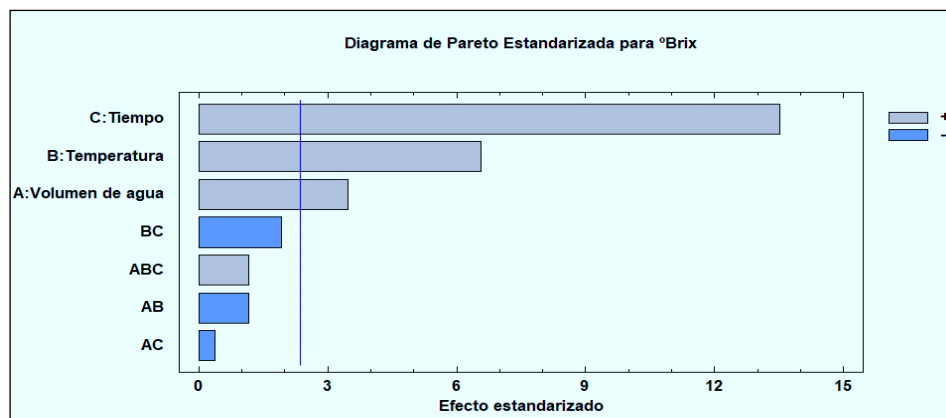


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.11: Efectos principales para °Brix

En la figura 4.11, se observa que el factor C (tiempo) entre los valores (2,10-2,52) influye significativamente en la variable respuesta °Brix cuando se encuentra en un nivel alto y bajo de la variable; mientras que el factor B (temperatura) entre los valores (2,20-2,24) y A (volumen de agua) entre los valores (2,25-2,39), no influyen significativamente en su nivel alto y bajo; debido a que la variación de °Brix es mínima.

La figura 4.12, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determinan con la línea vertical de referencia con valor de 2,23, de tal manera que si las barras graficadas exceden la línea de referencia indican que son significativos para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

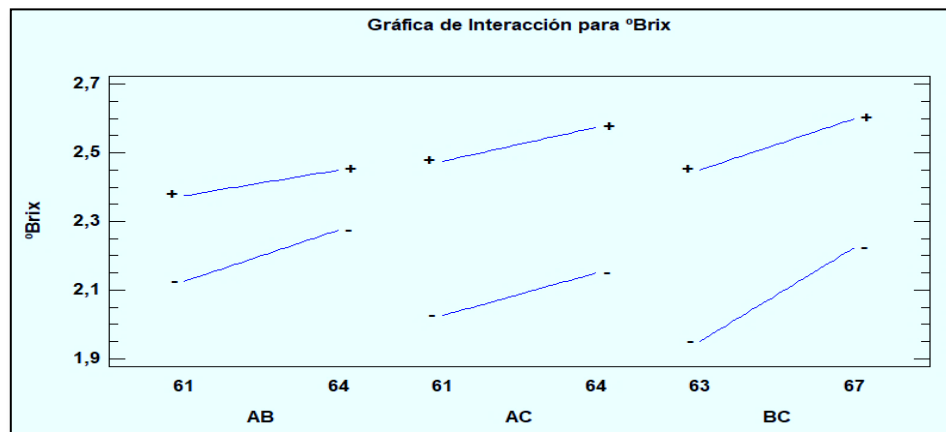


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.12: Diagrama de Pareto estandarizado para °Brix

En la figura 4.12, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores C (tiempo), B (temperatura) y A (volumen de agua), son estadísticamente significativos debido a que las barras de los factores si sobrepasan la línea vertical de referencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$. Así las interacciones BC (temperatura-tiempo), ABC (volumen de agua-temperatura-tiempo), AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo), no son estadísticamente significativos, debido a que los factores e interacciones no sobrepasan la línea vertical de referencia.

La figura 4.13, muestra la interacción para los factores AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo), BC (temperatura-tiempo), en función a la variable respuesta °Brix.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.13: Interacción para °Brix

En la figura 4.13, se observa que las interacciones AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo), BC (temperatura-tiempo), estando en el nivel alto y bajo no son significativos debido a que los factores de las variables no interaccionan entre sí.

4.4.2 Variable respuesta pH en el proceso de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La tabla 4.19, muestra la variable respuesta pH para aplicar el diseño experimental se tomaron en cuenta como variables independientes, el volumen de agua (A), temperatura de maceración (B) y tiempo de maceración (C) y como variable respuesta pH de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto, se detallan en la tabla D.6 del (Anexo D).

Tabla 4.19

Matriz de variación del pH

Combinación	Factores			Y ₁	Y ₂	Total
	Volumen de agua (A)	Temperatura (B)	Tiempo (C)			
1	61	63	60	6,12	6,32	12,44
a	64	63	60	6,35	6,27	12,62
b	61	67	60	6,16	6,26	12,42
ab	64	67	60	5,95	5,86	11,81
c	61	63	90	6,55	6,51	13,06
ac	64	63	90	6,44	5,98	12,42
bc	61	67	90	6,26	5,87	12,13
abc	64	67	90	5,76	5,82	11,58

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.20, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta pH que fue elaborado en el programa estadístico Statgraphics y los resultados se detallan a continuación:

Tabla 4.20

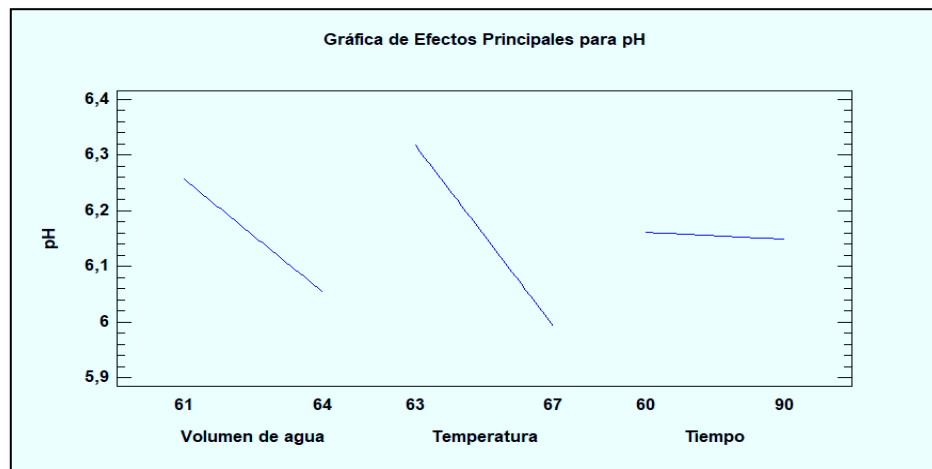
Análisis de varianza en función a la variable respuesta pH

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	(GL)	(CM)	F _{cal}	F _{tab}
Total	$7,61 \times 10^{-1}$	15	$5,07 \times 10^{-2}$	-	-
Factor A	$1,64 \times 10^{-1}$	1	$1,64 \times 10^{-1}$	1,88	5,32
Factor B	$4,22 \times 10^{-1}$	1	$4,22 \times 10^{-1}$	4,84	5,32
Factor C	$6,25 \times 10^{-4}$	1	$6,25 \times 10^{-4}$	0,01	5,32
Interacción AB	$3,06 \times 10^{-1}$	1	$3,06 \times 10^{-1}$	3,51	5,32
Interacción AC	$3,63 \times 10^{-2}$	1	$3,63 \times 10^{-2}$	0,42	5,32
Interacción BC	$5,50 \times 10^{-2}$	1	$5,50 \times 10^{-2}$	0,63	5,32
Interacción ABC	$4,84 \times 10^{-4}$	1	$4,84 \times 10^{-4}$	0,01	5,32
Error total	$6,97 \times 10^{-1}$	8	$8,71 \times 10^{-2}$	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.18, se observa que entre los factores A, B, C, AB, AC, BC y ABC no existe diferencia significativa; ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

La figura 4.14, muestra los efectos principales para los factores: A (volumen de agua), B (temperatura) y C (tiempo) con relación a la variable respuesta pH.

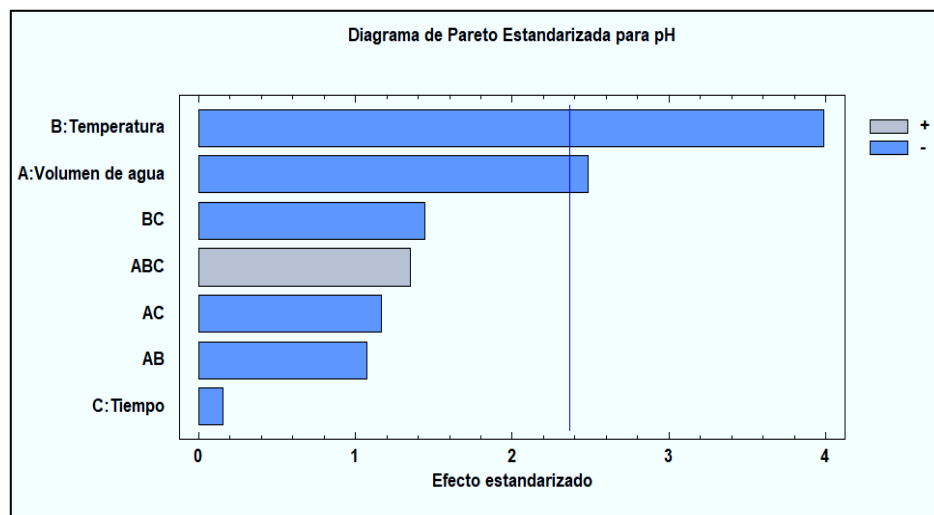


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.14: Efectos principales para pH

En la figura 4.14, se observa que el factor B (temperatura) entre los valores (6,00-6,31) influye significativamente en la variable respuesta pH cuando se encuentra en un nivel alto y bajo de la variable; mientras que el factor A (volumen de agua) entre los valores (6,06-6,26) y C (tiempo) entre los valores (6,14-6,16), no influyen significativamente en su nivel alto y bajo; debido a que la variación de pH es mínima.

La figura 4.15, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determinan con la línea vertical de referencia con valor de 2,49, de tal manera que si las barras graficadas exceden la línea de referencia indican que son significativos para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

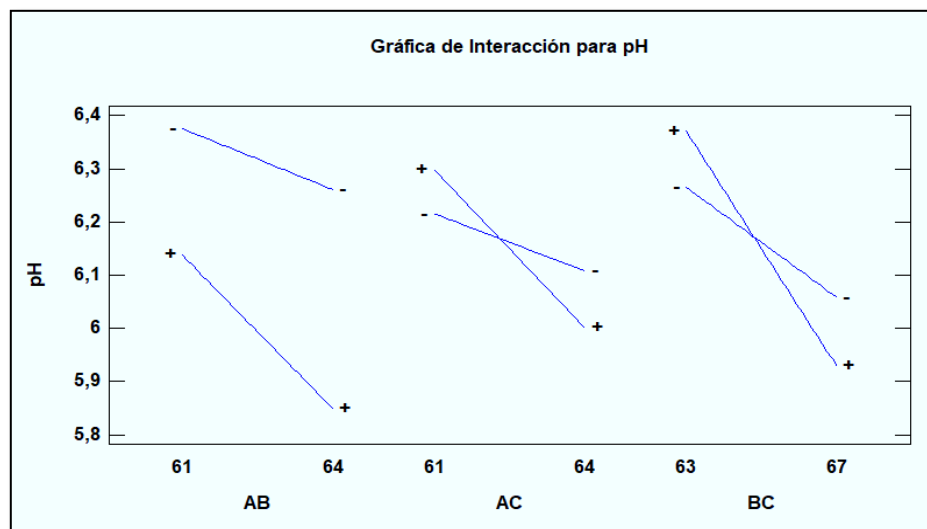


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.15: Diagrama de Pareto estandarizado para pH

En la figura 4.15, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores B (temperatura) y A (volumen de agua) son estadísticamente significativos debido a que las barras de los factores si sobrepasan la línea vertical de referencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$. Así las interacciones BC (temperatura-tiempo), ABC (volumen de agua-temperatura-tiempo), AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo) y el factor C (tiempo), no son estadísticamente significativos, debido a que los factores e interacciones no sobrepasan la línea vertical de referencia.

La figura 4.16, muestra la interacción para los factores AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo), BC (temperatura-tiempo), en función a la variable respuesta pH.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.16: Interacción para pH

En la figura 4.16, se observa que las interacciones AB (volumen de agua-temperatura) estando en el nivel alto y bajo no son significativas debido a que los factores de las variables no interaccionan entre sí. Sin embargo, en las interacciones AC (volumen de agua-tiempo), BC (temperatura-tiempo), estando en el nivel alto y bajo son significativas debido a que los factores de las variables si interaccionan entre sí.

4.4.3 Variable respuesta acidez (ácido láctico) en el proceso de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La tabla 4.21, muestra la variable acidez para aplicar el diseño experimental se tomaron en cuenta como variables independientes, el volumen de agua (A), temperatura de maceración (B) y tiempo de maceración (C) y como variable respuesta la acidez de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto, se detallan en la tabla D.9 del (Anexo D).

Tabla 4.21

Matriz de variación de acidez (ácido láctico)

Combinación	Factores			Y ₁	Y ₂	Total
	Volumen de agua (A)	Temperatura (B)	Tiempo (C)			
1	61	63	60	0,0034	0,0039	0,0073
a	64	63	60	0,0025	0,0031	0,0057
b	61	67	60	0,0041	0,0048	0,0089
ab	64	67	60	0,0036	0,0045	0,0082
c	61	63	90	0,0042	0,0032	0,0074
ac	64	63	90	0,0037	0,0028	0,0066
bc	61	67	90	0,0035	0,0029	0,0064
abc	64	67	90	0,0046	0,0034	0,0080

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados de la tabla 4.20, se realizó el análisis estadístico de la variable respuesta acidez (%) que fue elaborado en el programa estadístico Statgraphics y los resultados se detallan a continuación:

Tabla 4.22

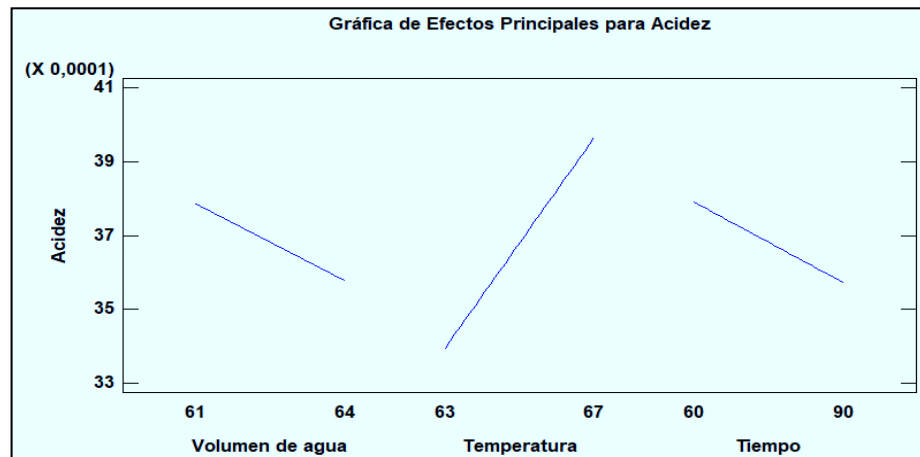
Análisis de varianza en función a la variable respuesta acidez (ácido láctico)

Fuente de varianza	Suma de cuadrados	(GL)	(CM)	F _{cal}	F _{tab}
Total	$7,61 \times 10^{-1}$	15	$5,07 \times 10^{-2}$	-	-
Factor A	$1,72 \times 10^{-7}$	1	$1,72 \times 10^{-7}$	$1,97 \times 10^{-6}$	5,32
Factor B	$1,30 \times 10^{-6}$	1	$1,30 \times 10^{-6}$	$1,49 \times 10^{-5}$	5,32
Factor C	$1,89 \times 10^{-7}$	1	$1,89 \times 10^{-7}$	$2,17 \times 10^{-6}$	5,32
Interacción AB	$6,89 \times 10^{-7}$	1	$6,89 \times 10^{-7}$	$7,91 \times 10^{-6}$	5,32
Interacción AC	$6,32 \times 10^{-7}$	1	$6,32 \times 10^{-7}$	$7,26 \times 10^{-6}$	5,32
Interacción BC	$8,10 \times 10^{-7}$	1	$8,10 \times 10^{-7}$	$9,29 \times 10^{-6}$	5,32
Interacción ABC	$1,60 \times 10^{-7}$	1	$1,60 \times 10^{-7}$	$1,84 \times 10^{-6}$	5,32
Error total	$6,97 \times 10^{-1}$	8	$8,71 \times 10^{-2}$	-	-

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.22, se observa que entre los factores A, B, C, AB, AC, BC y ABC no existe diferencia significativa; ya que $F_{cal} < F_{tab}$, por tanto, se acepta la hipótesis planteada para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

La figura 4.17, muestra los efectos principales para los factores: A (volumen de agua), B (temperatura) y C (tiempo) con relación a la variable respuesta acidez.

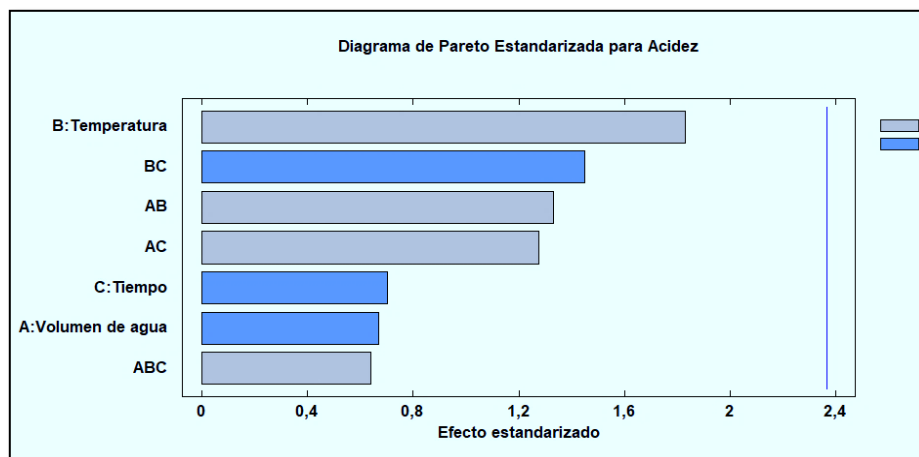


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.17: Efectos principales para la acidez

En la figura 4.17, se observa que el factor B (temperatura) entre los valores (34,00-40,00) influye significativamente en la variable respuesta acidez cuando se encuentra en un nivel alto y bajo de la variable; mientras que el factor A (volumen de agua) entre los valores (35,55-38,00) y C (tiempo) entre los valores (36,00-38,00), no influyen significativamente en su nivel alto y bajo; debido a que la variación de acidez es mínima.

La figura 4.18, muestra el diagrama de Pareto estandarizado para los factores analizados en el diseño factorial. Para tal efecto, el nivel de significancia de los factores e interacciones se determinan con la línea vertical de referencia con valor de 2,38, de tal manera que si las barras graficadas exceden la línea de referencia indican que son significativos para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

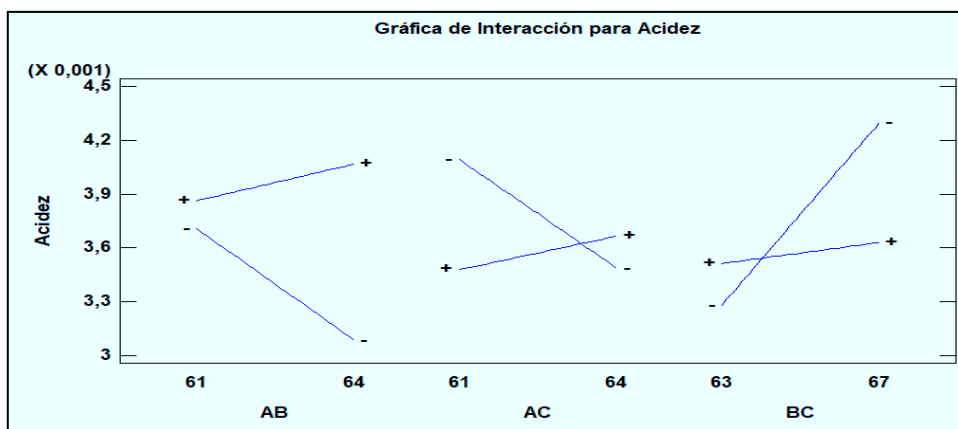


Fuente: Elaboración propia

Figura 4.18: Diagrama de pareto estandarizado para acidez

En la figura 4.18, se observa los valores absolutos de los efectos estandarizados en forma decreciente; donde los factores A (volumen de agua), B (temperatura) y C (tiempo) e interacciones BC (temperatura-tiempo), AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo) y ABC (volumen de agua-temperatura-tiempo) no son estadísticamente significativos debido a que las barras de los factores no sobrepasan la línea vertical de referencia para un nivel de significancia $\alpha=0,05$.

La figura 4.19, muestra la interacción para los factores AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo), BC (temperatura-tiempo), en función a la variable respuesta acidez.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.19: Interacción para acidez

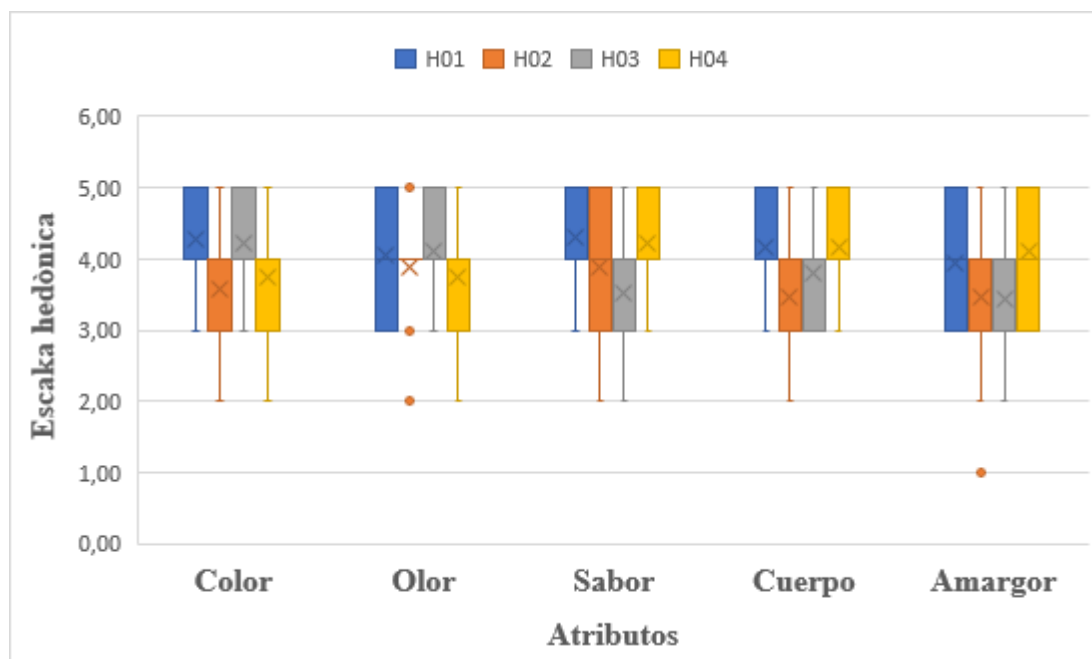
En la figura 4.16, se observa que las interacciones AB (volumen de agua-temperatura), AC (volumen de agua-tiempo) y BC (temperatura-tiempo), estando en el nivel alto y bajo son significativos debido a que los factores de las variables interaccionan entre sí.

4.5 Selección de la muestra para el producto de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

A base de los resultados obtenidos del diseño experimental mediante una evaluación sensorial se realiza la selección de la muestra elegida por jurado no entrenado.

4.5.1 Estadístico caja y bigote para la selección de muestra experimental del nivel superior de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

En la figura 4.20, se muestra el estadístico caja y bigote para el nivel superior del diseño experimental datos extraídos del Anexo D para el atributo color (Tabla D.11), olor (tabla D.15), sabor (tabla D.17) cuerpo (tabla D.21) y amargor (D.24), con una escala hedónica de 1 a 5 puntos para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.20: Estadístico caja y bigote del nivel superior en muestra experimental de la bebida analcohólica

La figura 4.20, presenta medianas para la muestra H01 y H04 como la más aceptadas por los jueces, para H01 en los atributos color (4,26), olor (4,05), sabor (4,32), cuerpo (4,16) y amargor (3,95), para H04 en los atributos color (3,74), olor (3,74), sabor (4,21), cuerpo (4,16) y amargor (4,11), además de que no existe diferencia significativa para $\alpha = 0.05$. Por lo tanto, indica que el 50% de los jueces que evaluaron dieron una puntuación de 4 o menos.

4.5.1.1 Estadístico de Tukey del atributo color del diseño experimental para el nivel superior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.23, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo color datos extraídos de la tabla D.14 de (Anexo D).

Tabla 4.23

Estadístico de Tukey del atributo color para la selección del diseño experimental de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
H01-H02	0,68	>	0,67	Si hay diferencia significativa
H01-H04	0,52	<	0,67	No hay diferencia significativa
H01-H03	0,05	<	0,67	No hay diferencia significativa
H03-H02	0,63	<	0,67	No hay diferencia significativa
H03-H04	0,47	<	0,67	No hay diferencia significativa
H04-H03	0,16	<	0,67	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.23, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H01-H02. Sin embargo, en los tratamientos H01-H04, H01-H03, H03-H02, H03-H04 y H04-H03 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$ para el atributo color.

4.5.1.2 Estadístico de Tukey del atributo sabor del diseño experimental para el nivel superior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.24, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo sabor datos extraídos de la tabla D.20 de (Anexo D).

Tabla 4.24

Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección del diseño experimental de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
H01-H03	0,79	>	0,67	Si hay diferencia significativa
H01-H02	0,43	<	0,67	No hay diferencia significativa
H01-H04	0,11	<	0,67	No hay diferencia significativa
H04-H03	0,68	>	0,67	Si hay diferencia significativa
H04-H02	0,32	<	0,67	No hay diferencia significativa
H02-H03	0,36	<	0,67	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.24, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H01-H03 y H04-H03. Sin embargo, en los tratamientos H01-H02, H01-H04, H04-H02 y H02-H03 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo sabor.

4.5.1.3 Estadístico de Tukey del atributo cuerpo del diseño experimental para el nivel superior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.25, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo cuerpo datos extraídos de la tabla D.24 de (Anexo D).

Tabla 4.25

*Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección del
diseño experimental de la bebida*

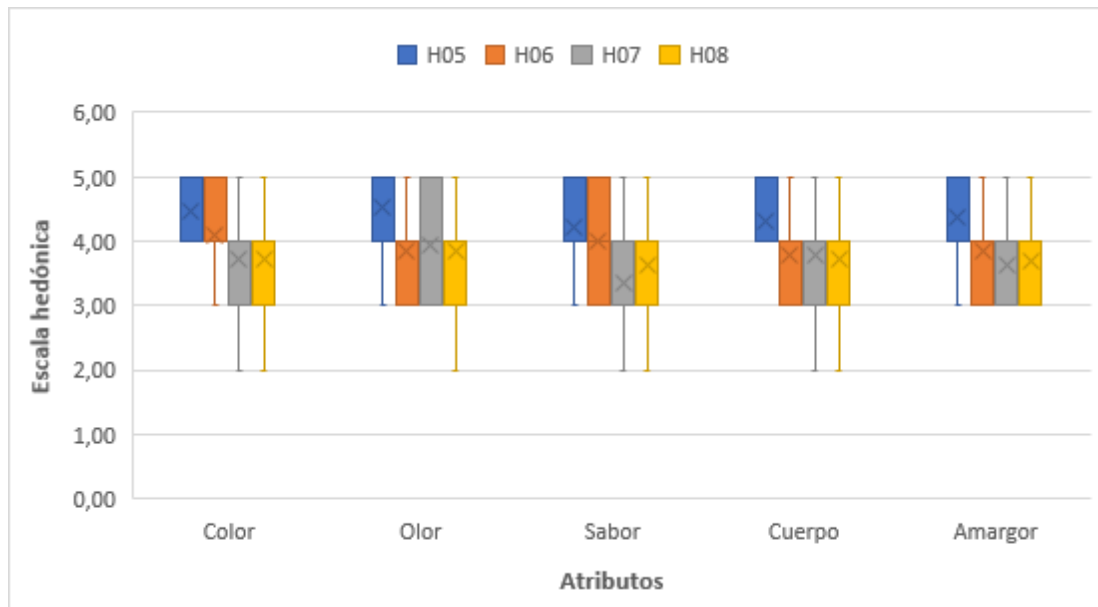
Tratamientos	Valores			Significancia
H01-H02	0,69	>	0,59	Si hay diferencia significativa
H01-H03	0,37	<	0,59	No hay diferencia significativa
H01-H04	0,00	<	0,59	No hay diferencia significativa
H04-H02	0,69	>	0,59	Si hay diferencia significativa
H04-H03	0,37	<	0,59	No hay diferencia significativa
H03-H02	0,32	<	0,59	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.25, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H01-H02 y H04-H02. Sin embargo, en los tratamientos H01-H03, H01-H04, H04-H03 y H03-H02 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo cuerpo.

4.5.2 Estadístico caja y bigote para la selección de muestra experimental del nivel inferior de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

En la figura 4.21, se muestra el estadístico caja y bigote para el nivel inferior del diseño experimental datos extraídos del Anexo D para el atributo color (Tabla D.26), olor (tabla D.30), sabor (tabla D.34) cuerpo (tabla D.38) y amargor (D.42), con una escala hedónica de 1 a 5 puntos para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.21: Estadístico caja y bigote del nivel inferior en muestra experimental de la bebida analcohólica

La figura 4.21, presenta medianas para la muestra H05 como la más aceptada por los jueces para los atributos color (4,47), olor (4,53), sabor (4,21), cuerpo (4,32) y amargor (4,37), además de que no existe diferencia significativa para $\alpha= 0.05$.

4.5.2.1 Estadístico de Tukey del atributo color del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.26, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo color datos extraídos de la tabla D.29 de (Anexo D).

Tabla 4.26

*Estadístico de Tukey del atributo color para la selección del
diseño experimental de la bebida*

Tratamientos	Valores			Significancia
H05-H08	0,73	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H05-H07	0,73	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H05-H06	0,36	<	0,56	No hay diferencia significativa
H06-H08	0,37	<	0,56	No hay diferencia significativa
H06-H07	0,37	<	0,56	No hay diferencia significativa
H07-H08	0,00	<	0,56	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.26, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H05-H08 y H05-H07. Sin embargo, en los tratamientos H05-H06, H06-H08, H06-H07 y H07-H08 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo color.

4.5.2.2 Estadístico de Tukey del atributo olor del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.27, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo olor datos extraídos de la tabla D.33 de (Anexo D).

Tabla 4.27

Estadístico de Tukey del atributo olor para la selección del diseño experimental de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
H05-H08	0,69	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H05-H06	0,69	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H05-H07	0,58	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H07-H08	0,11	<	0,56	No hay diferencia significativa
H07-H06	0,11	<	0,56	No hay diferencia significativa
H06-H08	0,00	<	0,56	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.27, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H05-H08, H05-H06 y H05-H07. Sin embargo, en los tratamientos H07-H08, H07-H06 y H06-H08 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo olor.

4.5.2.3 Estadístico de Tukey del atributo sabor del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.28, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo sabor datos extraídos de la tabla D.37 de (Anexo D).

Tabla 4.28

*Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección del
diseño experimental de la bebida*

Tratamientos	Valores			Significancia
H05-H07	0,84	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H05-H08	0,58	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H05-H06	0,21	<	0,56	No hay diferencia significativa
H06-H07	0,63	>	0,56	Si hay diferencia significativa
H06-H08	0,37	<	0,56	No hay diferencia significativa
H08-H07	0,26	<	0,56	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.28, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H05-H07, H05-H08 y H06-H07. Sin embargo, en los tratamientos H05-H06, H06-H08 y H08-H07 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo sabor.

4.5.2.4 Estadístico de Tukey del atributo cuerpo del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.29, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo cuerpo datos extraídos de la tabla D.41 de (Anexo D).

Tabla 4.29

Estadístico de Tukey del atributo cuerpo para la selección del diseño experimental de la bebida

Tratamientos	Valores			Significancia
H05-H08	0,58	>	0,48	Si hay diferencia significativa
H05-H07	0,53	>	0,48	Si hay diferencia significativa
H05-H06	0,53	>	0,48	Si hay diferencia significativa
H06-H08	0,05	<	0,48	No hay diferencia significativa
H06-H07	0,00	<	0,48	No hay diferencia significativa
H07-H08	0,05	<	0,48	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.29, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H05-H08, H05-H07 y H05-H06. Sin embargo, en los tratamientos H06-H08, H06-H07 y H07-H08 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo cuerpo.

4.5.2.5 Estadístico de Tukey del atributo amargor del diseño experimental para el nivel inferior de bebida analcohólica de bagazo cervecero

En la tabla 4.30, se muestran los resultados del análisis estadístico del diseño experimental de la prueba Tukey para el atributo amargor datos extraídos de la tabla D.45 de (Anexo D).

Tabla 4.30

Estadístico de Tukey del atributo amargor para la selección del diseño experimental de la bebida

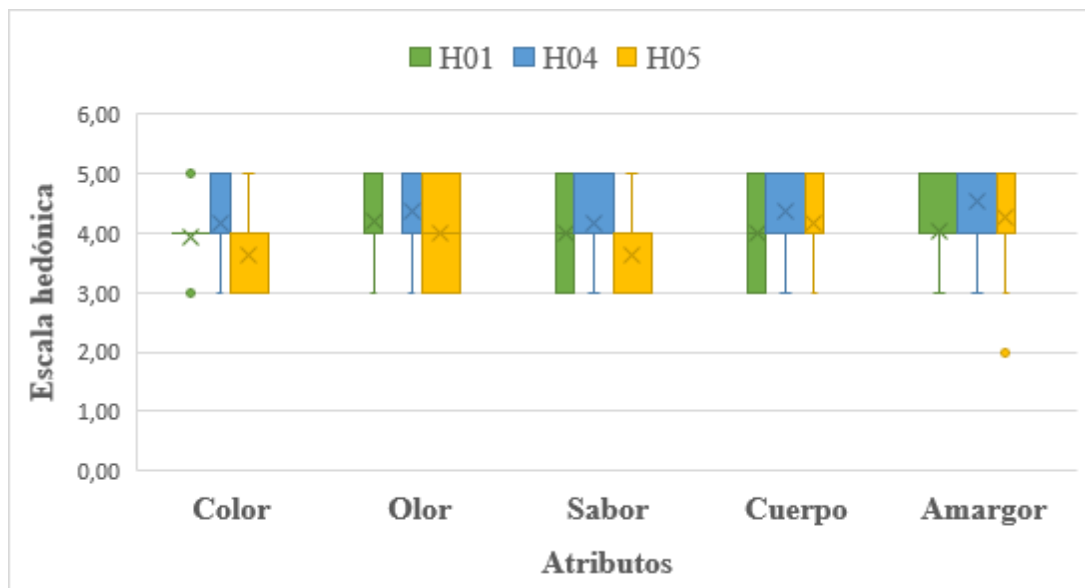
Tratamientos	Valores			Significancia
H05-H07	0,74	>	0,58	Si hay diferencia significativa
H05-H08	0,69	>	0,58	Si hay diferencia significativa
H05-H06	0,53	<	0,58	No hay diferencia significativa
H06-H07	0,21	<	0,58	No hay diferencia significativa
H06-H08	0,16	<	0,58	No hay diferencia significativa
H08-H07	0,05	<	0,58	No hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.30, se puede observar que existe diferencia estadística entre los tratamientos H05-H07 y H05-H08. Sin embargo, en los tratamientos H05-H06, H06-H07, H06-H08 y H08-H07 no existe diferencia para un nivel de significancia de $\alpha=0,05$ para el atributo amargor.

4.5.3 Estadístico caja y bigote para la selección de muestra experimental de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

En la figura 4.22, se muestra caja y bigote para la muestra experimental de 3 muestras que fueron seleccionadas de 8 muestras mediante una evaluación sensorial del diseño experimental datos extraídos del Anexo D para el atributo color (tabla D.46), olor (tabla D.48), sabor (tabla D.50) cuerpo (tabla D.52) y amargor (D.54), con una escala hedónica de 1 a 5 puntos para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.22: Estadístico caja y bigote para selección de la muestra experimental de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La figura 4.22, presenta medianas para la muestra H04 como la más aceptada por los jueces para los atributos color (4,16); olor (4,37); sabor (4,16); cuerpo (4,37) y amargor (4,53) y como segunda muestra preferida por los jueces es la muestra H0, además de que no existe diferencia significativa para $\alpha= 0.05$.

4.6 Control de parámetros °Brix, pH y acidez en el proceso de maceración para la elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

El control de los parámetros fisicoquímicos (°Brix, pH y acidez) en el proceso de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto de la muestra H04 seleccionada del diseño experimental.

4.6.1 Control de °Brix en el proceso de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

En la tabla 4.31, se muestran los valores del control de los °Brix, la técnica se detallan en el (Anexo G.1) del (Anexo G) del proceso de maceración, para la muestra H04 seleccionada en el diseño experimental.

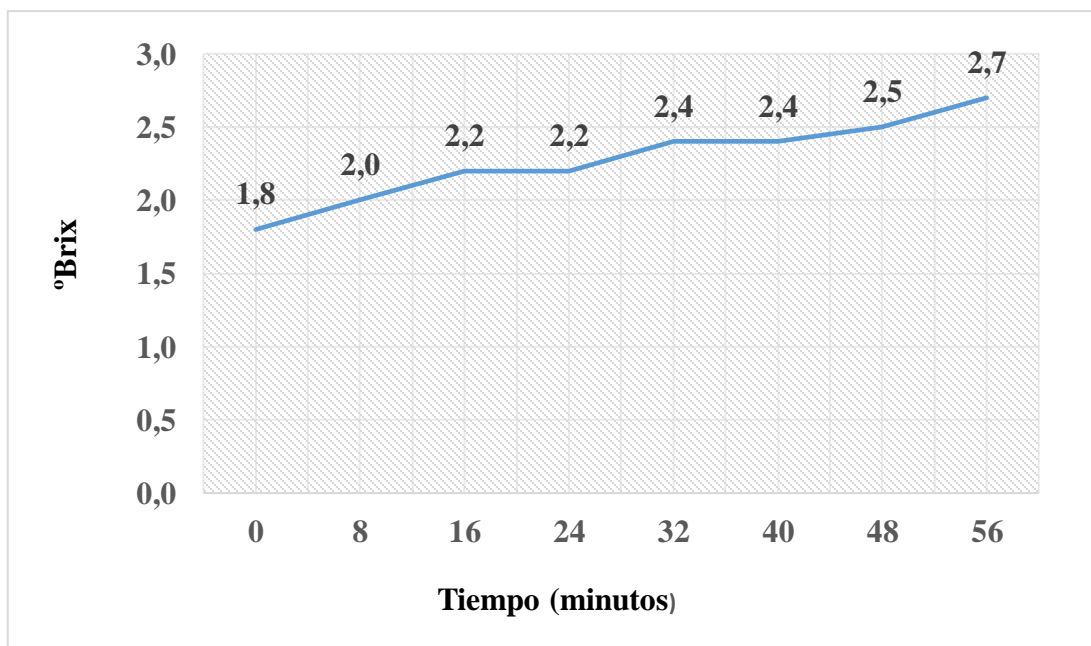
Tabla 4.31

Control de °Brix en el proceso de maceración

Tiempo (minutos)	°Brix
0	1,8
8	2,0
16	2,2
24	2,2
32	2,4
40	2,4
48	2,5
56	2,7

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.23, se muestra la variación de los °Brix en función del tiempo de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto del producto final.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.23: Valores de °Brix en el proceso de maceración

En la figura 4.23, se observa los valores de °Brix en el proceso de maceración para la muestra H04, se encuentra en un rango de (1,50°Brix-3,00°Brix). La valoración se realizó

cada ocho minutos: al minuto 0 comenzó con 1,80 °Brix; 8 minutos 2,00 °Brix; 16 y 24 minutos 2,20 °Brix; 32 y 40 minutos 2,40 °Brix; 48 minutos 2,50 °Brix y a los 56 minutos 2,70 °Brix, se puede observar la variación del tiempo afecta directamente en desdoblamiento de los azúcares.

4.6.2 Control de pH en la etapa de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervicero y harina de amaranto

La tabla 4.32, muestra los valores del control del pH, la técnica se detalla en el (Anexo G.1) del (Anexo G) en el proceso de maceración, para la muestra H04 seleccionada en el diseño experimental.

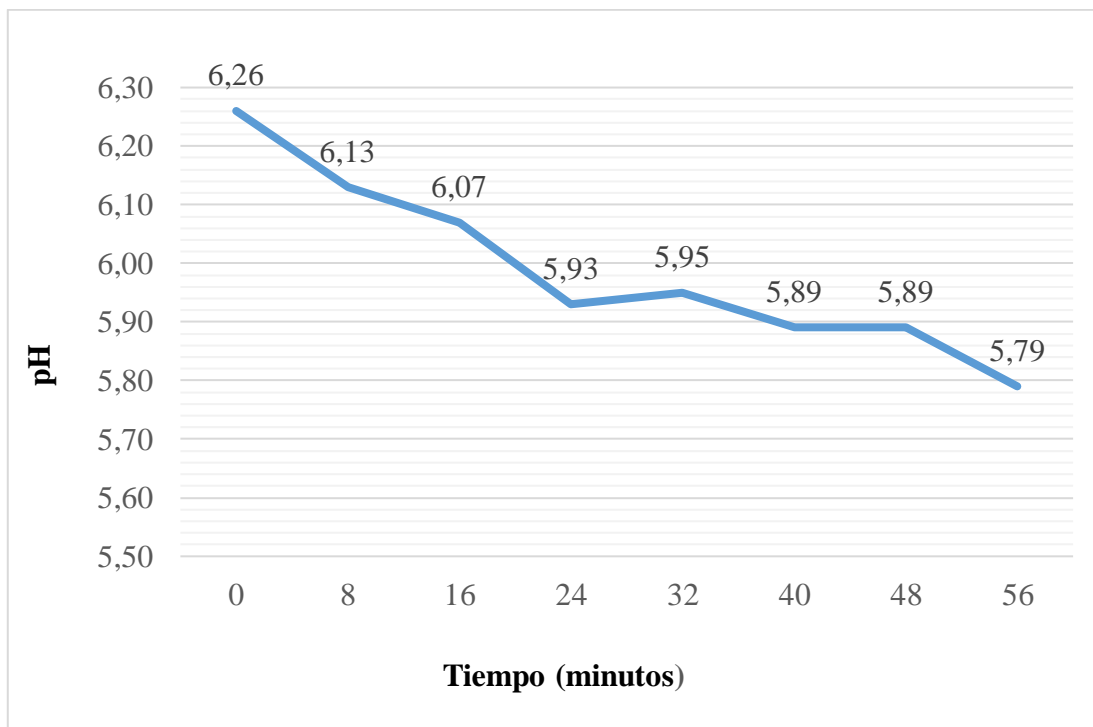
Tabla 4.32

Control de pH en el proceso de maceración

Tiempo (minutos)	pH
0	6,26
8	6,13
16	6,07
24	5,93
32	5,95
40	5,89
48	5,89
56	5,79

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.24, muestra la variación del pH en función del tiempo de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervicero y harina de amaranto del producto final.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.24: Valores de pH en el proceso de maceración

En la figura 4.24, se observa los valores de pH en el proceso de maceración para la muestra H04, se encuentra en un rango de (5,50-6,50). La valoración se realizó cada ocho minutos: al minuto 0 comenzó con 6,26; 8 minutos 6,13; 16 minutos 6,07; 24 minutos 5,93; 32 minutos 5,95; 40 y 48 minutos se mantuvo a 5,89 y los 56 minutos 5,79. se puede observar que la variación del tiempo afecta directamente al producto a mayor tiempo que transcurre el pH va disminuyendo.

4.6.3 Control de acidez (ácido láctico) en el proceso de maceración para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La tabla 4.33, se muestra los valores del control de la acidez (ácido láctico), la técnica se detalla en el (Anexo G.1) extraído del (Anexo G) en la etapa de maceración de la muestra H04, seleccionada en el diseño experimental.

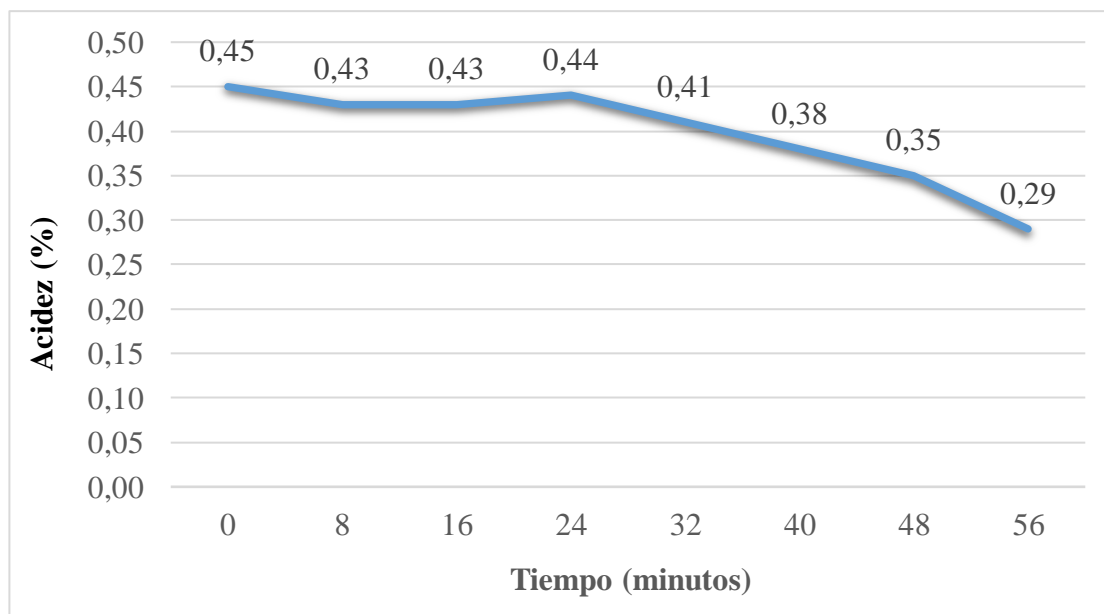
Tabla 4.33

Control de acidez en el proceso de maceración

Tiempo (minutos)	Acidez % (ácido láctico)
0	0,45
8	0,43
16	0,43
24	0,44
32	0,41
40	0,38
48	0,35
56	0,29

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.25, se muestra la variación de la acidez expresada en porcentaje en función del tiempo de maceración de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto del producto final.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.25: Valores de la acidez en el proceso de maceración

En la figura 4.25, se observa los valores de acidez en el proceso de maceración para la muestra H04, se encuentra en un rango de (0,20-0,50). La valoración se realizó cada ocho

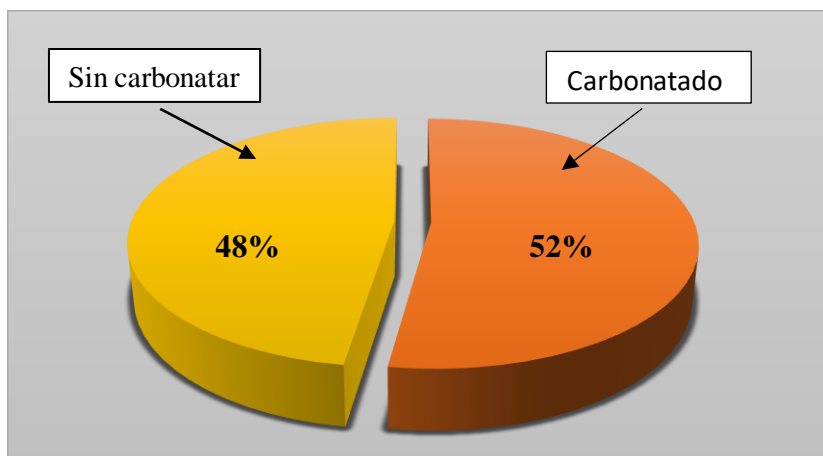
minutos: al minuto 0 comenzó con 0,45; 8 y 16 minutos 0,43; 24 minutos 0,44; 32 minutos 0,41; 40 minutos 0,38; 48 minutos 0,35 y 56 minutos 0,29. se puede observar que la variación del tiempo afecta directamente al producto, por lo que la acidez disminuye.

4.7 Selección del producto terminado carbonatado y sin carbonatar para la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

A nivel experimental se elabora las dos muestras finales una bebida con carbonatación y otra sin carbonatación, tomando en cuenta la muestra H04 (bagazo cervecero 31,44%, malta caramelo 1,57%, malta chocolate 1,31%, harina de amaranto 1,31%, agua 61.00%, azúcar 5% y otros 0,015%), la composición de las dos muestras es la misma en la dosificación. La evaluación sensorial de la prueba ,ediamte la T de student, compuesta por 19 jueces no entrenados.

4.7.1 Estadístico de T de Student para el producto final

La figura 4.26, muestra los porcentajes de la bebida carbonatada y sin carbonatar de acuerdo a la preferencia de los jueces de la tabla D.56 (Anexo D).



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.26: Estadística T de student del producto final

En la figura 4.26, se observa el porcentaje de torta en donde se muestra los resultados, el 52% representa a los jueces que indicaron la muestra H04 carbonatada es la más preferida para el consumo que la muestra H04 sin carbonatar (48%).

En base al análisis realizado de las muestras finales, se establece experimentalmente que la muestra de mayor preferencia por los jueces es la (H04 carbonatada), siendo esta la muestra final.

La tabla 4.34, muestra la formulación de la muestra final H04 de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.

Tabla 4.34

Dosificación final de la bebida

Muestra		
Componente	Porcentaje	Unidad
Bagazo cervecero	31,00	%
Malta caramelo	1,36	%
Malta chocolate	1,31	%
Harina de amaranto	1,31	%
Agua	61,00	%
Azúcar blanca	4,00	%
Otros	0,02	%

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.34, muestra la formulación en porcentajes de los insumos: bagazo cervecero 31,44%; malta caramelo 1,57%; malta chocolate 1,31%; harina de amaranto 1,31%; agua 61,00%; azúcar 5,00% y otros 0,02%.

4.8 Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicos del producto terminado carbonatado y sin carbonata

La tabla 4.35, muestra los resultados obtenidos de la composición fisicoquímica del producto final carbonatado extraído del (Anexo B).

Tabla 4.35

Análisis fisicoquímico de la bebida carbonatada

Parámetros	Resultado	Unidad
Azúcares reductores	1,26	%
Ceniza	0,14	%
Fibra	n.d	%
Grasa	0,33	%
Hidratos de carbono	12,96	%
Humedad	85,87	%
Proteína total (Nx6,25)	0,70	%
Valor energético	57,61	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.35, se observa que la bebida carbonatada contiene: azúcares reductores 1,26%; ceniza 0,14%; fibra n.d%; grasa 0,33%; hidratos de carbono 12,96%; humedad 85,87%; proteína total (Nx6,25) 0,70% y valor energético 57,61 Kcal/100g.

Para la muestra de bebida sin carbonatar, se muestran los resultados en la tabla 4.36.

Tabla 4.36

Análisis fisicoquímico de la bebida sin carbonatar

Parámetros	Resultado	Unidad
Azuceres reductores	1,73	%
Ceniza	0,11	%
Fibra	n.d	%
Grasa	0,45	%
Hidratos de carbono	12,17	%
Humedad	86,59	%
Proteína total (Nx6,25)	0,68	%
Valor energético	55,45	Kcal/100g

Fuente: CEANID, 2022

En la tabla 4.36, se observa que la bebida sin carbonatar contiene: azúcares reductores 1,73%; ceniza 0,11%; fibra n.d%; grasa 0,45%; hidratos de carbono 12,17%; humedad 86,59%; proteína total (Nx6,25) 0,68% y valor energético 55,45 Kcal/100g.

4.8.1 Análisis microbiológico de la bebida analcohólica

La tabla 4.37, muestra los resultados del análisis microbiológico del producto terminado carbonatado extraído del (Anexo B).

Tabla 4.37

Análisis microbiológico del producto final carbonatado

Microorganismos	Resultado	Unidad
Bacterias aerobias mesófilas	< 1,0x10 ¹ (*)	UFC/g
Coliformes fecales	< 1,0x10 ¹ (*)	UFC/g
Coliformes totales	< 1,0x10 ¹ (*)	UFC/g
Mohos y levaduras	4,00x10 ¹	UFC/g

Fuente: CEANID, 2022

La tabla 4.37, muestra que la bebida carbonatada contiene: bacterias aerobias mesófilas <1,0x10¹ (*) UFC/g; coliformes fecales <1,0x10¹ (*) UFC/g; coliformes totales <1,0x10¹ (*) UFC/g y Mohos y levaduras 4,00x10¹ UFC/g, Donde (*) = no se observa desarrollo de colonias.

Para el producto final de la bebida sin carbonatar, se muestran los resultados microbiológicos en la tabla 4.38.

Tabla 4.38

Análisis microbiológico del producto final sin carbonatar

Microorganismos	Resultado	Unidad
Bacterias aerobias mesófilas	< 1,0x10 ¹ (*)	UFC/g
Coliformes fecales	< 1,0x10 ¹ (*)	UFC/g
Coliformes totales	< 1,0x10 ¹ (*)	UFC/g
Mohos y levaduras	< 1,0x10 ¹ (*)	UFC/g

Fuente: CEANID, 2022

La tabla 4.38, muestra que la bebida sin carbonatar contiene: bacterias aerobias mesófilas <1,0x10¹ (*) UFC/g; coliformes fecales <1,0x10¹ (*) UFC/g; coliformes totales <1,0x10¹ (*) UFC/g y mohos y levaduras <1,0x10¹ (*) UFC/g. Donde (*) = no se observa desarrollo de colonias.

4.9 Control de °Brix, pH y acidez para el almacenamiento del producto terminado carbonatado y sin carbonatar

El control de °Brix, pH y acidez se la realiza en la muestra final H04 de la bebida carbonatada y sin carbonatar durante dos meses de almacenamiento cada siete días donde se hizo el control respectivo.

4.9.1 Control de °Brix en la bebida carbonatada y sin carbonatar durante el proceso de almacenamiento

En la tabla 4.39, se observa los datos obtenidos del proceso de almacenamiento para el producto terminado carbonatada y sin carbonatar de la muestra H04.

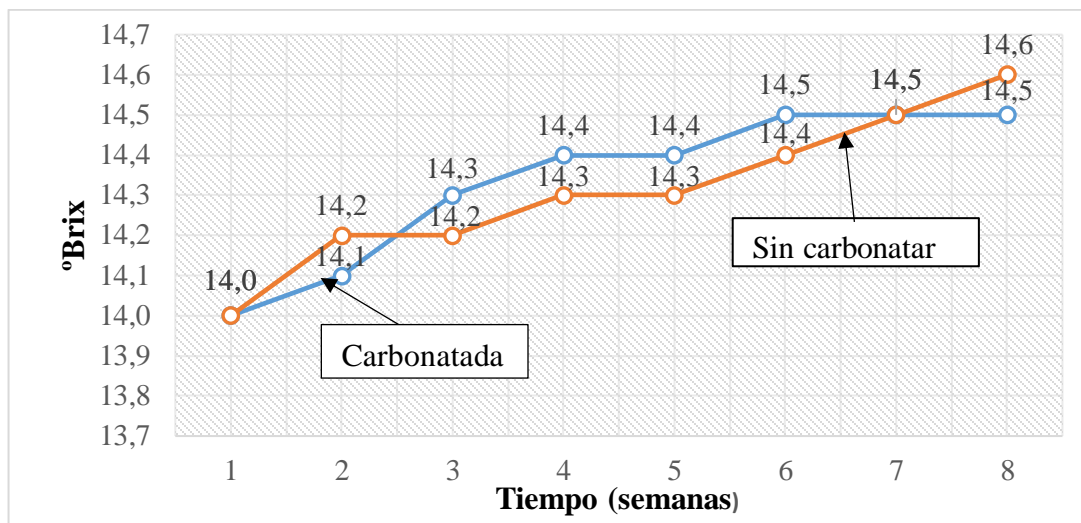
Tabla 4.39

Control de almacenamiento de °Brix

Tiempo (semanas)	°Brix carbonatada	°Brix sin carbonatar
1	14,0	14,0
2	14,1	14,2
3	14,3	14,2
4	14,4	14,3
5	14,4	14,3
6	14,5	14,4
7	14,5	14,5
8	14,5	14,6

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.27, muestra el control de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto carbonatado y sin carbonatar en la etapa de almacenamiento obtenidos de la tabla 4.30.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.27: Valores de °Brix en el almacenamiento de la bebida carbonatada y sin carbonatar

De acuerdo a la figura 4.27, el control que se realizó a la bebida carbonatada y sin carbonatar, se demuestra que la bebida sin gas tubo mayor concentración de °Brix. La valoración inicio con 14,00 °Brix; en la segunda semana subió a 14,10; tercera semana 14,30; cuarta y quinta semana se mantuvo en 14,40; sexta, séptima y octava semana se mantuvo con 14,50. Para la bebida sin gas inicio con 14,00 °Brix; segunda y tercera semana subió a 14,20; cuarta y quinta semana 14,30; sexta semana 14,40; séptima semana 14,50 y octava semana 14,60 °Brix. Por lo tanto. La bebida sin gas llegaría a concentrarse más que la bebida con gas, eso significa que el gas influye en el almacenamiento del producto en cuanto a los °Brix.

4.9.2 Control de pH en la bebida carbonatado y sin carbonatar durante el proceso de almacenamiento

En la tabla 4.40, se observa los datos obtenidos del almacenamiento del producto terminado carbonatado y sin carbonatar para un control de pH en un tiempo determinado de 8 semanas para verificar el estado organoléptico del producto final.

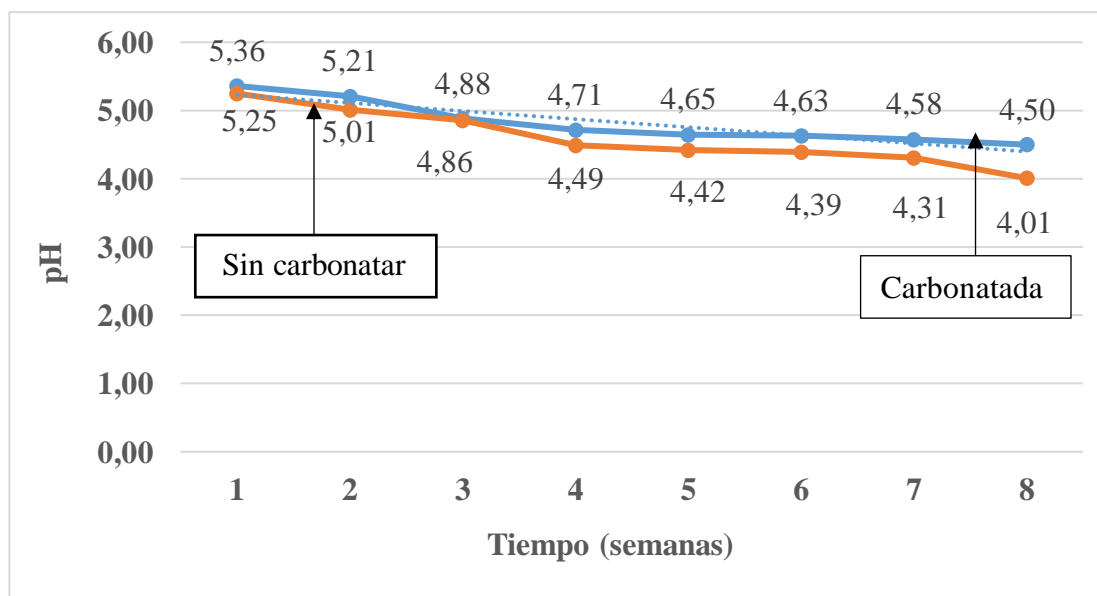
Tabla 4.40

Control de almacenamiento del pH

Tiempo (semanas)	pH carbonatada	pH sin carbonatar
1	5,36	5,25
2	5,21	5,01
3	4,88	4,86
4	4,71	4,49
5	4,65	4,42
6	4,63	4,39
7	4,58	4,31
8	4,50	4,01

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.28, muestra el control de pH de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto carbonatada y sin carbonatar en el proceso de almacenamiento obtenidos de la tabla 4.40.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.28: Valores de pH en el almacenamiento de la bebida carbonatada y sin carbonatar

De acuerdo a la figura 4.28, el control que se realizó a la bebida carbonatada y sin carbonatar, se demuestra que en la bebida sin gas hay más variación en los valores que

se obtuvieron, además que la muestra sin gas disminuye más el pH. La bebida sin gas inicio con 5,25; segunda semana 5,0; tercera semana 4,86; cuarta semana 4,49; quinta semana 4,42; sexta semana 4,39; séptima semana 4,31 y en la octava semana bajo a 4,01. La bebida con gas inicio con 5,36; segunda semana 5,21; tercera semana 4,88; cuarta semana 4,71; quinta semana 4,65; sexta semana 4,63; séptima semana 4,58 y octava semana finaliza con 4,50.

4.9.3 Control de acidez en la bebida carbonatada y sin carbonatar durante el proceso de almacenamiento

En la tabla 4.41, se puede observar los datos obtenidos del almacenamiento del producto terminado carbonatado y sin carbonatar para el control de acidez en un tiempo determinado de 8 semanas para verificar el estado organoléptico.

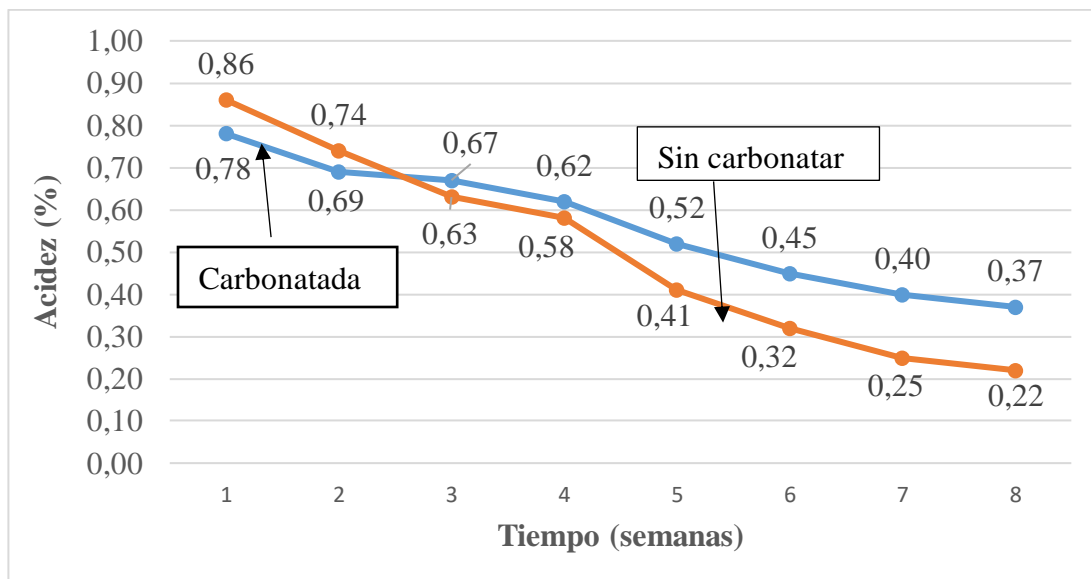
Tabla 4.41

Control de acidez en el almacenamiento

Tiempo (semanas)	Acidez (%) carbonatada	Acidez (%) sin carbonatar
1	0,78	0,86
2	0,69	0,74
3	0,67	0,63
4	0,62	0,58
5	0,52	0,41
6	0,45	0,32
7	0,40	0,25
8	0,37	0,22

Fuente: Elaboración propia

La figura 4.29, muestra el control de la acidez de la bebida analcohólica de bagazo cervicero y harina de amaranto carbonatada y sin carbonatar en el proceso de almacenamiento obtenido de la tabla 4.41.



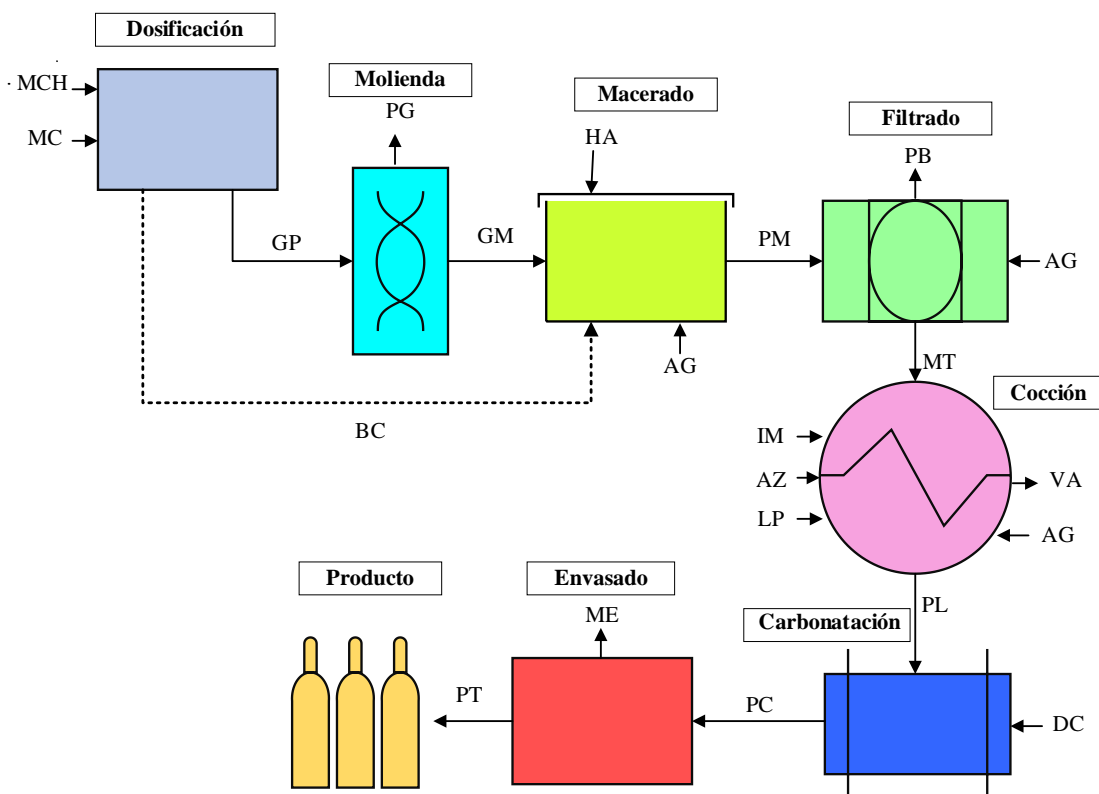
Fuente: Elaboración propia

Figura 4.29: Valores de acidez en el almacenamiento de la bebida carbonatada y sin carbonatar

De acuerdo a la figura 4.29, el control que se realizó a la bebida carbonatada y sin carbonatar, se demuestra que la bebida carbonatada tiene mayor acidez que la otra. Para la bebida sin carbonatar inicio con 0,86; segunda semana 0,74; tercera semana 0,63; cuarta semana 0,58; quinta semana 0,41; sexta semana 0,31; séptima semana 0,25 y octava semana con 0,22. Para la bebida con gas inicialmente con 0,78; segunda semana 0,69; tercera semana 0,67; cuarta semana 0,62; quinta semana 0,52; sexta semana 0,45; séptima semana 0,40 y la octava con 0,37.

4.10 Balance de materia en el proceso de elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

La figura 4.30, muestra el balance de materia general para el proceso de elaboración de bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto para un cálculo en base a 5000,00 g de bagazo cervecero que ingresa en el proceso de macerado.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.30: Balance de materia general para la elaboración de bebida alcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto

Donde:

BC= Bagazo cervecero (g)

MC= Malta caramelo (g)

MCH= Malta chocolate (g)

HA= Harina de amaranto (g)

AG= Agua (g)

AZ= Azúcar de mesa(g)

DC= Dióxido de carbono (G)

LP= Lúpulo cascade (g)

IM= Irish most (g)

PG= Pérdida de grano (g)

GM= Grano molido (g)

GP= Grano pesado (g)

PM= Producto macerado (g)

MT= Mosto (g)

PB= Pérdida de bagazo (g)

PL= Producto líquido (g)

PC= Producto carbonatado (g)

VA= Vapor de agua (g)

PT= Producto terminado (g)

ME= Merma (g)

4.10.1 Balance de materia en el proceso de molienda

Datos:

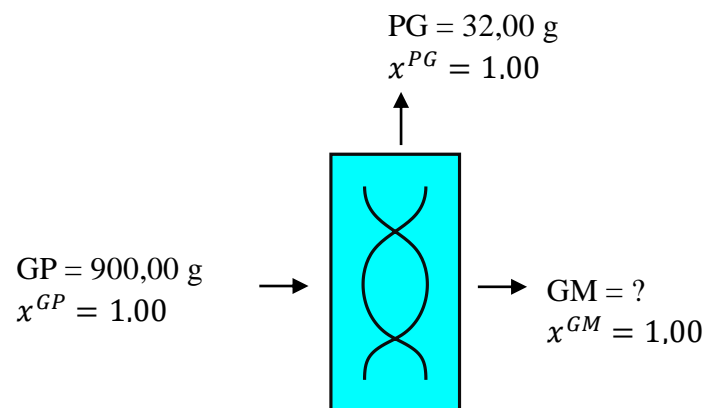
$$GP = 900,00 \text{ g}$$

$$PG = 32,00 \text{ g}$$

Donde:

$GP = \text{Grano pesado}$

$PG = \text{Perdida de grano}$



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.31: Proceso de molienda

➤ **Balance de materia general en el proceso de molido:**

$$GP = PG + GM \quad \text{Ecuación 4.1}$$

➤ **Balance de materia para hallar GM :**

$$GM = GP - PG \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$GM = 900,00 \text{ g} - 32,00 \text{ g}$$

$$GM = 868,00 \text{ g}$$

Donde:

GM = Grano molido (g)

➤ **Balance de materia parcial en el proceso de molido:**

$$GP * x^{GP} = PG * x^{PG} + GM * x^{GM} \quad \text{Ecuación 4.3}$$

Donde:

x^{GP} = Fracción parcial de sólido del grano pesado

x^{PG} = Fracción parcial de sólido de la pérdida de grano

x^{GM} = Fracción parcial de sólido del grano molido

4.10.2 Balance de materia en el proceso de macerado

Datos:

BC = 5000,00 g

GM = 868,00 g

HA = 300,00 g

AG = 11661,60 g

Donde:

BC = Bagazo cervecero

GM = Grano molido

HA = Harina de amaranto

AG = Agua

Transformar 12 L de agua en (m^3). Para calcular la cantidad de agua es necesario considerar la densidad del agua a 80°C, que es 971,80 Kg/m^3 .

$$\rho_{H_2O} = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho_{H_2O} * v$$

Ecuación 4.4

Donde:

ρ_{H_2O} = Densidad del agua a 80°C (Kg/m^3)

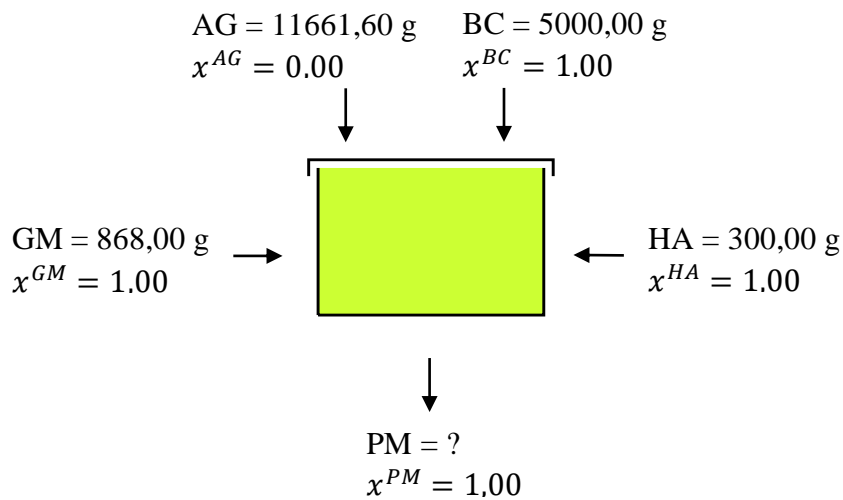
m = Masa del agua (g)

v = Volumen del agua (m^3)

$$L_7 = 12L * \frac{1,0 \times 10^{-3} m^3}{1L} = 0,012 m^3$$

Reemplazamos en la ecuación 4.3 para obtener los 12 L de agua en (g):

$$m = 971,80 \frac{Kg}{m^3} * 0,012 m^3 = 11,66 Kg * \frac{1000 g}{1Kg} = 11661,60$$



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.32: Proceso de macerado

➤ **Balance de materia general para el proceso de macerado:**

$$BC + GM + AG + HA = PM \quad \text{Ecuación 4.5}$$

$$PM = 5000,00 \text{ g} + 868,00 \text{ g} + 11661,60 \text{ g} + 300,00 \text{ g}$$

$$PM = 17829,60 \text{ g}$$

Donde:

PM = Producto macerado (g)

➤ **Balance de materia parcial en el proceso de macerado:**

$$BC * x^{BC} + GM * x^{GM} + AG * x^{AG} + HA * x^{HA} = PM * x^{PM} \quad \text{Ecuación 4.6}$$

Donde:

x^{BC} = Fracción parcial de sólido del bagazo cervecero

x^{GM} = Fracción parcial de sólido del grano molido

x^{AG} = Fracción parcial de sólido del agua

x^{HA} = Fracción parcial de sólido de la harina de amaranto

x^{PM} = Fracción parcial de sólido del producto macerado

4.10.3 Balance de materia en el proceso de filtración

Datos:

$$PM = 17829,60 \text{ g}$$

$$AG = 5830,80 \text{ g}$$

$$PB = 9578,40 \text{ g}$$

Donde:

PM = Producto macerado

AG = Agua

PB = Perdida de bagazo y lodo

Transformar 6 L de agua en (m^3). Para calcular la cantidad del agua es necesario considerar la densidad a 80°C que es $971,80 \text{ Kg}/m^3$

$$L_9 = 6 \cancel{\text{L}} * \frac{1,0 \times 10^{-3} m^3}{1 \cancel{\text{L}}} = 0,006 m^3$$

$$\rho_{H_2O} = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho_{H_2O} * v$$

Donde:

ρ_{H_2O} = densidad del agua a 80°C (Kg/m^3)

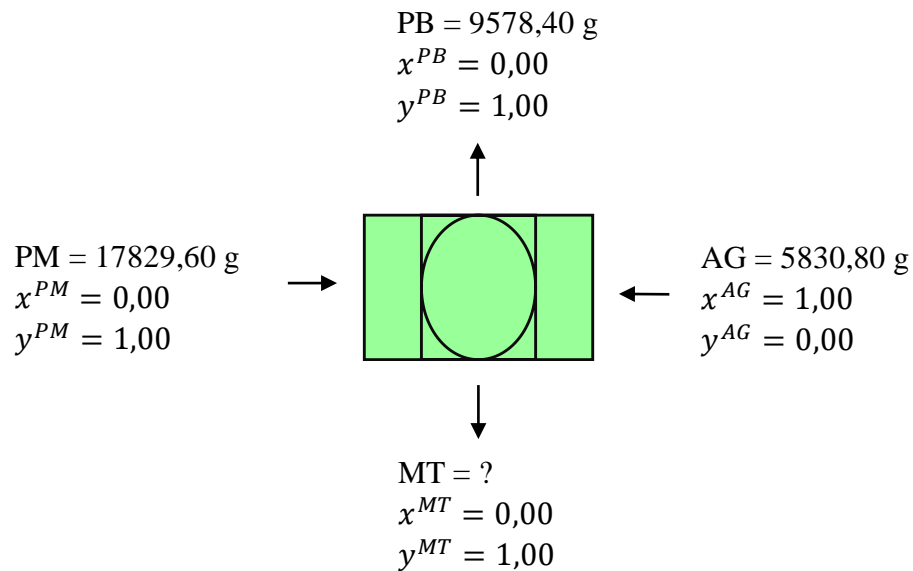
m = Masa de agua (g)

v = Volumen de agua en (m^3)

Reemplazamos en la ecuación 4.3 para obtener los 6 L de agua en (g)

$$m = 971,80 \frac{\text{Kg}}{m^3} * 0,006 m^3 = 5,83 \text{ Kg}$$

$$m = 5,83 \text{ Kg} * \frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ Kg}} = 5830,80 \text{ g}$$



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.33: Proceso de filtración

➤ **Balance de materia general para el proceso de filtrado**

$$PM + AG = DB + MT \quad \text{Ecuación 4.7}$$

➤ **Balance de materia para hallar MT:**

$$MT = PM + AG - DB \quad \text{Ecuación 4.8}$$

$$MT = 17829,60 \text{ g} + 5830,80 \text{ g} - 9578,40 \text{ g}$$

$$MT = 14082,00 \text{ g}$$

Donde:

PB = Perdida de bagazo y lodo (g)

MT = Mosto (g)

➤ **Balance de materia parcial en el proceso de filtrado:**

$$PM * x^{BC} + AG * x^{BC} = DB * x^{BC} + MT * x^{BC} \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Donde:

x^{PM} = Fracción parcial de sólido del producto macerado

x^{AG} = Fracción parcial de sólido del agua

x^{DB} = Fracción parcial de sólido desecho de lodo y bagazo

x^{MT} = Fracción parcial de sólido de mosto

4.10.4 Balance de materia en el proceso de cocción

Datos:

$$MT = 14082,00g$$

$$AZ = 1400,00g$$

$$LP = 4,78g$$

$$IM = 1,47g$$

$$VA = 1621,00g$$

$$AG = 5989,24g$$

Donde:

MT = Mosto

AZ = Azúcar

LP = Lúpulo moscade

IM = Irish moss

VA = Agua evaporada

AG= Agua

Transformar 6 L de agua en (m^3). Para calcular la cantidad de agua es necesario considerar la densidad a 20°C que es de 998,206 Kg/ m^3 .

$$L_9 = \cancel{6L} * \frac{1,0 \times 10^{-3} m^3}{\cancel{1L}} = 0,006 m^3$$

$$\rho_{H_2O} = \frac{m}{v} \Rightarrow m = \rho_{H_2O} * v$$

Donde:

ρ_{H_2O} = densidad del agua a 20°C (Kg/m³)

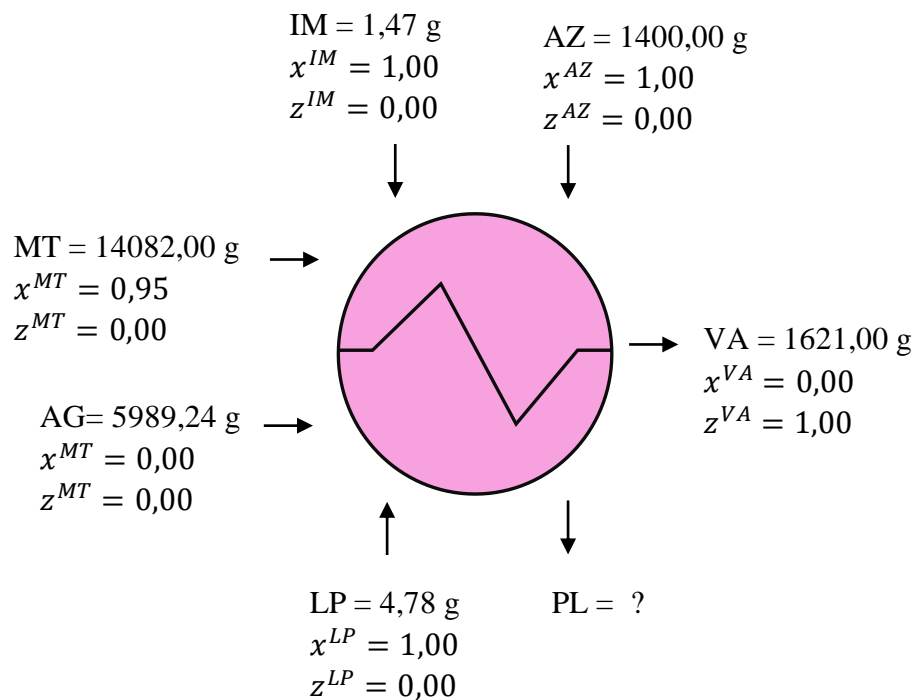
m = masa del agua (g)

v = volumen del agua (m³)

Reemplazamos en la ecuación 4.3 para obtener los 6 L de agua en (g):

$$m = 998,206 \cdot \frac{Kg}{m^3} \cdot 0,006 m^3 = 5,99 Kg$$

$$m = 5,99 Kg \cdot \frac{1000 g}{1 Kg} = 5989,24 g$$



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.34: Proceso de cocción

➤ **Balance de materia general para el proceso de cocción:**

$$MT + AZ + LM + IM + AG = VA + PL$$

Ecuación 4.10

➤ **Balance de muestra para hallar PL:**

$$PL = MT + AZ + LM + IM + AG - VA \quad \text{Ecuación 4.11}$$

$$PL = 14082,00 \text{ g} + 1400,00 \text{ g} + 4,78 \text{ g} + 1,47 \text{ g} + 5989,24 - 1621,00 \text{ g}$$

$$PL = 19856,49 \text{ g}$$

Donde:

PL = Producto líquido (g)

➤ **Balance de materia parcial en el proceso de cocción:**

$$MT * x^{MT} + AZ * x^{AZ} + LM * x^{LM} + IM * x^{IM} + AG * x^{AG} = \\ VA * x^{VA} + PL * x^{PL} \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Donde:

x^{MT} = Fracción parcial de sólido mosto

x^{AZ} = Fracción parcial de sólido del azúcar

x^{LM} = Fracción parcial de sólido lúpulo moscade

x^{IM} = Fracción parcial de sólido del irish most

x^{AG} = Fracción parcial de sólido del agua

x^{VA} = Fracción parcial de sólido del vapor de agua

x^{PL} = Fracción parcial de sólido del producto líquido

4.10.5 Balance de materia en el proceso de carbonatación

- ✓ A la hora de medir de alguna manera la cantidad de CO₂ que hay en una cerveza (o en cualquier líquido, a decir verdad), hablamos de “volúmenes de CO₂“. La teoría nos dice que 1 volumen de CO₂ se define como el mismo volumen de gas disuelto en la misma cantidad de líquido, se hablaría de que 1 volumen de CO₂ sería 1 litro de CO₂ disuelto en 1 litro de bebida. La mayoría de las

industrias se mueven en un rango de carbonatación de entre 2 y 3 volúmenes (Cervezomicòn, 2017).

- ✓ Según (Atares, 2020), Aunque el comportamiento habitual de los gases tiene cierto grado de complejidad, bajo ciertas condiciones la relación entre la presión que ejercen, la temperatura a la que se encuentran y el volumen que ocupan se simplifica mucho. En estas circunstancias será válida la ecuación de estado para los gases ideales, se muestra en la ecuación 4.13.

Datos

$$T = 3 \text{ }^{\circ}\text{C} + 273 = 276 \text{ }^{\circ}\text{K}$$

$$V = 3 \text{ Lt}$$

$$PH \text{ CO}_2 = 44 \text{ g/ml}$$

$$R = 0,082 \frac{\text{Lt} * \text{atm}}{\text{ }^{\circ}\text{K} * \text{mol}}$$

$$m = ?$$

$$P = \frac{2 \text{ bar}}{1} * \frac{0,987 \text{ atm}}{1 \text{ bar}} = 1,974 \text{ atm}$$

$$PV = n * R * T$$

Ecuación 4.13

$$P * V = \frac{n}{PM} * R * T$$

$$m = \frac{P * V * PM}{R * T}$$

$$m = \frac{1,974 \text{ atm} * 3 \text{ Lt} * 44 \text{ g/mol}}{0,082 \frac{\text{Lt} * \text{atm}}{\text{ }^{\circ}\text{K} * \text{mol}} * \frac{276 \text{ }^{\circ}\text{K}}{1}}$$

$$m = 11,51 \text{ g}$$

Datos:

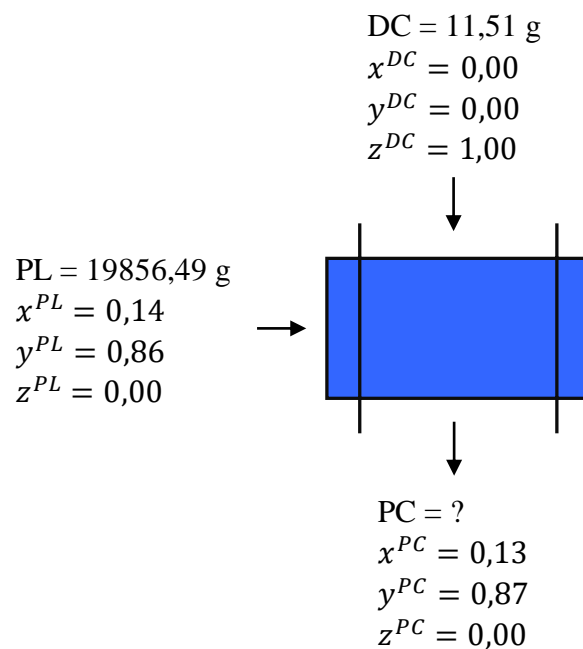
Donde:

$$PL = 19856,49 \text{ g}$$

$PL =$ Producto líquido

$$DC = 11,36 \text{ g}$$

$DC =$ Dióxido de carbono



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.35: Proceso de carbonatación

➤ **Balance de materia general:**

$$PL + DC = PC$$

Ecuación 4.14

➤ **Balance de materia para hallar PC :**

$$PC = 19856,49 \text{ g} + 11,51 \text{ g}$$

$$PC = 19868,00 \text{ g}$$

Donde:

$PC = \text{Producto carbonatado (g)}$

➤ **Balance de materia parcial en el proceso de carbonatación:**

$$PL * x^{MT} + DC * x^{MT} = PC * x^{MT} \quad \text{Ecuación 4.15}$$

Donde:

x^{PL} = Fracción parcial de sólido del producto líquido

x^{DC} = Fracción parcial de sólido del dióxido de carbono

x^{PC} = Fracción parcial de sólido del producto carbonatado

4.10.6 Balance de materia para el proceso de envasado

Datos:

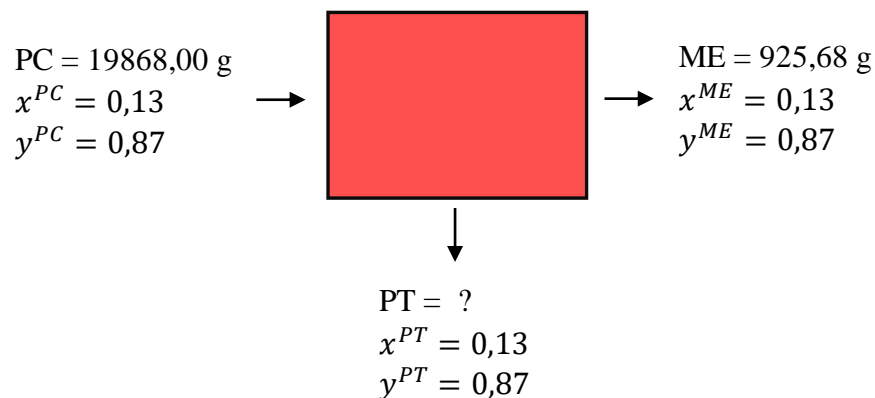
$$PC = 19867,85 \text{ g}$$

$$ME = 128,76 \text{ g}$$

Donde:

PC = Producto carbonatado

ME = Perdida de merma



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.36: Proceso de envasado

➤ **Balance de materia general:**

$$PC = ME + PT \quad \text{Ecuación 4.16}$$

➤ **Balance de materia para hallar PT:**

$$PT = PC - ME \quad \text{Ecuación 4.17}$$

$$PT = 19868,00 \text{ g} - 128,76 \text{ g}$$

$$PT = 19739,24 \text{ g}$$

Donde:

PT = Producto terminado (g)

➤ **Balance de materia parcial en el proceso de envasado:**

$$PC * x^{PC} = ME * x^{ME} + PT * x^{PT} \quad \text{Ecuación 4.18}$$

Donde:

x^{PC} = Fracción parcial de sólido del producto carbonatado

x^{ME} = Fracción parcial de sólido de la merma

x^{PT} = Fracción parcial de sólido del producto terminado

1 botella → 250g de producto

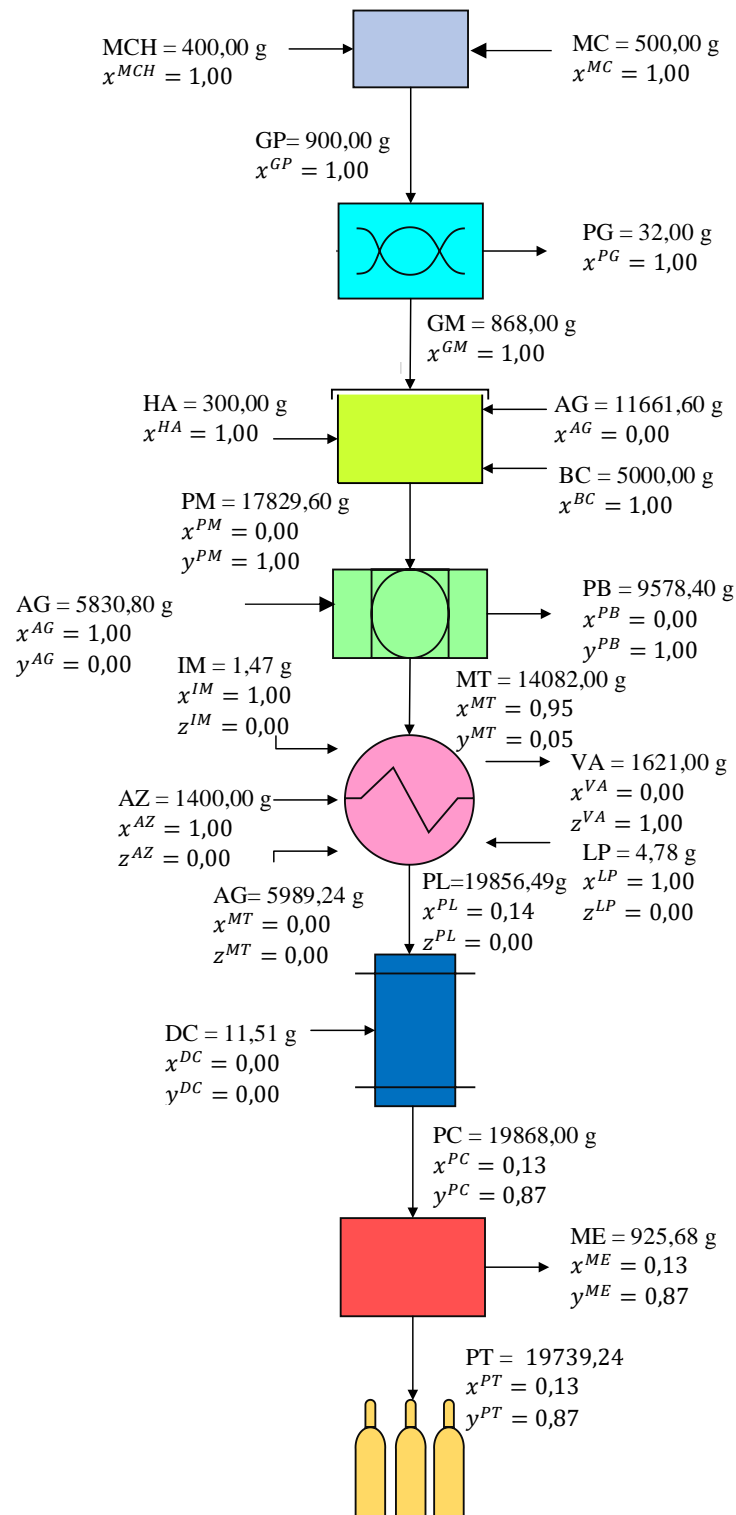
x → 19739,24 g de producto

$x = 79,21,86$

$x = 79$ botellas

4.10.7 Resumen del balance de materia en la elaboración de bebida analcohólica a base de malta y amaranto

En la figura 4.29, se puede observar el resumen del balance de materia global y parcial en el proceso de elaboración de “bebida analcohólica a base de malta y amaranto”.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4.37: Resumen del balance de materia

4.10.8 Rendimiento del proceso

$$\begin{aligned} \text{Flujo masico de entrada} &= \text{BC} + \text{MC} + \text{MCH} + \text{HA} + \text{AG} + \text{AG} + \text{AZ} + \text{AG} + \text{LP} + \text{IM} \\ &= 5000,00 + 500,00 + 400,00 + 300,00 + 5830,80 + 5830,80 + 1400,00 + 5989,24 + 4,78 + 1,47 \\ &= 25257,09 \text{ g} \end{aligned}$$

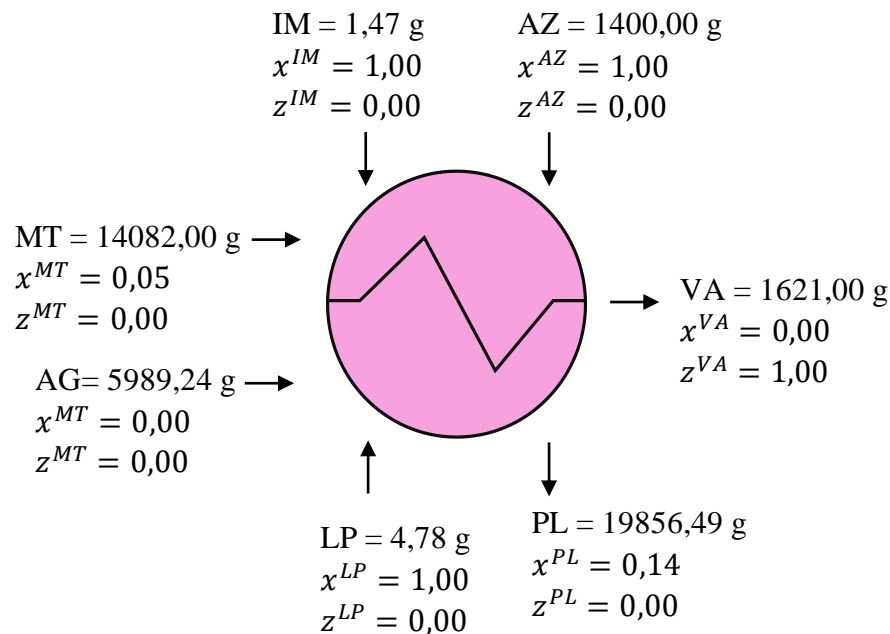
$$R = \frac{\text{producto obtenido (g)}}{\text{flujo masico de entrada (g)}} \times 100 \quad \text{Ecuación 4.13}$$

$$R = \frac{19803,09}{25257,09} * 100$$

$$R = 78 \%$$

4.10.9 Balance de energía en el proceso de cocción

Para realizar el balance de energía en el proceso de elaboración de una bebida alcohólica a base de malta y amaranto se tomó en cuenta el proceso de cocción para poder determinar la cantidad de calor requerida para la elaboración del producto y se muestra en la figura 4.36.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.38: Balance de energía en el proceso de cocción

➤ **Determinamos el calor de la olla de aluminio:**

Datos:

Q_{Al} = calor de la olla de aluminio

$m_{Al} = 2,60 \text{ Kg} = 2600,00 \text{ g}$

$C_{pAl} = 0,217 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$

$T_i = 20^\circ\text{C}$

$T_f = 90^\circ\text{C}$

$$Q_{Al} = m_{Al} * C_{pAl} * (T_f - T_i)$$

Ecuación 4.14

$$Q_{Al} = 2600,00 \text{ g} * 0,217 \frac{\text{Cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (90^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_{Al} = 39494 \text{ Cal} * \frac{1 \text{ Kcal}}{1000 \text{ cal}}$$

$$Q_{Al} = 39,49 \text{ Kcal}$$

➤ **Determinamos el calor del agua:**

Datos:

$Q_{H_2O} = ?$

$m_{H_2O} = 6 \text{ Kg} = 6000,00 \text{ g}$

$C_{pH_2O} = 1 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} * \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 0,001 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$

$T_i = 90^\circ\text{C}$

$T_f = 20^\circ\text{C}$

$$Q_{H_2O} = m_{H_2O} * C_{pH_2O} * (T_f - T_i)$$

$$Q_{H_2O} = 6000,00 \text{ g} * 0,001 \frac{\text{Kcal}}{\text{g}^\circ\text{C}} * (90^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C})$$

$$Q_{H_2O} = 420,00 \text{ Kcal}$$

🚦 **Determinamos el calor del vapor de agua:**

Datos:

$m_{\text{vapor}} = 1.621 \text{ Kg}$

$$\lambda_{H_2O} = 2,26 \times 10^6 \frac{\text{J}}{\text{Kg}} * \frac{1 \text{ Kcal}}{4185 \text{ J}} = 540,02 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}}$$

$$Q_{\text{vapor}} = m_{\text{vapor}} * \lambda_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$Q_{\text{vapor}} = 1,621 \text{ Kg} * (540,02 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg}})$$

$$Q_{\text{vapor}} = 875,37 \text{ Kcal}$$

✚ **Determinamos el calor del mosto:**

Datos:

$$Q_{\text{mosto}} = ?$$

$$C_{p_{\text{mosto}}} = 4182 \frac{\text{J}}{\text{Kg}^\circ\text{C}} = 4,182 \frac{\cancel{\text{J}}}{\text{g}^\circ\text{C}} * \frac{1 \text{ Kcal}}{4185 \cancel{\text{J}}} = 9,99 \times 10^{-4} \frac{\text{Kcal}}{\text{g}^\circ\text{C}}$$

$$L_{11} = m_{\text{mosto}} = 14367,6 \text{ g}$$

$$T_f = 90^\circ\text{C}$$

$$T_i = 20^\circ\text{C}$$

$$Q = m_{\text{mosto}} * C_{p_{\text{mosto}}} * \Delta T$$

$$Q = 14367,60 \text{ g} * 9,99 \times 10^{-4} \frac{\text{Kcal}}{\cancel{\text{g}^\circ\text{C}}} * (90 - 20)^\circ\text{C}$$

$$Q = 1004,73 \text{ Kcal}$$

✚ **Realizamos la suma de los valores de calor que obtuvimos para hallar el calor total que se requiere en la etapa de cocción:**

$$Q_T = Q_{\text{Al}} + Q_{\text{H}_2\text{O}} + Q_{\text{vapor}} + Q_{\text{mosto}}$$

$$Q_T = 39,49 \text{ Kcal} + 420,00 \text{ Kcal} + 875,37 \text{ Kca} + 1004,73 \text{ Kcal}$$

$$Q_T = 2339,59 \text{ Kcal}$$

Q_{RE} = el calor que se requiere para el proceso de cocción es de es de 2339,59 Kcal

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- ✚ De acuerdo al análisis fisicoquímico obtenidos, se puede observar que el bagazo cervecero contiene: azúcares totales 3,90 %; ceniza 0,78%; fibra 1,42%.; grasa 1,46 %; hidratos de carbono 12,94 %; humedad 77,81 %; proteína total (Nx6,25) 5,59 %; valor energético 87,26 Kcal/100g también contiene calcio 12 mg/100g y fosforo 7,90 mg P/100g en la parte microbiológica se realizó coliformes totales $1,70 \times 10^3$,UFC/g y mohos y levaduras $6,20 \times 10^2$ UFC/g. Donde no se observa desarrollo de colonias.
- ✚ Para los otros insumos alimentarios se tiene malta caramelo contiene: azúcares totales 8,80 %; ceniza 3,33%; fibra 3,22%.; grasa 1,54%; hidratos de carbono 76,01%; humedad 6,05 %; proteína total (Nx6,25) 9,75% y valor energético 356,90 Kcal/100g. se puede observar los resultados microbiológicos de la malta caramelo que contiene: coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g y Mohos y levaduras $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g. Donde (*) = no se observa desarrollo de colonias.
- ✚ Para la malta chocolate contiene: azúcares totales 7,24%; ceniza 2,36%; fibra 9,72%.; grasa 1,46%; hidratos de carbono 67,14%; humedad 3,08 %; proteína total (Nx6,25) 11,36% y valor energético 327,14 Kcal/100g, se puede observar el resultado microbiológico de la malta chocolate que contiene: coliformes totales $< 1,0 \times 10^1$ (*) UFC/g. Donde (*) = no se observa desarrollo de colonias.
- ✚ Para la harina de amaranto contiene: ceniza 2,54%; fibra 2,96%.; grasa 7,67%; hidratos de carbono 68,59%; humedad 4,12%; proteína total (Nx6,25) 14,12% y valor energético 359,87 Kcal/100g, se puede observar que la harina de amaranto contiene calcio 124,00 mg/100g. se puede observar el resultado

microbiológico de la harina de amaranto que contiene: coliformes totales $2,9 \times 10^3$ UFC/g.

- ✚ Para la selección de la prueba preliminar de la bebida analcohólica, se procede a tomar en cuenta dieciséis muestras divididas en cuatro grupos de las cuales se seleccionaron tres muestras (2548, 7412 y 8523) que fueron seleccionadas de manera subjetiva para lograr obtener la muestra ideal de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.
- ✚ Aplicando el diseño factorial 2^3 en el proceso de maceración, de acuerdo al análisis estadístico de varianza se establece que el factor (B) temperatura es significativo en el proceso para un nivel de significancia $\alpha=0,05$. Se evidencia que a mayor temperatura el valor de ^aBrix es mayor, para el contenido de pH y acidez la relación es inversa, pues a menor temperatura menor es el contenido de pH y acidez.
- ✚ De acuerdo a la evaluación sensorial para elegir la muestra experimental se seleccionaron tres muestras de ocho la muestra H01, H04 y H05 fueron las elegidas por los jueces en una escala de cinco de la muestra, tomando en cuenta los atributos color, olor, sabor, cuerpo y amargor, los resultados indican que no existe diferencia significativa para $\alpha= 0.05$.
- ✚ Para el producto final se puede observar que la bebida carbonatada contiene: Azúcares reductores 1,26%; ceniza 0,14%; fibra n.d%; grasa 0,33%; hidratos de carbono 12,96%; humedad 85,87%; proteína total 0,70% y valor energético 57,61 Kcal/100g. se puede observar que la bebida sin carbonatar contiene: Azúcares reductores 1,73%; ceniza 0,11%; fibra n.d%; grasa 0,45%; hidratos de carbono 12,17%; humedad 86,59%; proteína total 0,68% y valor energético 55,45 Kcal/100g.

- ✚ En la parte microbiológica del producto final que la bebida carbonatada presenta: bacterias aerobias mesófilas $< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g; coliformes fecales $< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g; coliformes totales $< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g y Mohos y levaduras $4,00 \times 10^1$ UFC/g y la bebida si carbonatar presenta: bacterias aerobias mesófilas $< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g; coliformes fecales $< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g; coliformes totales $< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g y Mohos y levaduras $< 1.0 \times 10^1$ (*) UFC/g. Donde (*) = no se observa desarrollo de colonias.

- ✚ Se determino un control de almacenamiento de la muestra H04 en los parámetros de °Brix, pH y acidez a la muestra seleccionada para el producto en bebida carbonatada y sin carbonatar durante 2 meses de almacenamiento cada 7 días se realizó el control de la misma.

- ✚ Según el balance de materia de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto se obtuvo **19739, 24 g** de producto y un rendimiento del 78%. Sobre el balance de energía del balance de energía en la etapa de cocción, la cantidad de calor necesario es de **2339, 59 Kcal**.

5.2 Recomendaciones

- ✚ Se recomienda realizar estudios sobre la vida útil de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto en base a los métodos de envasado. Así mismo, se sugiere la utilización de envases de vidrio que tengan un lavado semi industrial con fin de garantizar la durabilidad del producto.
- ✚ Se recomienda la implementación de una línea de producción de bebidas analcohólicas para la microempresa “CEPA DORADA” debido a que se demostró que si coadyuvara a la parte económica de la cervecería artesanal.
- ✚ A nivel experimental se recomienda tomar en cuenta estudiar otras etapas del proceso como ser en la etapa de cocción y carbonatación para obtener otras variables respuestas de la bebida analcohólica de bagazo cervecero y harina de amaranto.
- ✚ Del mismo modo también se recomienda mejorar el equipamiento para la elaboración de bebidas en la carrera de ingeniería de alimentos, se cuenta con algunos equipos, pero se necesitan de más tecnología para el filtrado, por ejemplo.