

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA DE LOS RECURSOS
NATURALES**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA DE
LOS RECURSOS NATURALES**

**TEMA: BEBIDAS FERMENTADAS EN BASE A “MAÍZ NEGRO” *ZEA MAYS*
L. POACEAE; CON EL ECO TIPO “RACIMO DE UVA” Y LA VARIEDAD
“MISHCA” DE LA SERRANÍA ECUATORIANA**

**AUTORES:
GALO MARTÍN GALECIO NARANJO
CRISTIAN FERNANDO HARO NAZATI**

**DIRECTOR:
CHRISTIAN LARENAS**

Quito, Noviembre del 2012

DECLARACIÓN

Yo, Cristian Fernando Haro Nazati, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Politécnica Salesiana, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de prioridad intelectual, por su reglamento y por su normatividad institucional vigente.

Cristian Fernando Haro Nazati
CI: 060356263-8

DECLARACIÓN

Yo, Galo Martín Galecio Naranjo, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación personal; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Politécnica Salesiana, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley de prioridad intelectual, por su reglamento y por su normatividad institucional vigente.

Galo Martín Galecio Naranjo
CI: 171687654-3

DEDICATORIA

Quiero dedicar la presente investigación primeramente a Dios quien me ha dado la salud y la fortaleza para terminar este proyecto, a mis padres Carlos Haro y Elsitá Nazati por creer en mí y estar siempre a mi lado, brindándome su inmenso amor, comprensión y apoyo incondicional.

“Lo más importante para enfrentar cada etapa de mi vida, es saber que tengo la bendición de Dios y a mis queridos padres”.

“Los logros más importantes no se miden solo por los resultados, sino por el esfuerzo que ponemos en realizarlos”.

Fernando Haro

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana y a todos los maestros, quienes en este proceso educativo han aportado con su granito de arena para mi enriquecimiento y formación tanto académico, profesional y humano.

A la Ing. Elena Villacréz MSc, investigadora del departamento de nutrición y calidad (INIAP), por la colaboración prestada en la realización de este proyecto, por sus consejos y su paciencia y por ser una persona con grandes valores.

Al Químico Christian Larenas director de este trabajo de investigación, por su colaboración en el desarrollo del mismo.

También me complacería agradecer a la Ing. Diana Calero Directora de la Carrera, al Dr. Marco Cerna y la Ing. María Belén Aldas, por las sugerencias, recomendaciones y todas las aportaciones brindadas, que fueron valiosas para la elaboración de esta investigación.

Y a todas las demás personas que de una u otra manera aportaron en el desarrollo de este trabajo, les doy mis sinceros agradecimientos.

Fernando Haro

INDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I	5
1 GENERALIDADES	5
1.1 Tema	5
1.2 Hipótesis	5
1.3 Objetivos	6
1.3.1 General	6
1.3.2 Específicos	6
1.4 Justificación	7
CAPÍTULO II	8
2 MARCO TEÓRICO	8
2.1 Fundamento teórico de la fabricación de la bebida fermentada	8
2.1.1 Materias primas	8
2.2 La fermentación	12
2.2.1 Biología de las fermentaciones con levaduras	13
2.2.2 Condiciones necesarias para realizar una fermentación alcohólica	14
2.2.3 Factores a controlar en la fermentación alcohólica	15
2.3 Proceso tecnológico	16
2.3.1 Malteo	16
2.3.1.1 Remojo	16
2.3.1.2 Germinación	17
2.3.1.3 Tostado	18
2.3.2 Preparación del mosto	18
2.3.2.1 Molienda de la Malta	18
2.3.2.2 Maceración	19
2.3.2.3 Cocción y adición de lúpulo al mosto	19
2.3.2.4 Enfriamiento	20
2.3.2.5 Carbonatado y envasado	20
2.4 Fermentaciones específicas	21
2.4.1 Chicha	21
2.4.2 Cerveza	22
2.4.2.1 Clases de cerveza	22

2.4.2.1.1 Cervezas de fermentación Alta	23
2.4.2.1.2 Cervezas de Fermentación baja	23
2.5 Parámetros analizados en bebidas fermentadas	24
2.5.1 Humedad	24
2.5.2 Maceración	25
2.5.3 Fermentación	25
2.5.4 Caracterización físico - química de la cerveza madura	26
2.5.5 Perfil funcional de la bebida	26
2.5.6 Compuestos inorgánicos en la cerveza	27
2.5.7 Análisis Microbiológico de la Cerveza	27
2.6 El maíz Negro	28
2.6.1 Origen	28
2.6.2 Raíz	30
2.6.3 Semillas	30
2.6.4 Tallo	30
2.6.5 Hojas	30
2.6.6 Inflorescencia masculina	30
2.6.7 Inflorescencia femenina	30
2.6.8 Composición química de la semilla del maíz:	31
2.6.9 Usos	33
CAPÍTULO III	34
3 MARCO METODOLÓGICO	34
3.1 Materiales	34
3.1.1 Material Vegetal	34
3.1.2 Equipo y materiales de laboratorio	34
3.2 Diseño Metodológico	35
3.2.1 Determinar la composición química de dos variedades de maíz	35
3.2.2 Desarrollo del procedimiento para elaborar una bebida fermentada	44
3.2.2.1 Determinación de las condiciones necesarias para la hidratación de las dos variedades de maíz	44
3.2.2.2 Determinar la influencia de la temperatura de maceración de la harina germinada sobre la sacarificación del almidón.	47
Se pretende determinar la temperatura ideal para que la harina germinada del maíz se hidrolice en azúcares fermentables.	47
3.2.2.3 Determinar las condiciones necesarias para la fermentación de los mostos provenientes de dos variedades de maíz	54
3.2.3 Evaluar las características físicas y la composición química de la bebida obtenida	57

CAPÍTULO IV	74
4. RESULTADOS Y DISCUSION	74
4.1 Determinación de las características físico-químicas de dos variedades de maíz.	74
4.2 Desarrollo del procedimiento para elaborar una bebida fermentada	78
4.2.1 Determinación de las condiciones necesarias para la hidratación de las dos variedades de maíz.	78
4.2.1.1 Humedad absorbida	79
4.2.2 Determinar la influencia de la temperatura de maceración de la harina germinada sobre la sacarificación del almidón	81
4.2.2.1 Sólidos solubles	81
4.2.2.2 pH	84
4.2.2.3 Acidez	86
4.2.2.4 Poder diastásico	89
4.2.2.5 Extracto de malta	91
4.2.3 Determinar las condiciones necesarias para la fermentación de los mostos provenientes de dos variedades de maíz.	94
4.2.3.1 Sólidos solubles	94
4.2.3.2 Porcentaje de alcohol	97
4.3 Evaluación de las características físicas y la composición química de la bebida obtenida	99
4.3.1 Minerales totales	106
4.3.2 Análisis Microbiológico	108
4.3.3 Evaluación sensorial	110
4.3.3.1 Bebida fermentada a base de maíz negro	111
4.3.3.2 Bebida fermentada a base de la combinación maíz negro-maíz blanco	114
CAPÍTULO V	118
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	118
5.1 CONCLUSIONES	118
5.2 RECOMENDACIONES	120
CAPÍTULO VI	122
6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	122
CAPÍTULO VII	125
7 ANEXOS	125

RESUMEN

La presente investigación tiene por objeto el aprovechamiento del maíz como suplemento altamente nutricional y por su gran contenido de compuestos fenólicos especialmente antocianinas y taninos, y su empleo en la elaboración de bebidas fermentadas. Las semillas de maíz negro “*racimo de uva*” y maíz blanco “*mishca*” fueron adquiridas en la provincia de Imbabura cantón Cotacachi. El estado de madurez de las plantas fue de 180 días.

El saborizante escogido es extraído de los conos femeninos de la planta de lúpulo (*Humulus lupulus*). Se trabajó con dos tipos de muestras una solo a base de maíz negro y otra con maíz blanco y negro. Se hidrató al maíz negro por 24 horas y al maíz blanco por 48 horas, se germinó por 7 días a las 2 variedades y se lo secó por 24 horas a 65 °C.

Posteriormente se trituró el grano y se sometió a infusión en agua a 70 grados centígrados por 90 minutos. El resultado de este proceso se denomina mosto. Para que se dé el proceso fermentativo se añadió levadura liofilizada al mosto frío y se lo dejó fermentar por 15 días y como agente saborizante se añadió conos femeninos de la planta de lúpulo (*Humulus lupulus*). De cada una de las muestras se realizó cuatro tratamientos con tres repeticiones cada uno con la finalidad de obtener datos estadísticos que avalen los resultados obtenidos.

Finalmente, se evaluaron las características físico químicas como pH, grado alcohólico, acidez, antocianinas, taninos, minerales, de la bebida obtenida, así como también pruebas microbiológicas que prueben la inocuidad de la misma. Los resultados obtenidos permiten concluir que la bebida fermentada a base de maíz negro “*racimo de uva*” puede ser considerada una bebida con propiedades nutritivas, antioxidantes y funcionales.

Los compuestos de mayor interés son las antocianinas que presentan una absorbancia de 0.081 nm y los taninos con una concentración de 54.1496 ppm, además de contar con alto porcentaje de minerales que la hacen una bebida altamente nutritiva.

Palabras clave: bebidas fermentadas, antocianinas, taninos, *racimo de uva, mishca*.

ABSTRACT

This research aims to use corn as a highly nutritional supplement and because of its high content of phenolic compounds especially anthocyanins and tannins, use it in the preparation of fermented beverages. The black corn seed "cluster of grapes" and white corn "*Mishca*" were acquired in Cotacachi Imbabura province. The maturity of the plants was 180 days. The chosen flavor is extracted from the female cones of the hop plant (*Humulus lupulus*). For this investigation 2 types of samples were used: a single black corn-based and one white corn and black. Was hydrated black corn for 24 hours and white corn for 48 hours, germinated for 7 days and dried for 24 hours at 65 °C.

Thereafter the grain was ground and subjected to infusion in water at 70 °C for 90 minutes. The result of this process is called wort. To achieve the fermentation process lyophilized yeast was added to the wort cold and let it ferment for 15 days and as a flavoring agent was added female cones of the hop plant (*Humulus lupulus*). In each of the samples were performed four treatments with three replicates in order to obtain statistical data substantiating the results obtained. Finally the chemical and physical characteristics pH, alcohol content, acidity, anthocyanins, tannins, minerals of the beverage obtained, was evaluated as well as microbiological testing to prove its safety. The obtained results indicate that fermented drinking black corn-based "grape cluster" can be considered a nutritional, antioxidant and functional drink. The compounds of interest are the anthocyanins which have absorbance 0.081 nm and a concentration of tannins 54.1496 ppm, in addition to high percentage of minerals that make it a highly nutritious drink.

Keywords: fermented beverages, anthocyanins, tannins, grape cluster, mishca.

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador se encuentran diferentes variedades de maíces (*Zea mays*) con distintas propiedades nutricionales y funcionales, tal es el caso del ecotipo “*Racimo de uva*” (*Zea mays L.*) tradicionalmente utilizado en la elaboración de la colada morada, debido a su color morado característico. Cuenta con concentraciones altas en compuestos fenólicos (Mayorga, 2010) responsables de su color y una concentración considerable de actividad alfa amilásica (Figuroa, 1985), permitiendo al ecotipo “*racimo de uva*” ser considerado un alimento con propiedades nutritivas, antioxidantes y funcionales; y como propone esta investigación, ser usado en bebidas fermentadas, ya que es un campo poco explorado en la elaboración de alimentos y de gran aceptación.

Sin embargo, la industria de alimentos no ha sabido explotar estas cualidades (Chávez, 2000), perdiendo la capacidad nutricional de las bebidas, sobre todo las que contienen compuestos fenólicos como los que otorga el maíz negro, que cuenta con propiedades farmacológicas con efectos anticancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios; además de ser poderosos antioxidantes (Mayorga, 2010).

Bajo este contexto es necesario conocer si es posible elaborar bebidas de alto valor nutricional, a las que aplicando tecnologías adecuadas permitan elaborar un producto fermentado que conserve tales características, logrando captar el interés de investigadores en el ámbito de la nutrición y la salud (Mazza, 2000).

De esta manera, esta investigación expondrá la metodología para lograr una bebida fermentada que conserve dichas propiedades y además cuente con características organolépticas idóneas, ofreciendo al consumidor un producto con una tendencia hacia estilos de vida más saludables y orientados al bienestar.

CAPÍTULO I

1 GENERALIDADES

1.1 Tema

Bebidas fermentadas en base a “maíz negro” *Zea mays L. Poaceae*; con el eco tipo “racimo de uva” y la variedad “mishca” de la serranía ecuatoriana

1.2 Hipótesis

- Ho. La bebida fermentada de la combinación de maíz negro y maíz blanco no posee características aceptables para el consumo humano.
- Ha. La bebida fermentada de la combinación de maíz negro y maíz blanco posee características aceptables para el consumo humano.

1.3 Objetivos

1.3.1 General

- Desarrollar y evaluar el proceso para la elaboración de una bebida fermentada en base a “maíz negro” *Zea mays L. Poaceae*; con el eco tipo “racimo de uva” y la variedad “mishca” de la serranía ecuatoriana

1.3.2 Específicos

- Determinar la composición química de las dos variedades de maíz
- Desarrollar el procedimiento para elaborar una bebida fermentada.
- Evaluar las características fisicoquímicas de la bebida fermentada obtenida a base de las 2 variedades de maíz
- Aplicar análisis estadístico a los objetivos antes mencionados

1.4 Justificación

Según estudios realizados al maíz negro (*Zea mays L.*) variedad “racimo de uva” éste cuenta con un potencial nutricional y funcional que debería utilizarse de la mejor manera para aprovechar sus propiedades como: su alto contenido de taninos 82.7 mg/g, polifenoles 57.82 mg/100g, antocianinas 1.81ppm. (Mayorga, 2010), y una actividad enzimática alta por lo cual se hace necesario utilizar tecnologías para obtener un producto fermentado que conserve estas características. La funcionalidad en los alimentos proporciona beneficios más allá de la nutrición básica ya que mejora una o varias funciones en el organismo, el maíz negro es un alimento funcional por sus características antioxidantes. En el Ecuador existe una alta variedad de razas de maíz (29 razas reconocidas de las cuales 18 pertenecen a la sierra) entre las que se incluyen: cuzco ecuatoriano, canguil ecuatoriano, racimo de uva, chillos huandango, morochón, patillo y kcello y otras que han sido generadas tales como: chaucho, mishca, blanco blandito, guagal, shima y chulpi. Por dicha variabilidad se pueden encontrar diferencias en sus aspectos nutricionales y reológicos que deberían ser utilizados de diferente manera para así obtener productos con valor agregado. El poco consumo del maíz negro se debe al desconocimiento de sus propiedades como antioxidante. Con este trabajo se pretende dar un mejor uso de este cereal como parte de la dieta normal de las personas, además de elaborar un producto que conserve inocuamente sus características nutritivas y funcionales (Yáñez, 2007).

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamento teórico de la fabricación de la bebida fermentada

2.1.1 Materias primas

- Malta

(Hough 1990), manifiesta que, la materia prima fundamental para la fermentación específica (chicha, malta) es la malta; proporciona sustratos y enzimas apropiados para obtener un extracto soluble o mosto. La malta debe proporcionar este extracto fácilmente y de forma barata; también debe proporcionar cascarilla, que forma un eficaz lecho filtrante para la clarificación del mosto. El almidón es el más valioso constituyente de la malta. Cuanto más almidón exista en el grano, más extracto total se puede esperar en la malta.

Las enzimas más importantes en el malteado y en la elaboración de cerveza son las amilasas α y β . Los productos de la α amilasa son fundamentalmente carbohidratos complejos denominados dextrinas, ramificadas y lineales. La β amilasa libera también dextrinas ramificadas, pero su principal producto es la maltosa. A la α amilasa se la denomina con frecuencia, enzima dextrinizante y a la β amilasa enzima sacarificante. Para el fabricante de cerveza, la maltosa es un azúcar fácilmente fermentescible y el principal constituyente del mosto. La β amilasa se encuentra ya en la cebada antes de su germinación, aunque gran parte de ella es inactiva. Por el contrario la α amilasa se sintetiza cuando comienza la germinación, desencadenada por acción de las giberelinas. (Belitz y Grosch, 1997).

- **Lúpulo**

El lúpulo (*Humulus lupulus*) es una planta trepadora dioica, de usos múltiples, pertenece a la familia de los Cannabaceae, pariente cercano del cáñamo, guarda cierto parecido con éste y sus tallos se usan en la fabricación de fibras textiles. El lúpulo, es también usado en medicina. La industria cervecera elevó la producción de esta planta a nivel industrial, pues el hombre eligió al lúpulo entre todas las otras hierbas con las que experimentó en la historia de sus cervezas, por sus extraordinarias capacidades aromáticas, saborizantes y antisépticas, ya que el uso del lúpulo en el mosto, previene las infecciones indeseables en el estado inicial de la fermentación. La sustancia que produce el sabor amargo es la lupulina. Ésta se localiza en unas pequeñas glándulas ubicadas en la base de los pétalos de la flor. Además, el lúpulo es rico en aceites esenciales que dan el perfume o aroma característico a una cerveza bien elaborada y lupulada con generosidad en la que se han utilizado cultivares finos o nobles. La industria del lúpulo ha logrado presentar el producto en cuatro clases, que van desde la flor entera, pasando por la flor pulverizada y peletizada, hasta llegar al lúpulo en pasta y los aceites destilados de la flor. El lúpulo peletizado conserva en altos porcentajes el aroma, sabor y en general la calidad estable del producto (Carvajal, 2000).

Como clarificador contribuye a la precipitación de las proteínas del mosto, modifica el carácter de éste hacia un aroma específico y sabor amargo, contribuye a la conservación de la cerveza en virtud de las sustancias antibióticas que contiene y, debido a su contenido en pectina, favorece la formación de espuma. (Belitz y Grosch, 1997).

a. Composición química de los conos femeninos

Los componentes más importantes del lúpulo son las sustancias amargas. En el lúpulo fresco están presentes preferentemente en forma de ácidos alfa- amargos (humulona; cohumulona; adhumulona) y ácidos beta - amargos (lupulona, colupulona y adlupulona). Dependiendo de la variedad, este contenido de ácidos alfa puede ser

mayor o menor, normalmente se utilizan aquellos lúpulos con mayor porcentaje de alfa ácidos para conferir el amargor y aquellos con menor porcentaje para el aroma final. (Hough, 1990). En la tabla 1 se muestran los componentes químicos del cono femenino.

Tabla 1. Componentes químicos del cono femenino

SUSTANCIA	CANTIDAD (%)
Agua	10.0
Resinas totales	15.0
Aceites esenciales	0.5
Taninos	4.0
Monosacáridos	2.0
Pectina	2.0
Aminoácidos	0.1
Proteína	15.0
Lípidos y ceras	3.0
Cenizas	8.0
Celulosa y lignina	40.4

Autor: Hough, 1990

Fuente: Biotecnología de la cerveza y de la malta

- **Levadura de cerveza**

Según Belitz y Grosh (1997), como levadura de cerveza se utilizan exclusivamente especies de *Saccharomyces*. Se distinguen las levaduras de fermentación alta, que actúan a temperaturas mayores a 10 °C, y las de fermentación baja, que pueden utilizarse hasta 0°C. Las levaduras de fermentación alta, que permanecen largo tiempo suspendidas como “levaduras en polvo” y proporcionan un alto grado de fermentación, como por ejemplo *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, se depositan en el

curso de la fermentación en el fondo y fermentan por completo la rafinosa, además de la mayoría de los demás azúcares.

La levadura es un microorganismo unicelular que está involucrado en los procesos de transformación del mosto azucarado hasta la cerveza terminada. Es la que realmente “fabrica” la cerveza, siguiendo los parámetros que el maestro cervecero le imponga. Así se consigue que la “hacedora de alcohol” produzca también otros subproductos que contribuyen a darle características especiales de aroma y sabor a una buena cerveza. El trabajo de la levadura es netamente fisiológico: las levaduras para su reproducción emplean todos los nutrientes disueltos en el mosto cervecero. Al metabolizar la glucosa, la levadura desprende sus desechos del proceso que no son otra cosa que el gas carbónico y el alcohol, presentes en toda cerveza. Pero la levadura también está involucrada en el proceso de maduración que se traduce en la pérdida de ciertos sabores indeseables a cambio de otros que un maestro cervecero busca en su producto. (Carvajal, 2000).

En la tabla 2 se muestran varios tipos de bebidas que se preparan con el uso de maíz negro y maíz blanco.

Tabla 2. Bebidas que se preparan con maíz negro y blanco

Nombre	Principal materia prima	Otras materias primas
Birú	Maíz negro	Canela y guayaba
Chicha morada	Maíz negro	Canela, clavo de olor, piña, manzana, membrillo
Yamor	Mezcla de diversos maíces (maíz negro, maíz blanco, canguil, morocho blanco, chulpi)	Piña, naranjilla
Chicheme	Maíz negro	Panela, jengibre
Mazamorra morada	Maíz negro, harina de camote	Canela, manzana, piña
Colada morada	Maíz negro	Moras, clavo de olor, mortiño, ishpingo, naranjilla, hojas de arrayan
Chicha	Maíz blanco	Azúcar
Chicha de jora	Maíz blanco malteado	Frutas, canela

Autor: Cox, 1987

Fuente: Catálogo ecuatoriano de bebidas fermentadas

2.2 La fermentación

En términos generales, la fermentación implica el empleo de microorganismos para llevar a cabo transformaciones de la materia orgánica catalizadas por enzimas.

La fermentación ha sido realizada como un arte durante muchos siglos por ejemplo, la elaboración del vino se cree que se practicaba ya al menos 10000 años a.C, mientras que los historiadores creen que los egipcios producían cerveza en los años 5000-6000 a.C. dejando germinar la cebada en vasijas de barro y después estrujándola, amasándola y finalmente remojándola con agua para obtener la bebida. Hacia el año

4000 a.C. los egipcios utilizaron las levaduras de la cerveza para la producción de dióxido de carbono para el hinchamiento de la masa del pan. En México, los antiguos aztecas recogían algas del género *Spirulina* de estanques alcalinos para el consumo alimentario. (Ward, 1989).

Las bebidas alcohólicas se producen a partir de diversas materias primas, pero especialmente a partir de cereales, frutas y productos azucarados. Entre ellas hay bebidas no destiladas, como la cerveza, el vino, la sidra y el sake, y destiladas, como el whisky y el ron, que se obtienen a partir de cereales y melazas fermentadas, respectivamente, en tanto que el brandy se obtiene por destilación del vino. Otras bebidas destiladas, por ejemplo el vodka y la ginebra, se elaboran a partir de bebidas alcohólicas neutras obtenidas por destilación de melazas, cereales, patatas o lacto suero fermentados. Además también se obtienen una gran variedad de vinos de alta graduación mediante adición de alcohol. (Ward, 1989).

Existe también los alimentos fermentados, estos se caracterizan por varias clases de desdoblamiento de carbohidratos. Existe casi siempre una mezcla compleja de proteínas, grasas, etc., que están experimentando modificaciones simultáneamente, bajo la acción de una variedad de tipos de microorganismos y enzimas. A las reacciones que toman parte los carbohidratos se llaman fermentativos. Los cambios en los materiales proteicos son designados como proteolíticos, los desdoblamientos de sustancias grasas son calificados de lipolíticos. (Ward, 1989).

2.2.1 Biología de las fermentaciones con levaduras

Aproximadamente el 96 % de la fermentación de azúcares para producir alcohol se lleva a cabo mediante cepas de *Saccharomyces cerevisiae* o especies relacionadas, particularmente *S. uvarum*. El etanol se produce en la ruta de Embden-Meyerhof-Parnas (EMP), en la que el piruvato producido durante la glicosilación se convierte en acetaldehído y etanol. La reacción global es la siguiente:

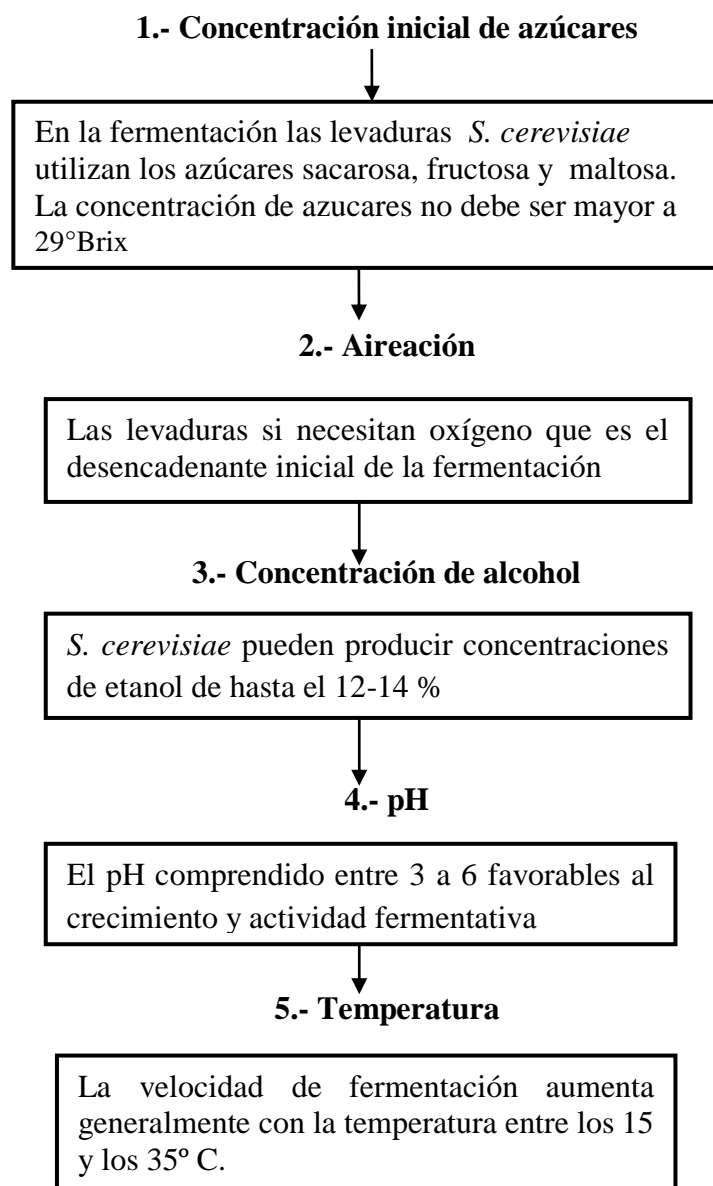


El rendimiento teórico de 1 g de glucosa es de 0,51 g de etanol y 0,49 g de CO₂. Sin embargo, en la práctica, aproximadamente el 10 % de la glucosa se transforma en biomasa y el rendimiento en etanol y alcanzan el 90 % del valor teórico. El ATP formado se utiliza para las necesidades energéticas de la célula. (Ward, 1989).

En la figura 1 se muestra un diagrama en la que se especifican las condiciones necesarias para la fermentación alcohólica.

2.2.2 Condiciones necesarias para realizar una fermentación alcohólica

Figura 1. Diagrama de flujo de las condiciones necesarias para la fermentación alcohólica



Fuente: Los autores

2.2.3 Factores a controlar en la fermentación alcohólica

- Concentración inicial de azúcares

No se puede pensar en fermentar un mosto con una concentración muy elevada de azúcares. En estas condiciones osmófilas las levaduras se deshidratarían al salir bruscamente del agua de su interior para equilibrar las concentraciones de solutos en el exterior y en el interior de la célula, es decir, lo que se conoce como una plasmólisis. En la fermentación las levaduras (*S. cerevisiae*) utilizan los azúcares sacarosa, fructosa, maltosa y maltotriosa en este orden. La sacarosa es hidrolizada primeramente por la invertasa. Todas las levaduras *Saccharomyces* son incapaces de hidrolizar el almidón y las dextrinas, y por consiguiente, el empleo de materiales basados en almidón para la fermentación alcohólica requieren la acción de enzimas exógenos como las α y β -amilasas de la malta o enzimas microbianos como α -amilasa, amiloglucosidasa (glucoamilasa) y pululanasa. Los azúcares mayoritarios del mosto son la glucosa y la fructosa (Ward, 1989).

- Aireación

Aunque las fermentaciones alcohólicas son en gran medida anaerobias, las levaduras si necesitan oxígeno que es el desencadenante inicial de la fermentación, ya que las levaduras lo van a necesitar en su fase de crecimiento para sintetizar algunos esteroides y ácidos grasos insaturados componentes de la membrana (Ward, 1989).

- Concentración de alcohol

Muchas cepas de *S. cerevisiae* pueden producir concentraciones de etanol de hasta el 12-14 %. Existe un cierto interés en el empleo de levaduras tolerantes de cantidades elevadas de alcohol. Existen cepas seleccionadas capaces de producir hasta un 18-20 % de alcohol, aunque la velocidad de fermentación se ve muy reducida cuando la concentración de etanol aumenta (Ward, 1989).

- **pH**

En las levaduras, los valores de pH comprendidos entre 3 a 6 son la mayoría de las veces favorables al crecimiento y actividad fermentativa; esta última es mayor cuanto mayor sea el pH y se produce una caída notable a valores de pH de 3 a 4. El pH influye en la formación de subproductos; por ejemplo, a valores de pH elevados se incrementa la formación de glicerol (Ward, 1989).

- **Temperatura**

La velocidad de fermentación aumenta generalmente con la temperatura entre los 15 y los 35° C. La formación de niveles elevados de alcohol también depende de la temperatura. Así a menor temperatura es más fácil conseguir un mayor grado alcohólico, ya que las altas temperaturas que hacen fermentar más rápido a las levaduras llegan a agotarlas antes (Ward, 1989).

2.3 Proceso tecnológico

2.3.1 Malteo

Según (Figuroa, 1985), el malteo es un proceso físico - químico controlado, durante el cual los granos desarrollan y activan sus sistemas enzimáticos y modifican suficientemente sus reservas alimenticias. Su finalidad es la obtención de malta, lo que se puede hacer a partir de cualquier grano que se someta a una germinación controlada, la cual se suspende con una etapa adecuada de secado. El proceso de malteado comprende tres operaciones: remojo, germinación y tostado, en las que se controla la humedad, la temperatura y la aireación.

2.3.1.1 Remojo

El objetivo del remojo es aumentar el contenido inicial de humedad del cereal de aproximadamente 10 a 13.5 %, con el propósito de disolver las sustancias solubles que se encuentran en el grano, y promover así el desarrollo del embrión (Figuroa, 1985).

En la etapa inicial del remojo, la absorción de agua es rápida, y va disminuyendo conforme transcurre el tiempo. En esta fase del proceso las sustancias nutritivas son transportadas por osmosis al embrión, el cual disgrega las hormonas que activan sistemas enzimáticos destinados a hidrolizar sustancias insolubles y convertirlas en solubles y asimilables. La calidad de una buena malta está influenciada por la cantidad de agua absorbida durante el remojo, siendo perjudicial un excesivo aumento o disminución del 45%. Las temperaturas del agua de remojo próximas al límite fisiológico de la cebada (aproximadamente 40°C) deben evitarse, debido a la poca solubilidad del oxígeno en el agua a esta temperatura y al desarrollo de microorganismos. Por ello, es preferible hacer el remojo a temperaturas bajas, más o menos 16°C (Figuroa, 1985).

2.3.1.2 Germinación

Según (Ferrán, 1959), durante la germinación se producen las enzimas comenzando en las proximidades del scutellum, o asiento del germen del grano bajo la piel. Las citosinas se difunden a través del endospermo y lo modifican, solubilizando las paredes de las células. Se producen también otros sistemas de enzimas capaces de hidrolizar las proteínas y almidones, formando azúcares y aminoácidos que actúan como alimentos de la levadura.

Así (Kent, 1971), señala que, al aumento de actividad enzimática acompaña un considerable aumento de la actividad respiratoria del grano, proceso en el que el almidón o sus derivados se convierten en dióxido de carbono y agua. Para que la germinación sea completa y uniforme, el grano debe estar maduro. Es conveniente realizar las germinaciones a temperaturas bajas para evitar el desarrollo de hongos y a la vez obtener mayor formación de enzima. La temperatura media ideal de germinación es 16 °C.

Tanto por la alta concentración de enzima y buena modificación del grano, como por la mínima pérdida de sustancias extractables, la germinación alcanza su mejor etapa cuando el acróspiro o plúmula se ha desarrollado de una a tres cuartas partes el tamaño del grano y las raicillas 1.5 veces el mismo tamaño. Otro aspecto importante

en el proceso germinativo es la ventilación, ya que una disminución de ésta, implica una menor respiración, crecimientos reducidos de plúmula y raicillas. (Figueroa, 1985).

2.3.1.3 Tostado

El cereal germinado, denominado malta verde, con un contenido de agua del 42 al 45%, se convierte por la operación de tostado en malta seca, con el 2 - 5 % de agua. Simultáneamente se forman el aroma y color del tostado debido a la reacción de Maillard (Belitz y Grosch, 1997).

Cuando el grano ha sufrido la modificación necesaria se le seca en un horno de malta, primero a baja temperatura y después a una temperatura lo suficientemente elevada como para suspender la actividad enzimática pero sin destruir los enzimas (Kent, 1971).

2.3.2 Preparación del mosto

2.3.2.1 Molienda de la Malta

Según (Hough, 1990), la molienda tiene por objeto triturar la malta. Es necesario que la cáscara permanezca tan entera como sea posible y el endospermo se muele hasta un tamaño de partícula que permita la fácil liberación del extracto. Si se desintegra mucho, la cascarilla no puede formar un filtro suficientemente eficaz y permeable durante la recuperación del mosto. Por otra parte la cascarilla rota libera más sustancias tánicas de las deseables. En cuanto a la trituración del endospermo, es preciso que las partículas del mismo se hidraten bien y liberen fácilmente sus enzimas y otros constituyentes celulares para que puedan degradarse rápidamente. Desde este punto de vista, serían ideales partículas de tamaño muy reducido porque incrementa el rendimiento de extracción, pero éstas tienden a empaquetarse apretadamente y a formar un lecho impermeable, que libera muy lenta e incompletamente el mosto.

2.3.2.2 Maceración

Para proceder a la maceración, la malta triturada se mezcla con agua y debido a la degradación por las enzimas propias de la malta, se solubiliza. Se disuelve así el almidón sacarificado y muchos compuestos nitrogenados de la malta y los adjuntos, quedando el salvado, que se puede utilizar como abono para las plantas (Jagnow y Dawid, 1991).

El control de la temperatura en el macerado reviste importancia decisiva para la composición de las sustancias aromáticas y para la clase y calidad del producto fermentado. Las α amilasas de la malta tienen una actividad óptima entre 72 – 76 °C, las β amilasas a temperaturas entre 60 - 65°C, y las proteinasas a 55 – 65 °C. (Belitz y Grosch, 1997).

2.3.2.3 Cocción y adición de lúpulo al mosto

El jarabe de malta obtenido por infusión y lavado, es una disolución totalmente dulzona. Es por esto que se debe equilibrar este dulzor con un sabor amargo por ejemplo. En los últimos tiempos se empezó a generalizar el uso de las flores de una familia de plantas que se conocen como lúpulos. El hervido no debe ser demasiado intenso para que no sigan produciéndose melanoidinas y aumentando el color. Por otro lado, el hervido debe ser suficiente para que haya una buena formación del coágulo (burbujas grandes en el hervido). (Jagnow y Dawid, 1991).

Según (Ferrán, 1959), los principales objetivos que se pretenden con el cocido son:

- a) Destrucción de las enzimas: De otra forma, su acción en los procesos siguientes daría lugar a la formación de dextrinas y maltosas fermentescibles de "bajo grado"
- b) Esterilización del caldo
- c) Concentración del mosto: Es un reajuste del agua a la cantidad de extracto que convenga dejar el mosto. Se suele reducir el volumen de agua entre un 4 y un 10 %.

d) Precipitación de proteínas y otras sustancias: Al enfriarse el mosto, los taninos forman precipitados con las proteínas.

e) Disolución de los constituyentes del lúpulo: se extraen ácidos y resinas amargas, que contribuyen al sabor y estabilización de la cerveza y aceites esenciales, que proporcionan un poco más de aroma.

f) Caramelizar ligeramente los azúcares.

g) Proporcionar sustancias antisépticas (principalmente alfa - resinas, humulona, cohumulona y adhumulona) al mosto. Estas resinas son efectivas contra las bacterias Gram – positivas.

El material de desecho tiene algún valor como fertilizante del suelo. Los restos de lúpulo ejercen una acción esponjante, pero los precipitados por ellos retenidos proporcionan nitrógeno, calcio, fósforo y otros minerales (Hough, 1990).

2.3.2.4 Enfriamiento

Luego de clarificado, se enfría y airea el mosto, convirtiéndose en un medio ideal para el crecimiento de las levaduras y para la fermentación. (Hough, 1990).

2.3.2.5 Carbonatado y envasado

La bebida madura, se gasifica con CO₂ de 99.5% de pureza hasta alcanzar un 0.45% a 0.52%, casi siempre con el mismo gas recogido durante el proceso fermentativo. Este gas reemplaza en parte al oxígeno mejorando la estabilidad. El envasado se puede realizar en dos tipos de envases, la botella marrón o un barril. Lo importante para mantener las características propias de la bebida es que debe ser de un buen vidrio, tintado de color marrón o de color verde y no deben presentar ninguna rotura. (Frazier, 1976).

2.4 Fermentaciones específicas

Las fermentaciones específicas son manipuladas por el hombre con el objeto de obtener el etanol en ciertas bebidas. Para ello se emplean principalmente los azúcares de las frutas, los cereales y de la leche. La producción de estas bebidas es en la mayoría de los casos local debido a la disponibilidad de los substratos, por ejemplo en los países mediterráneos la uva es frecuente y por lo tanto la fermentación del vino también, el mismo patrón puede hacerse con otros materiales como el arroz en Asia o el maíz en Latinoamérica. De esta forma la tradición de los procesos de fermentado se han asociado a las diversas etnias o grupos sociales. (Fingermann, 2010)

2.4.1 Chicha

Según (Llano, 1993), la elaboración de la chicha se ha dividido en varias etapas:

- Remojo del maíz: durante la noche se remoja el maíz para producir la germinación.
- Hornado: luego de remojar el grano cuidando que la semilla tenga su radícula, se extiende sobre bolsas de plástico, recubriéndolos con sacos de plástico aproximadamente durante tres días, hasta lograr que germine y nazca un tallo con el doble del tamaño del grano.
- Tres soles: etapa para secar el maíz directamente al sol.
- Molido: se muele hasta convertirlo en harina.
- Hervido: se llenan las ollas chicheras con agua fría añadiéndose la harina de maíz. Luego se enciende la leña, la chicha hierve toda la tarde cuidando de que el fuego se mantenga parejo.
- Enfriado: se traslada la chicha a las tinajas de boca muy ancha para enfriarla por el movimiento constante por medio de cucharas de madera.
- Muqueado: consiste en el mascado del maíz que ha quedado entero, para luego devolverlo a las tinajas de donde se sacó y seguir frotándolo con un palo que es lo suficientemente áspero para molerlo aún más.

- El ácido: durante la noche en que la chicha reposa, van probándole el ácido, para ver en qué momento se interrumpe la fermentación, en que nuevamente se procede a trasladar la chicha a las ollas para el recocado.
- Recocado: se pone otra vez a hervir la chicha durante todo un día.
- Chicha verde: es la chicha que aún no fermenta, ésta se vierte en los cántaros para que desfogue es decir que aflore a la superficie la espuma que asciende como producto de la fermentación. Una vez desfogada la chicha esta lista para ser consumida.
- Añadidos: son los diferentes productos que varían la calidad de la chicha (azúcar, chancaca, carne de res) y que en la ciudad o en áreas semirurales son considerados parte de su elaboración.

2.4.2 Cerveza

2.4.2.1 Clases de cerveza

Según (Jagnow y Dawid, 1991), dependiendo del tipo de cereal y de agua, pero sobre todo de las diferencias en cuanto a tostado, concentración del mosto, cantidad de levadura añadida y cambios de temperatura, se obtienen los tipos de cerveza más conocidos.

Se distinguen dos clases de cervezas, las de fermentación alta y las de fermentación baja. Dentro de cada uno de estos tipos básicos existen subtipos de diferentes características cuya nomenclatura es variable y confusa (García y col, 1993).

2.4.2.1.1 Cervezas de fermentación Alta

Son bebidas de malta a las que se añade lúpulo y son fermentadas con levaduras altas. Las levaduras altas son aquellas que al final de la fermentación flotan en la superficie formando un velo. Se utilizan para elaborar las cervezas denominadas "ale" (García y col, 1993).

La especie típica de la fermentación alta es la *Saccharomyces cerevisiae*. Cervezas fabricadas en Alemania mediante fermentación a alta temperatura. Son, por ejemplo, la cerveza blanca de Berlín, con un 7 - 8% de extracto seco en el mosto original, elaborada a partir de malta de cebada y de trigo, con levadura y bacterias acidolácticas. La fermentación alta se lleva a cabo a temperaturas altas (18 - 25°C). Se acorta así el tiempo de fermentación a 2 - 7 días. Muchas veces existe además una post - fermentación, aunque se realiza tanto en tanque como en botella. Las cervezas resultantes pueden servirse a los pocos días de finalizar la primera fermentación (Belitz y Grosch, 1997).

2.4.2.1.2 Cervezas de Fermentación baja

Según (Hough, 1990), son aquellas bebidas de malta a las que se añade lúpulo y son fermentadas con levaduras bajas. Las levaduras bajas son aquellas que al final de la fermentación se hunden y van al fondo; se emplearon por primera vez en Baviera.

La especie típica es la *Saccharomyces carlsbergensis* que fermenta por completo la rafinosa, además de la mayoría de los demás azúcares. Las células de un cultivo de tres días son ovales u oviformes, a veces también tienen forma de salchichas cortas; se encuentran casi siempre aisladas o en cadenas cortas. Su tamaño varía bastante, con 4 μ de anchura y 15 μ de longitud (Jorgensen, 1959)

Rinden un producto de calidad superior, sabores más finos y refrescantes a los generados por las levaduras altas. Se utilizan para producir las cervezas llamadas "lagers". En la fermentación baja se distinguen la fermentación principal y la post - fermentación. Tienen un plazo de conservación considerablemente mayor, y pueden ser claras, de coloración intermedia u oscuras. La cerveza tipo Pilsen es el prototipo de la cerveza clara de calidad; tiene abundante cantidad de lúpulo, con un 11.8 - 12.7% de extracto seco en el mosto original, en contraste a la de tipo Dortmund, que se cuece

más intensamente, se fermenta con más fuerza y por ello es una cerveza rica en alcohol. Las cervezas reposadas "lager" se asemejan a la Dortmund en la cantidad de lúpulo y a la Pilsen en la cantidad de extracto seco. (Belitz y Grosch, 1997).

2.5 Parámetros analizados en bebidas fermentadas

Para determinar los parámetros óptimos para el desarrollo y caracterización de una bebida fermentada se deben realizar los siguientes análisis.

2.5.1 Humedad

En la tabla N° 3 se pueden apreciar los valores de humedad del grano obtenidas para las 72 horas de remojo. Se alcanza al final del remojo una humedad del 42.85%.

Tabla 3. Absorción del agua en relación al tiempo

Tiempo (horas)	Humedad %
0	15.3
4.0	26.92
7.0	31.11
24.0	37.68
28.5	38.13
48.0	40.81
72.0	42.58

Autor: Pavón, 1993

Fuente: Estudio de la elaboración y preservación de una bebida alcohólica obtenida de maíz germinado

2.5.2 Maceración

Los resultados obtenidos se reportan en la Tabla 4. Dentro de la caracterización física de la malta

Tabla 4. Caracterización física de la malta

Análisis	Valor mínimo	Valor máximo
Sólidos Solubles (°Brix)	9.9	13.7
pH (unidades de pH)	5.28	5.82
Acidez (%)	0.165	0.274
Poder diastásico	92.62	114.48
Extracto de malta (%)	90.1	124.9

Autor: Hernández, 2001

Fuente: Aprovechamiento de la Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) como adjunto para la elaboración de Cerveza Tipo Lager

2.5.3 Fermentación

Durante el proceso de fermentación se controlaron periódicamente los parámetros que se indican a continuación y que se reportan en las Tabla 5.

Tabla 5. Caracterización física de la malta Durante el proceso de fermentación

Análisis	Valor mínimo	Valor máximo
Porcentaje de alcohol (%v/v)	3.8	3.9
Sólidos solubles (°Brix)	5.3	10.4

Autor: Hernández, 2001

Fuente: Aprovechamiento de la Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) como adjunto para la elaboración de Cerveza Tipo Lager

2.5.4 Caracterización físico - química de la cerveza madura

Los resultados de la caracterización físico — química de la cerveza obtenida con los tratamientos seleccionados constan en las Tabla 6, 7, 8 y 9.

Tabla 6. Caracterización físico - química de la cerveza madura

Análisis	Valor mínimo	Valor máximo
Sólidos Solubles (°Brix)	4.6	5.4
pH (unidades de pH)	3.99	4.04
Acidez (%)	0.240	0.286
Gravedad específica (%)	1.00689	1.00914

Autor: Hernández, 2001

Fuente: Aprovechamiento de la Zanahoria Blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) como adjunto para la elaboración de Cerveza Tipo Lager

2.5.5 Perfil funcional de la bebida

Los compuestos que le otorgan propiedades funcionales a la bebida se reportan en la tabla 7.

Tabla 7. Perfil funcional de la bebida

Análisis	Cantidad
Antocianinas (abs)	0.885
Taninos (ppm)	38.12

Autor: Pazmiño, 2011

Fuente: Utilización de la cebada, grano y corontas de maíz negro en la utilización de una bebida funcional

2.5.6 Compuestos inorgánicos en la cerveza

En el tabla 8, se indica el contenido de minerales en la cerveza (bebida fermentada) datos reportados por (Sendra y Carbonell, 1999).

Tabla 8. Compuestos inorgánicos en el grano de cebada y en la cerveza

Elemento	Cebada (mg/Kg materia seca)	Cerveza (mg/L)
Calcio	300 - 4100	35
Fosforo	2000 – 9200	319
Potasio	4900 – 9900	518
Magnesio	100 – 2300	98
Hierro	40 – 100	0.12
Cobre	1.3 – 20	0.1
Manganeso	2.4 - 30	0.16
Sodio	100 – 600	33
Azufre	1000 – 3500	
Cloro	900 – 1700	
Cobalto	0.0 – 0.32	
Zinc	11.9 – 20.9	0.06

Autor: Sendra y Carbonell, 1999

Fuente: Evaluación de las propiedades funcionales, nutritivas y sanitarias de la cerveza en comparación con otras bebidas

2.5.7 Análisis Microbiológico de la Cerveza

Los valores admisibles determinados se enmarcan en las normas sugeridas por el INEN para cerveza en la tabla 9.

Tabla 9. Requerimientos microbiológicos en cerveza

REQUISITOS	UNIDAD	Cerveza pasteurizada		Cerveza pasteurizada no		Método de Ensayo
		Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
R.E.P	UFC/cm³	-	10	-	80	NTE INEN 1 529-5
Mohos levaduras	UP/cm³	-	10	-	50	NTE INEN 1 529-10

Autor: Instituto Ecuatoriano de Normalización; 2002

Fuente: Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 262:2003

2.6 El maíz Negro

2.6.1 Origen

El maíz negro (*Zea mays L*) es una mutación genética del maíz (*Zea mays*). Florece cultivado o en estado silvestre en diversos lugares de América. El maíz negro (*Zea mays L*) se cultivaba en Perú desde épocas prehispánicas y era conocido como moro sara o kullisara. Lo cultivan también los campesinos de Yucatán y las tribus indígenas Hobi y Navajos en los Estados Unidos. Sin embargo, es en Perú donde su cultivo está más extendido y donde es empleado masivamente. Existen diversas variedades de maíz morado tales como el Morado Canteño, el Morado Mejorado, Morado Caraz, usado para siembra en sierra. (Zevallos, 2007)

En la tabla 3 se muestra la clasificación taxonómica del maíz y en la figura 2 se encuentra la descripción botánica de la planta de maíz.

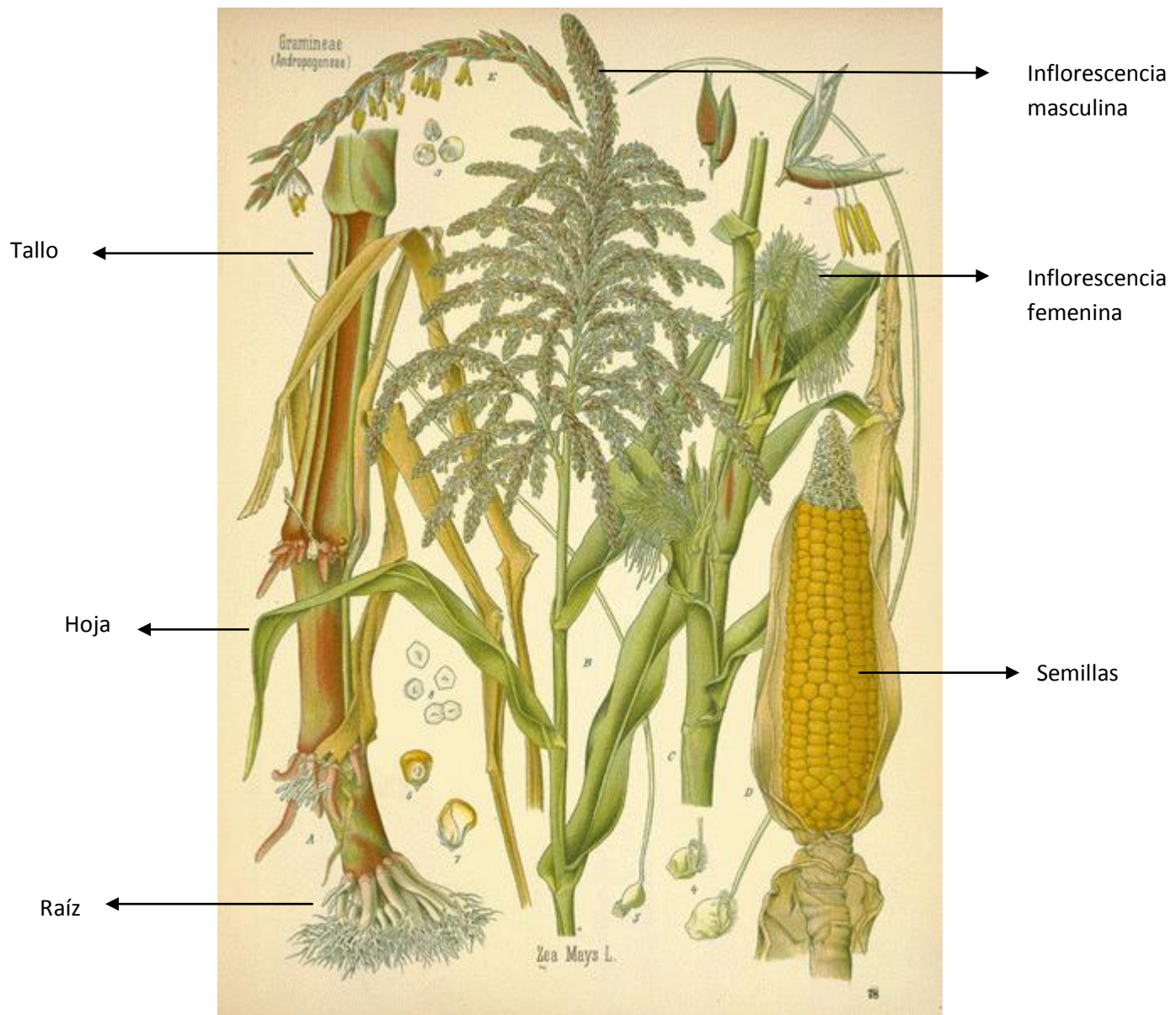
Tabla 10. Clasificación taxonómica del maíz

Reino	Vegetal
División	Angiosperme
Clase	Monocotylrdoneae
Orden	Cereales
Familia	Poaceae
Genero	Zea
Especie	Mays
Nombre científico	<i>Zea mays. L</i>

Autor: Terranova, 1995

Fuente: Enciclopedia Agropecuaria Terranova

Figura 2. Descripción botánica de la planta de maíz



Autor: Anderung, 2003

Fuente: <http://biologie.uni-hamburg.de/b-online/d53/mais.htm>

2.6.2 Raíz

Todo el sistema radical de la planta adulta es adventicio. En la mayoría de los cultivares un cuerpo cónico brota de la corona. La raíz se compone de un ápice hacia la parte inferior, formado por 6 a 10 entrenudos muy cortos. El tamaño y la forma del sistema radicular cambian considerablemente de acuerdo al tipo de propagación y las condiciones ambientales. (Terranova, 1995).

2.6.3 Semillas

Las semillas están contenidas dentro de un fruto denominado cariósipide, la capa externa que rodea este fruto corresponde al pericarpio, estructura que está situada por sobre la testa de la semilla. Esta a su vez está formada internamente por el endospermo y el embrión constituido por la coleoriza, la radícula, la plúmula, el coleoptilo y el esculeto o cotiledón. (Yáñez, 2003).

2.6.4 Tallo

El tallo del maíz es de caña vertical, la longitud varía entre 1 a 5 m con un diámetro que va entre 2 a 4 cm y tiene nudos y entrenudos que varían en un número de 8 a 24. (Terranova, 1995).

2.6.5 Hojas

Las hojas de maíz son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas paralelinervias. La vaina de la hoja forma un cilindro alrededor del entrenudo, pero con los extremos desunidos. El color de las hojas es usualmente verde, pero se puede encontrar hojas rayadas de blanco y verde o blanco y púrpura. (Yáñez, 2003)

2.6.6 Inflorescencia masculina

Esta se realiza en las últimas hojas de la planta, de siete a diez días antes de que comience a aparecer los estilos de la inflorescencia femenina. (Noroña, 2008).

2.6.7 Inflorescencia femenina

La inflorescencia femenina corresponde a una espiga. La espiga se presenta cubierta de brácteas u hojas envolventes y estas conjuntamente con las brácteas conforman la mazorca. (Noroña, 2008).

2.6.8 Composición química de la semilla del maíz:

- Almidón

El componente químico principal del grano de maíz es el almidón, al que corresponde hasta el 60-85% del peso del grano. Otros hidratos de carbono son azúcares sencillos, en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, en cantidades que varían del 1 al 5% del grano. En el maíz, el 98% de almidón del grano se encuentra en el endospermo, y el 70% de los azúcares libres en el germen (Primo, 1987).

- Proteína

La proteína más importante en el maíz es la zeína (40 - 50% de las totales) siendo su baja calidad debido al poco contenido de lisina y triptófano, en las variedades comunes, el contenido de proteína puede variar entre el 8 y el 11 % del peso del grano y en su mayor parte se encuentran en el endospermo. Las proteínas de los granos de maíz están formadas por cinco fracciones distintas. Conforme a su descripción, las albúminas, las globulinas y el nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18 % del total del nitrógeno, con proporciones del 7 %, 5 % y 6 %, respectivamente. (Galiana, 2009).

- Extracto etéreo

El aceite del grano de maíz está fundamentalmente en el germen, con valores que van del 3 al 18%. El aceite de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados: ácido palmítico y esteárico, con valores medios del 11% y el 2%, respectivamente. En cambio, contiene niveles relativamente elevados de ácidos grasos poliinsaturados, fundamentalmente ácido linoleico, con un valor medio de cerca del 24%. (FAO, 1993).

- Fibra dietética

La celulosa abunda en el pericarpio y en el germen de los cereales, como constituyente estructural de las paredes celulares. La celulosa es el constituyente principal de la fibra, constituye el 1 - 4%, en peso, de los granos. (Primo, 1987).

- **Minerales**

Los minerales constituyen el 1 - 3% del peso del grano. Estos constituyentes se localizan, en su mayor parte, en el pericarpio del grano. Los más abundantes son fósforo y potasio (0,3 - 0,4%), seguidos, en general, por el magnesio (0,1 - 0,2%). En menor proporción, se encuentran el silicio, el sodio y el calcio. Entre los micronutrientes, el más abundante es el hierro (30-80 mg/kg), seguido por el manganeso, el cobre y el zinc. (Primo, 1987).

- **Vitaminas**

El grano de maíz contiene dos vitaminas solubles en grasa, la provitamina A, o carotenoide, y la vitamina E. Los carotenoides se hallan sobre todo en el maíz amarillo, en tanto que el maíz blanco tiene un escaso o nulo contenido de ellos. La mayoría de los carotenoides se encuentran en el endospermo duro. El betacaroteno es una fuente importante de vitamina A, aunque no totalmente aprovechada pues los seres humanos no consumen tanto maíz amarillo como maíz blanco. La otra vitamina liposoluble, la vitamina E, que es objeto de cierta regulación genética, se halla principalmente en el germen. (FAO, 1993).

En la tabla 4 se muestra la composición química de las partes principales de los granos de maíz.

Tabla 11. Composición química proximal de las partes principales de los granos de maíz (%)

Componente químico	Pericarpio	Endospermo	Germen
Proteínas	3,7	8,0	18,4
Extracto etéreo	1	0,8	33,2
Fibra cruda	86,7	2,7	8,8
Cenizas	0,8	0,3	10,5
Almidón	7,3	87,6	8,3
Azúcar	0,34	0,62	10,8

Fuente: Fao, 1993

2.6.9 Usos

Del eco tipo negro se extraen pigmentos denominados antocianinas, las cuales imparten color a bebidas, dulces y confites, productos de panadería, vegetales, conservas de pescado; grasas, aceites, mermeladas y jaleas; frutas confitadas y en almíbar; jarabes de frutas; sopas y saborizantes, coloración de jugos de frutas, y también en vinos y vinagres. Se utilizan para colorear caramelos, helados y bebidas. El uso farmacéutico de las antocianinas es reconocido en oftalmología, por sus propiedades de incrementar la agudeza visual y mejorar la visión nocturna; para el tratamiento de diversos trastornos de circulación de la sangre (colesterol). Desde el punto de vista industrial ambas variedades pueden ser utilizadas para la obtención de endulzantes alimentarios y de alcohol que se produce por fermentación de su azúcar. También se obtiene aceite de uso alimenticio o para la fabricación de jabón. (Chávez, 2000).

A partir de estas plantas se obtienen el pinalote guatemalteco (harina de maíz, azúcar y agua), el pinolillo costarricense (harina de maíz, agua, leche y azúcar) u otras bebidas alcohólicas denominadas chichas. Además de sus granos se extrae la harina para la confección del pan de maíz, de tortas de maíz, arepas y otros productos de repostería (Ramírez, 2005).

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Materiales

3.1.1 Material Vegetal

- Maíz negro (*Zea mays L*), eco-tipo “racimo de uva”
- Maíz blanco (*Zea mays L*), variedad “mishca”
- Cebada, variedad Cañicapac

3.1.2 Equipo y materiales de laboratorio

Erlenmeyers, pipetas, buretas, gotero, vasos de precipitación , espectrofotómetro UVVIS, balanza analítica, placa de agitación, papel filtro cualitativo, balones aforados, pipetas volumétricas, erlermeyer con tapa rosca, tubos calibrados del espectrofotómetro, crisol, placas petri film, matraces, contador de colonias Québec, estufa, medidor de humedad para granos, hidratador de semillas, germinador de semillas, secador de semillas, macerador, centrifugadora, refrigeradora, tanques de acero inoxidable, equipo de gasificación, botellas de vidrio, brixómetro, chapadora, tapas metálicas, bomba de trasvase, esterilizador de botellas, lavador de botellas a presión, trampas de aire, termómetro.

3.2 Diseño Metodológico

El marco metodológico se lo ha dividido en tres fases siguiendo el orden de los objetivos descritos a continuación.

3.2.1 Determinar la composición química de dos variedades de maíz

En el cuadro 1 se encuentran los factores en estudio para determinar las características químicas de las variedades de maíz.

Factores de estudio: variedades de maíz.

Cuadro 1. Factores en estudio para determinar las características químicas

Factor en estudio	Descripción
Variedad 1	Racimo de uva
Variedad 2	Mishca

Fuente: Los autores

Unidad experimental: estará constituida por un kilogramo de cada variedad

Análisis estadístico

Se aplicará el estadístico “t student”, para determinar las diferencias significativas entre las variables estudiadas, con tres repeticiones.

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}} \quad (1)$$

Dónde:

t = mide las diferencias significativas entre las variables estudiadas.

X₁ = media de una variable correspondiente al grano racimo de uva

X₂ = media de una variable correspondiente al grano mishca

S_1^2 = Desviación estándar de una variable correspondiente al grano racimo de uva

S_2^2 = desviación estándar de una variable correspondiente al grano mishca

Para $n = 3$

Con $n - 1$ grados de libertad

Variables a evaluarse

A. Proteína

Procedimiento

1. Digestión

- Pesar alrededor de 0,04 g de muestra, colocar dentro de un balón de digestión y añadir 0,5 g de catalizador y 2 ml de ácido sulfúrico al 92% (grado técnico)
- Colocar los balones en el digestor Kjeldahl con los calentadores a 500°C hasta que la solución adquiriera una coloración verde. Esto es indicativo de haberse eliminado toda la materia orgánica.
- Retirar los balones del digestor y enfriar.

2. Destilación

- Colocar la muestra en el destilador y añadir 10 ml de hidróxido de sodio al 50%, destilar recogiendo el destilado en 6 ml de ácido bórico al 4% hasta obtener 50 ml de volumen.

3. Titulación

- Al destilado se agrega 2 gotas del indicador mixto y se titula con ácido clorhídrico 0,02 N, hasta que la solución cambie de color.

- Se realiza también la titulación con un blanco.

Cálculos

$$\%P = \frac{(Va - Vb) * N * 0,014001 * 6,25}{Pm} * 100 \quad (2)$$

Dónde:

%P = porcentaje de proteína

N = normalidad del ácido titulante

Va = mililitros de ácido gastado en la muestra

Vb = mililitros de ácido gastado en el blanco

Pm = Peso de la muestra en gramos

6,25 = factor proteico del nitrógeno

Materiales y Equipos

- Balanza analítica de 210 g
- Aparato de digestión y destilación micro Kjeldahl
- Balones Kjeldahl de 50 ml
- Erlenmeyer de 250 ml
- Titulador automático
- Agitadores magnéticos

Reactivos

- Ácido sulfúrico (grado técnico)
- Ácido clorhídrico 0.02 N estandarizado

- Hidróxido de sodio al 50% (grado técnico)
- Ácido bórico al 4%
- Indicador mixto: rojo de metilo al 0,1% y verde de bromocresol al 0,2% en alcohol de 95%
- Mezcla catalizadora: 800 g de sulfato de potasio o sodio, 50 g de sulfato cúprico pentahidratado y 50 g de dióxido de selenio.
- Agua desmineralizada

B. Grasa

Procedimiento

- Lavar los vasos de destilación con agua bidestilada y llevar a la estufa a 105°C por 2 horas, retirar los vasos en un desecador, enfriar, pesar y añadir 200 ml de hexano
- Pesar 1 a 2 gramos de muestra, mezclar con 2 a 3 gramos de sulfato de sodio anhidro, colocar en un cartucho limpio y tapan con algodón
- Depositar el cartucho con la muestra dentro del dedal de vidrio y colocar dentro del vaso con hexano, montar el equipo Goldfish, abrir la llave de agua fría para el refrigerante, extraer la grasa por 7 horas
- Secar el vaso de destilación con el residuo en una estufa a 105°C por 7 horas, retirar de la estufa, llevar al desecador, enfriar y pesar

Cálculos

Se utiliza la ecuación

$$\%EE = \frac{Pvr - Pv}{Pm} \times 100 \quad (3)$$

Dónde:

EE = Extracto etéreo (%)

P_v = Peso del vaso tarado en gramos

P_{vr} = Peso del vaso + residuo, en gramos

P_m = Peso de la muestra en gramos

Materiales y Equipos

- Balanza analítica
- Estufa de 150 °C
- Equipo Goldfish: Vaso de destilación para goldfish más dedal de vidrio con cartucho de celulosa para la muestra.
- Desecador a 200 °C
- Espátula
- Pinza metálica
- Algodón

Reactivos

- Hexano (grado técnico)
- Sulfato de sodio anhidro

C. Fibra

Procedimiento

- Pesar de 1 a 2 gramos de muestra en un vaso de 600 ml, añadir 200 ml de ácido sulfúrico al 7% y 1 ml de alcohol isoamílico
- Digerir por 30 minutos y agregar 20 ml de hidróxido de sodio al 22% y volver a digerir por 30 minutos más.

- Recoger la fibra en crisoles filtrantes previamente lavados en cuya base se ha depositado una capa de lana de vidrio hasta la mitad del crisol aproximadamente. Se lava con agua desmineralizada caliente, con 10 ml de ácido sulfúrico al 7% y 20 ml de hexano, terminándose los lavados de la fibra con agua
- Secar en una estufa a 105°C por 8 horas, retirar en un desecador, enfriar y pesar
- Calcinar en una mufla por 4 horas a 600°C, retirar en un desecador, enfriar y pesar

Cálculos

Se emplea la siguiente ecuación

$$\%Fc = \frac{Pcf - Pcc}{Pm} \times 100 \quad (4)$$

Dónde:

Fc = Fibra cruda

Pcf = Peso del crisol + muestra, desecados a 105°C

Pcc = Peso del crisol + muestra, después de la incineración.

Pm = Peso de la muestra

Materiales y equipos

- Balanza analítica de 210 g
- Equipo para digestión
- Estufa a 150 °C

- Mufla de 800 °C
- Equipo de filtración
- Vasos de 600 ml forma larga
- Cisoles filtrantes de porcelana
- Lana de vidrio
- Pipetas volumétricas

Reactivos

- Ácido sulfúrico al 7%
- Hidróxido de sodio al 22%
- Antiespumante: alcohol isoamílico
- Hexano

D. Humedad

Procedimiento

- Colocar las cajas petri destapadas, en la estufa de corriente de aire con un termómetro calibrado en una de las bandejas internas con el objeto de controlar la temperatura
- Encender la estufa a 130°C
- Una vez que ha llegado a 130°C tomar el tiempo de 1 hora para tarar las cajas petri
- Sacar las cajas con una pinza y colocarlas en un desecador. Tapar el desecador y enfriarlas por 1 hora

- Preparar las muestras moliendo y colocarlas en frascos plásticos provistos de tapa
- En una caja enfriada y pesada (provista con tapa), previamente calentada a 130 ± 3 °C, pesar exactamente cerca de 2 g de una porción de prueba bien mezclada en la balanza analítica con 4 cifras decimales
- Destapar la porción de prueba y secar la caja, tapa, y contenido por 1 hora en estufa provista de abertura para ventilación y mantenida a 130 ± 3 °C (El período de secado de 1 hora comienza cuando la temperatura de la estufa está a 130 °C). Tapar la caja mientras está todavía dentro de la estufa, transferir a un desecador, y pesarla tan pronto alcanza la temperatura ambiente
- Se recomienda enfriar exactamente 1 hora y pesar
- Reportar el residuo de la harina como sólidos totales y la pérdida en peso como humedad (método indirecto)

Cálculos

Se empleará la siguiente fórmula

$$\%Humedad = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1} \quad (5)$$

Dónde:

P_1 = Peso de la caja petri vacía

P_2 = Peso de la caja petri + la muestra

P_3 = Peso de la caja petri + residuo

Materiales y Equipos

- Balanza analítica de 210 g
- Estufa de corriente de aire 200 °C
- Desecadores con agente desecante 200 °C
- Cajas petri
- Pinzas
- Frascos plásticos con tapa de 150 ml

E. Cenizas

Procedimiento

- Pesar de 1,5 a 2,0 g de muestra secada a 65°C y colocar en crisoles previamente tarados
- Precalcinar la muestra hasta que no se desprenda humo
- Colocar en una mufla a 600°C durante 8 horas
- Sacar los crisoles, enfriar en un desecador y pesar

Cálculos

Se utiliza la siguiente ecuación

$$\%Cenizas = \left(\frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \right) \times 100 \quad (6)$$

Dónde:

P₁= Peso del crisol vacío

P_2 = Peso del crisol más muestra seca

P_3 = Peso del crisol más cenizas

Materiales y Equipos

- Estufa de 150 °C
- Balanza analítica de 210 g
- Mufla de 800 °C
- Placa calentadora de 700 °C
- Pinza metálica
- Desecador de 200 °C
- Crisoles de porcelana

3.2.2 Desarrollo del procedimiento para elaborar una bebida fermentada

Esta parte del proceso comprende tres etapas:

3.2.2.1 Determinación de las condiciones necesarias para la hidratación de las dos variedades de maíz

En el cuadro 2 se muestran los factores en estudio para la hidratación de las dos variedades de maíz.

En el cuadro 3 se indican los tratamientos a evaluar y en el cuadro 4 está el esquema del análisis de varianza para la hidratación de las dos variedades de maíz.

Variable independiente: variedades de maíz

Variable dependiente: tiempo de remojo

Factor en estudio: variedades y tiempo de remojo

Cuadro 2. Factores en estudio para la hidratación de las dos variedades de maíz

Factor en estudio	Nivel	Descripción
Tiempo de remojo	t1	24 horas
	t2	48 horas
	t3	72 horas
Variedades	v1	Maíz negro
	v2	Maíz blanco

Fuente: Los autores

Cuadro 3. Tratamientos para la hidratación del grano

Tratamientos
t1v1
t2v1
t3v1
t1v2
t2v2
t3v2

Fuente: Los autores

Unidad experimental

Estará constituida por un kilogramo de cada variedad.

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial a x b, con tres repeticiones

Análisis estadístico

Cuadro 4. Esquema de análisis de varianza para la hidratación de las dos variedades de maíz

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	17
variedades	1
Tiempo de remojo	2
t x v	2
Error	12

Fuente: Los autores

Análisis funcional

Para los factores e interacciones significativas se aplicará la prueba de Tukey al 5 %. Se utiliza cuando se tienen varios tratamientos, se presenta el problema en hacer la comparación de las medias de los tratamientos para elegir el mejor de ser necesario, la prueba indica que la variabilidad entre los tratamientos no se debe al azar, sino a un efecto distinto en dichos tratamientos, al 5% porque nos da la probabilidad de equivocación mínima.

Variable

a) Humedad absorbida

Humedad necesaria para que el embrión deje el estado de latencia y se produzca la germinación, es el tiempo en el cual las variedades de maíz alcanzan el 45 % de humedad

3.2.2.2 Determinar la influencia de la temperatura de maceración de la harina germinada sobre la sacarificación del almidón.

Se pretende determinar la temperatura ideal para que la harina germinada del maíz se hidrolice en azúcares fermentables.

En el cuadro 5 se encuentran los factores en estudio para la sacarificación del almidón, en el cuadro 6 los tratamientos a evaluarse y en el cuadro 7 el esquema del análisis de varianza de dicho parámetro.

Factor en estudio: variedades de maíz, temperatura de sacarificación

Cuadro 5. Factores en estudio para la sacarificación del almidón

Factor en estudio	Nivel	Descripción
Temperatura de maceración	t1	70 °C
	t2	80 °C
	t3	90 °C
Variedades	v1	Maíz negro
	v2	Maíz blanco

Fuente: Los autores

Cuadro 6. Tratamientos para la sacarificación del almidón

Tratamientos
t1v1
t2v1
t3v1
t1v2
t2v2
t3v2

Fuente: Los autores

Unidad experimental

Estará constituido por un kilogramo de cada variedad.

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial a x b, con tres observaciones.

Análisis estadístico

Cuadro 7. Esquema de análisis de varianza para la sacarificación del almidón

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	17
variedades	1
Temperatura de maceración	2
t x v	2
Error	12

Fuente: Los autores

Análisis funcional

Para los factores e interacciones significativas se aplicara la prueba de Tukey al 5 %

Variables

a) Sólidos solubles

Procedimiento

- Colocar algunas gotas de la sustancia (mosto) en el refractómetro
- Colocar el aparato frente a una fuente de luz

- La lectura se hace sobre la escala ocular, en el punto de intersección de las zonas clara y oscura
- Después de cada medida el prisma se limpia con algodón y agua destilada

Materiales, equipos y reactivos

- Mosto de maíz.
- Refractómetro, brix 0.0 – 90.0%
- Agua destilada
- Algodón

b) pH

Procedimiento

- Armar el potenciómetro (conectar el electrodo y colocarlo en su respectivo soporte)
- Calibrar el potenciómetro
- Enjuagar el electrodo ya calibrado con agua destilada
- Sumergir el electrodo en una cantidad suficiente de la sustancia a medir
- Después de un tiempo de espera, cuando ya no varía el pH se hace la medición de su valor

Materiales, equipos y reactivos

- Potenciómetro

- Tampón pH 7.0
- Tampón pH 4.0
- Agua destilada
- Mosto de maíz

c) Acidez

Procedimiento

- Armar el equipo para la medición de la acidez
- Colocar la bureta en un soporte universal, con pinza para bureta
- Colocar debajo de la bureta el agitador magnético
- Llenar la bureta con soda mantenerla en cero
- Tomar 10ml de la sustancia
- Colocar en un Erlenmeyer de 150 ml, colocar la barra magnética
- Verter en la sustancia 3 o 4 gotas de fenolftaleína
- Verter la solución de soda gota a gota hasta llegar a pH 8.2 o hasta observar el cambio rosado/naranja

El número de mililitros de solución décimo normal utilizado corresponde a la acidez, la cual se expresa de la siguiente forma:

En miliequivalentes por 100; en este caso se multiplica el número de ml de solución décimo normal por 10.

$$Acidez \left(\frac{meq}{100ml} \right) = B * N * \left(\frac{100}{W} \right) \quad (7)$$

Dónde:

B = ml de NaOH

N = normalidad de NaOH

W = peso muestra en mg o ml

Materiales, equipos y reactivos

- Equipo para medición de acidez
- NaOH 0.1 N
- Fenolftaleína 1% solución alcohólica
- Mosto de maíz

d) Poder diastásico**Procedimiento**

- Pesar 5g de malta molida fina en matraces Erlenmeyer
- Agregar 100ml de solución de cloruro de sodio al 0.5%
- Colocar las muestras en baño María a 20°C. Poner pesas de plomo para evitar que floten, y agitar cada 20 minutos durante 2.5 horas
- Agitar y filtrar, los primeros 25 ml de filtrado se regresan al embudo
- Tomar 1 ml para determinar el poder diastático.

Cálculos

$$PD(BS)^{\circ}L = \frac{(GB - GM)24 * 100}{(100 - H)} \quad (8)$$

Dónde:

- PD = poder diastático
- (BS) = base seca
- °L = grados Lintner
- GB = ml de tiosulfato usados en la titulación del tratamiento blanco
- GM=ml de tiosulfato de Na usados en titular las muestras
- H= porcentaje de humedad en la muestra

Materiales, equipos y reactivos

- Malta molida
- Cloruro de sodio al 0.5%
- Matraces Erlenmeyer de 125 ml
- Pesas de plomo
- Baño María a 20 °C

e) Extracto de malta**Procedimiento**

- Pesar 20 g de malta molida y colocarlos en los vasos del macerador con 135 ml de agua destilada
- Colocar los vasos en el macerador a una temperatura de 45°C durante 30 minutos
- Después de los 30 minutos, incrementar la temperatura 1°C por minuto hasta llegar a 70°C; esta temperatura se mantiene constante por 60 minutos

- Retirar los vasos del macerador y lavar los agitadores con un poco de agua destilada, esto se debe hacer dentro de los vasos, con el propósito de quitar las partículas adheridas a sus paredes
- Enfriar los vasos a 20°C en un baño maría; secar la parte exterior de cada vaso
- Ajustar el peso de cada vaso a 180 g (± 0.05 g) con agua destilada
- Filtrar el mosto y recogerlo en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. Los primeros 25 ml del filtrado se devuelven al embudo
- Mantener la temperatura del filtrado A 20°C
- Limpiar el picnómetro y determinar su peso
- Llenar el picnómetro con agua destilada a 20°C, insertarle el tapón cuidadosamente y pesar
- Enfriar el mosto de la malta a 20°C, llenar el picnómetro e insertar el tapón cuidadosamente, procurando que no haya formación de burbujas, lavar el exterior del picnómetro con agua destilada a la misma temperatura, secar con una gamuza y pesar

Fórmula

$$GS = \frac{PM - PV}{PA - PV} \quad (9)$$

Dónde:

GS = gravedad específica a 20°C

PM = picnómetro con muestra (g)

PV = picnómetro vacío (g)

PA = picnómetro con agua (g)

La fórmula para calcular el porcentaje de extracto es la siguiente

$$^{\circ}P = (GS * 244.26872) - 244.03851 \quad (10)$$

$$\% \text{ Extracto (BS)} = \frac{^{\circ}p(H + 800) * 100}{(100 - ^{\circ}p)(100 - H)} \quad (11)$$

Dónde:

$^{\circ}P$ = grado plato

BS = base seca

H = porcentaje de humedad

Materiales, equipos y reactivos

- Balanza analítica de 210 g
- Macerador con vasos de bronce o níquel con agitador de 80 a 100 rpm
- Molinos para molienda fina
- Embudos del número 12
- Baño María a 20°C
- Matraces Erlenmeyer de 125ml
- Termómetros
- Picnómetro de 50 ml

3.2.2.3 Determinar las condiciones necesarias para la fermentación de los mostos provenientes de dos variedades de maíz

En el cuadro 8 se muestran los factores en estudio para la fermentación de los mostos, en el cuadro 9 los tratamientos a evaluarse y en el cuadro 10 el esquema del análisis de varianza para este parámetro.

Factor en estudio: concentración de lúpulo y concentración de levadura

Cuadro 8. Factores en estudio para la fermentación de los mostos

Factor en estudio	Nivel	Descripción (g/l)
Concentración de levadura	c1	0.5
	c2	1.0
Concentración de lúpulo	11	1.0
	12	2.0

Fuente: Los autores

Cuadro 9. Tratamientos para la fermentación de los mostos

Tratamientos
c111
c112
c211
c212

Fuente: Los autores

Unidad experimental

Estará constituida por dos litros de mosto de las 2 variedades de maíz.

Tipo de diseño

Se aplicará un diseño completamente al azar en arreglo factorial a x b, con tres observaciones.

Análisis estadístico

Cuadro 10. Esquema de análisis de varianza para la fermentación de los mostos.

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamientos	3
Factor c	1
Factor l	1
Interacción c x l	1
Error	8

Fuente: Los autores

Análisis funcional

Para los factores e interacciones significativas se aplicara la prueba de Tukey al 5 %

Variables

a) Porcentaje de Alcohol

Procedimiento

- Colocar 200 ml de la muestra en un probeta
- Introducir el alcoholímetro y esperar que flote
- Leer el valor de la muestra

Materiales y equipos

- Una probeta de 250 ml
- Un alcoholímetro
- Muestra de la bebida

b) Sólidos solubles

Procedimiento

- Colocar algunas gotas de la sustancia en el refractómetro
- Colocar el aparato frente a una fuente de luz
- La lectura se hace sobre la escala ocular, en el punto de intersección de las zonas clara y oscura
- Después de cada medida el prisma se limpia con algodón y agua destilada

Materiales, equipos y reactivos

- Mosto de maíz.
- Un refractómetro, brix de 0.0 – 90.0%
- Agua destilada
- Algodón

3.2.3 Evaluar las características físicas y la composición química de la bebida obtenida

Factores de estudio: dos tipos de bebidas fermentadas una a base de maíz negro y otra a base de maíz negro y blanco

Unidad experimental

Estará constituida por un litro de bebida de las variedades.

Análisis estadístico

Se aplicara el estadístico “t student”, para determinar las diferencias significativas entre las variables estudiadas.

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2}{n}}}$$

Dónde:

t = mide las diferencias significativas entre las variables estudiadas.

X_1 = media de una variable correspondiente a un litro de bebida fermentada (racimo de uva)

X_2 = media de una variable correspondiente a un litro de bebida fermentada (racimo de uva y mishca)

S_1^2 = Desviación estándar de una variable correspondiente a un litro de bebida fermentada (racimo de uva)

S_2^2 = desviación estándar de una variable correspondiente a un litro de bebida fermentada (racimo de uva y mishca)

Para n = 3

Con n – 1 grados de libertad

Variables**a) Sólidos solubles**

Método (932.12). A.O.A.C. (1998)

Procedimiento

- Colocar algunas gotas de la sustancia (mosto) en el refractómetro
- Colocar el aparato frente a una fuente de luz
- La lectura se hace sobre la escala ocular, en el punto de intersección de las zonas clara y oscura
- Después de cada medida el prisma se limpia con algodón y agua destilada

Materiales, equipos y reactivos

- Mosto de maíz.
- Refractómetro, brix de 0.0 – 90.0%
- Agua destilada
- Algodón

b) pH

Procedimiento

- Armar el potenciómetro (conectar el electrodo y colocarlo en su respectivo soporte)
- Calibrar el potenciómetro
- Enjuagar el electrodo ya calibrado con agua destilada
- Sumergir el electrodo en una cantidad suficiente de la sustancia a medir
- Después de un tiempo de espera, cuando ya no varía el pH se hace la medición del valor

Materiales, equipos y reactivos

- Potenciómetro
- Tampón pH 7.0
- Tampón pH 4.0
- Agua destilada
- Mosto de maíz

c) Acidez

Método 942.15. A.O.A.C., (1998)

Procedimiento

- Armar el equipo para la medición de la acidez
- Colocar la bureta en un soporte universal, con pinza para bureta
- Colocar debajo de la bureta el agitador magnético
- Llenar la bureta con soda mantenerla en cero
- Tomar 10 ml de la sustancia
- Colocar en un Erlenmeyer de 150 ml, colocar la barra magnética
- Verter en la sustancia 3 o 4 gotas de fenolftaleína
- Verter la solución de soda gota a gota hasta llegar a pH 8.2 o hasta observar el cambio rosado/naranja

El número de mililitros de solución decimo normal utilizado corresponde a la acidez, la cual se expresa de la siguiente forma:

En miliequivalentes por 100; en este caso se multiplica el número de ml de solución decimo normal por 10

$$Acidez \left(\frac{meq}{100ml} \right) = B * N * \left(\frac{100}{W} \right)$$

Dónde:

B = ml de NaOH

N = normalidad de NaOH

W = peso muestra en mg o ml

Materiales equipos y reactivos

- Equipo para medición de acidez
- NaOH 0.1 N
- Fenolftaleína 1% solución alcohólica
- Mosto de maíz

d) Gravedad específica

(Alvarado & Aguilera, 2001)

Procedimiento

- Colocar 200 ml de la muestra en un probeta
- Introducir el densímetro y esperar que flote
- Leer el valor de la muestra

Materiales y equipos

- Una probeta de 250 ml
- Un densímetro
- Muestra de la bebida

e) Minerales

Previa la determinación de minerales se debe determinar el contenido de cenizas.

✓ Cenizas

- Método A.O.A.C. (1998).

Principio

La muestra se incinera en una mufla a 600° C, previa pre-calcinación en la placa calentadora, para eliminar todo material orgánico. El material inorgánico que no se destruye se llama ceniza o residuo remanente.

Procedimiento

- Pesar 2 gramos de muestra en un crisol. Colocar en una mufla a 600° C y mantener a esta temperatura por 2 horas, hasta que la ceniza adquiera un color blanco o grisáceo.
- Transferir la cápsula a un desecador, enfriar a temperatura ambiente y pesar inmediatamente.

Cálculos

$$\%C = \frac{Pcz - Pc}{Pcm - Pc} \times 100(12)$$

Dónde:

C = Contenido de cenizas.

Pc = Peso de crisol.

Pcz = Peso de crisol más ceniza.

Pcm= Peso de crisol más muestra

Los minerales se determinan por Espectrofotometría de Absorción Atómica, excepto fósforo que se realizará por colorimetría

Principio

Las cenizas de la muestra son sometidas a una digestión ácida para luego ser diluidas a un volumen determinado. A continuación se realiza los análisis de Macro y Micro-elementos por absorción atómica y en el caso de fósforo por colorimetría.

Reactivos

- Ácido clorhídrico 37% p.a.
- Ácido nítrico 65% p.a.
- Agua destilada
- Solución estándar de 10 ppm de Calcio
- Solución estándar de 1 ppm de Magnesio
- Solución de Lantano 1%
- Solución estándar de Fósforo de 1000 ppm
- Solución estándar de 10 ppm de Fósforo
- Solución de Litio al 1%:
- Solución estándar de 2 ppm de Sodio
- Solución estándar de 4 ppm de Potasio
- Solución estándar de 10 ppm de Hierro

Procedimiento

- Colocar los crisoles que contienen las cenizas en la capilla o Sorbona, adicionar 10 ml de agua destilada y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, digerir hasta que el volumen se reduzca a la tercera parte a temperatura baja.
- Retirar los crisoles de la plancha y enfriar, filtrar usando papel filtro cuantitativo y recibir el filtrado en un balón de 100 ml. Aforar con agua bidestilada.

✓ Calcio (A.O.A.C. 929.07) y Magnesio (A.O.A.C., 931.10)

Procedimiento

- Tomar 0.5 ml del filtrado, añadir 4 ml de agua bidestilada, 0.5 ml de la solución de lantano al 1% y agitar.
- De esta solución tomar 0.5 ml, añadir 4 ml de agua bidestilada 0.5 ml de la solución de lantano y agitar.
- Preparar la curva estándar de Ca y Mg de 5 y 0.5 ppm:

En tubos de ensayo colocar la solución estándar de Ca y Mg 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.

- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

Cálculos

$$Ca(\%) = \frac{LR * Fd}{Pm} (13)$$

LR = Lectura de Regresión

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

✓ **Determinación del contenido de fósforo** (A.O.A.C., 970.39)

Procedimiento

Tomar 0.5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución molibdo -vanadato

Agitar, cuando se requiera hacer más diluciones se tomará 4.5 ml de agua con 0.5 ml de muestra y en la dilución a leerse se pondrá 0.5 ml de muestra, 0,5 de la solución de molibdo –vanadato y 4 ml de agua bidestilada

Preparar la curva estándar de Fósforo de 0 a 5 ppm:

En tubos de ensayo colocar la solución estándar de P de 10 ppm 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y luego 1 ml de la solución de molibdo –vanadato.

Pasar a los tubos calibrados del espectrofotómetro y leer primero los estándares luego las muestras a una longitud de ondas de 400 nm.

Cálculos

$$P(\%) = \frac{C * Fd}{Pm} \quad (14)$$

C = Concentración (ppm)

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

✓ **Determinación de sodio (A.O.A.C., 966.16) y potasio (A.O.A.C., 965.30)**

Procedimiento

Tomar 0.5 ml del filtrado en un tubo de ensayo, añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución de litio al 1% y agitar. De esta solución tomar 0.5 ml añadir 4 ml de agua bidestilada y 0.5 ml de la solución de litio al 1% y agitar.

Preparar la curva estándar de Na y K de 1 y 2 ppm: en tubos de ensayo colocar la solución estándar de Na y K 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de litio al 1%.

Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

Cálculos

$$Na(\%) = \frac{C * Fd}{Pm} (15)$$

C = Concentración (ppm)

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

✓ **Determinación de hierro (A.O.A.C., 944.02)**

Procedimiento

Preparar la curva estándar de Fe de 0 a 5 ppm: en tubos de ensayo colocar la solución estándar de Fe 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%. Tomar 5 ml de la muestra y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama.

Nota: En caso de ser lecturas altas, realizar diluciones de 1/10.

Cálculos

$$Fe(\%) = \frac{C * Fd}{Pm} (16)$$

C = Concentración (ppm)

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

- ✓ **Determinación de cobre (953.03), manganeso (A.O.A.C., 931.09) y zinc (941.03)**

Procedimiento

Tomar 10 ml de la solución madre, agitar y leer

Preparar la curva estándar de Cu, Mn y Zn de 5 y 0.5 ppm: en tubos de ensayo colocar la solución estándar de Ca y Mg 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%. Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

Cálculos

$$Cu(ppm) = \frac{LR * Fd}{Pm} (17)$$

LR = Lectura de Regresión

Fd = Factor de dilución

Pm = Peso de la muestra (g)

f) Antocianinas

Método (Huang, 2006)

Procedimiento

- Pesar 1 gramo de muestra y colocar en el Erlenmayer
- Añadir 10 ml de Metanol acidificado al 1% con HCl, mezclar a 45°C y 200 rpm durante 30 minutos en la oscuridad.
- Transferir el contenido a un tubo de centrifugación.
- Centrifugar por 15 minutos a 3000 rpm y 4°C.
- Tomar el residuo y añadir 10 ml de Metanol acidificado al 1% con HCl, mezclar a 45°C y 200 rpm durante 30 minutos en la oscuridad.
- Transferir el contenido a un tubo de centrifugación.
- Centrifugar por 15 minutos a 3000 rpm y 4°C.
- El sobrenadante final se diluye a 25 ml con agua destilada.
- Leer en el espectrofotómetro.

Medida espectrofotométrica

Para el reconocimiento de las antocianinas, tomar con una pipeta una cantidad suficiente de la capa superior y transferirla a la celda. Medir la densidad óptica de las muestras de los genotipos rojos y negros a 520 nm y 530 nm respectivamente, usando metanol acidificado al 1% con HCl como blanco.

Cálculos

$$\text{Contenido de Antocianinas} = \frac{AxPMxFdx100}{\epsilon x Pm} \quad (18)$$

Dónde:

A = Absorbancia

PM = Peso molecular de la antocianina que se encuentra predominando en los genotipos

Fd = Factor de dilución

E = Absortividad molar

Pm = Peso de la muestra

Materiales y Equipos

- Tubos centrífuga de 50 ml
- Centrífuga 3000-4000 rpm
- Pipetas volumétricas de 10 ml
- Balón de 25 ml con tapa esmerilada
- Espectrofotómetro
- Balanza analítica de 210 g
- Erlenmayer 50 ml

Reactivos

- Metanol Acidificado al 1% con ácido clorhídrico

g) Taninos

Principio (A.O.A.C., 1964)

Procedimiento

- Se pesa 1 g de muestra y se extrae durante 8 horas con hexano.
- Se coloca en ebullición el residuo durante 2 horas con 300 ml de agua destilada.
- Se enfría, se filtra y se diluye a 500 ml.
- Se toma alícuotas del filtrado en balones de 50 ml, se añade 2,5 ml de reactivo Folin-Denis, 5 ml de solución de carbonato de sodio y se afora a 50ml con agua destilada.
- Se lee en un espectrofotómetro a 680 nm, después de 30 minutos que ocurre la reacción.
- Se prepara una curva patrón de ácido tánico de 0 a 100 ppm, proceder desde la adición del reactivo Folin-Denis.

Cálculos

Se debe tener en consideración para los cálculos las diluciones realizadas y el peso de la muestra. Los taninos vienen expresados como Ac. Tánico y los resultados se expresan como siguen:

$$mg \text{ taninos} / g \text{ muestra} = \left(\frac{LR(\mu g / ml) \times V(ml) \times FD \times 10^{-3} (mg / \mu g)}{Pm(g)} \right) (19)$$

Dónde:

LR = lectura de regresión

V = volumen final

FD = Factor de dilución

Pm = peso de la muestra

Reactivos

- Solución de Folin-Denis: Disolver 100 g de wolframato de sodio deshidratado, 20 g de ácido fosfomolibdico, 50 ml de ácido fosfórico, en 750 ml de agua destilada. Se calienta dos horas a reflujo, se enfría y se afora a un litro
- Solución de carbonato de sodio saturado: En 100 ml de agua destilada añadir 35g de carbonato de sodio anhidro, se disuelve en caliente a 70-80°C, se enfría una y se deja precipitar 12 horas, se coloca en la solución algunos cristales de carbonato de sodio decahidratado y luego que cristaliza se filtra a través de lana de vidrio
- Solución estándar de ácido tánico: Preparar una solución madre de 100 ppm de ácido tánico, cada vez que se va a realizar esta determinación

h) Recuento microbiológico

(Método 3M Center, Building 247-5w-05 St. Paul, MN55144-1 000)

✓ Aerobios totales

Procedimiento

1. Colocar la placa petrifilm en una superficie plana. Levantar el film superior
2. Con una pipeta perpendicular a la placa petrifilm colocar 1 ml de muestra en el centro del film inferior
3. Bajar el film superior, dejar que caiga. No deslizarlo hacia abajo

4. Con la cara lista hacia arriba, colocar el aplicador en el film superior sobre el inoculo
5. Con cuidado ejercer una presión sobre el aplicador para repartir el inoculo sobre el área circular. No girar ni deslizar el aplicador
6. Levantar el aplicador. Esperar un minuto a que se solidifique el gel
7. Incubar las placas cara arriba en pilas de hasta 20 placas a 37°C por 48 horas
8. Leer las placas en un contador de colonias estándar tipo Québec o una fuente de luz con aumento. Para leer los resultados, consultar en la guía de interpretación

Materiales y equipos

- Placas petrifilm para aerobios totales
- Pipetas de 1 a 10 ml
- Matraz de 250 ml.
- Contador de colonias Québec

✓ **Mohos y Levaduras**

Procedimiento

1. Colocar la placa petrifilm en una superficie plana. Levantar el film superior
2. Con una pipeta perpendicular a la placa petrifilm colocar 1 ml de muestra en el centro del film inferior
3. Bajar el film superior, dejar que caiga. No deslizarlo hacia abajo
4. Con la cara lista hacia arriba, colocar el aplicador en el film superior sobre el inoculo

5. Con cuidado ejercer una presión sobre el aplicador para repartir el inóculo sobre el área circular. No girar ni deslizar el aplicador
6. Levantar el aplicador. Esperar un minuto a que se solidifique el gel
7. Incubar las placas cara arriba en pilas de hasta 20 placas a 37°C por 48 horas
8. Leer las placas en un contador de colonias estándar tipo Québec o una fuente de luz con aumento. Para leer los resultados consultar en la guía de interpretación

Materiales y equipos

- Placas petrifilm para aerobios totales
- Pipetas de 1 a 10 ml
- Matraz de 250 ml
- Contador de colonias Québec

i) Evaluación sensorial (color, olor, sabor, amargor)

Para el análisis organoléptico se realizara un análisis sensorial a 60 panelistas midiendo cuatro parámetros fundamentales para bebidas fermentadas

Tipo de diseño

Se aplicara un ANOVA para los datos tabulados, provenientes de la encuesta a los 60 panelistas

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Determinación de las características físico-químicas de dos variedades de maíz.

Según los datos obtenidos hay diferencia significativa entre las dos variedades de maíz en las variables: humedad, grasa y proteína. Variación que incidirá en el diferente comportamiento de estos parámetros en el proceso de malteo.

La prueba “t” para las variables ceniza y fibra, muestra que se puede utilizar cualquiera de las dos variedades de maíz, para la elaboración de la bebida.

En la tabla 12 se muestran las características químicas de dos variedades de maíz.

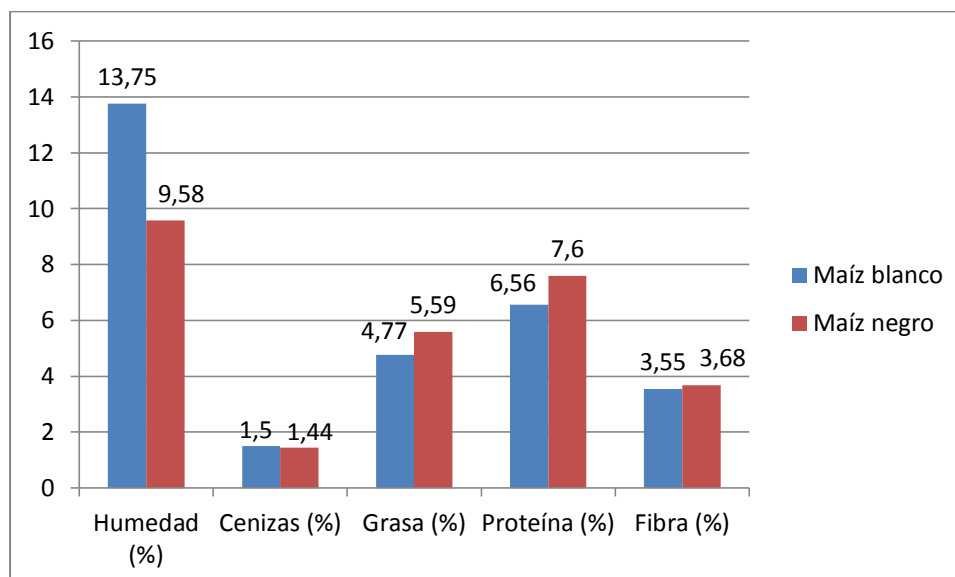
Tabla 12. Características físico-químicas de dos variedades de maíz

Variable	Maíz blanco	Maíz negro
Humedad (%)	13,75	9,58
Cenizas (%)	1,5	1,44
Grasa (%)	4,77	5,59
Proteína (%)	6,56	7,6
Fibra (%)	3,55	3,68

Fuente: Los autores

En el grafico 1 se muestran las características de cada variedad de maíz y como difieren en cada uno de los parámetros analizados.

Grafico 1. Características físico-químicas de dos variedades de maíz



Fuente: Los autores

Para estimar las diferencias de las dos variedades de maíz en la comparación proximal del grano, se aplicó la prueba estadística “t” student” (tabla 13) y la desviación estándar, ésta última se calculó en base al promedio de tres determinaciones para cada parámetro específico; la comparación del valor “t” calculado con el valor “t” teórico ($t = 4.3$), permite aceptar o rechazar las hipótesis planteadas, con un nivel de confianza del 95% y dos grados de libertad.

Tabla 13. Estadístico “t” student para las características físico-químicas de dos variedades de maíz

Variable	“t” student (t calculado)
Humedad	$\pm 82,8494989$
Cenizas	$\pm 1,96396101$
Grasa	$\pm 26,8408005$
Proteína	$\pm 35,3270435$
Fibra	$\pm 3,98042083$

Fuente: Los autores

Ha: variedad 1 \neq variedad 2

Ho: variedad 1 = variedad 2

t teórico = 4.3 (para 2 grados de libertad)

t calculado > **t teórico** => **hay diferencia significativa y se acepta Ha**

t calculado < **t teórico** => **no hay diferencia significativa y se acepta Ho**

Humedad: 82,8494989 > 4.3 => hay diferencia significativa entre variedades

Cenizas: 1,96396101 < 4.3 => no hay diferencia significativa

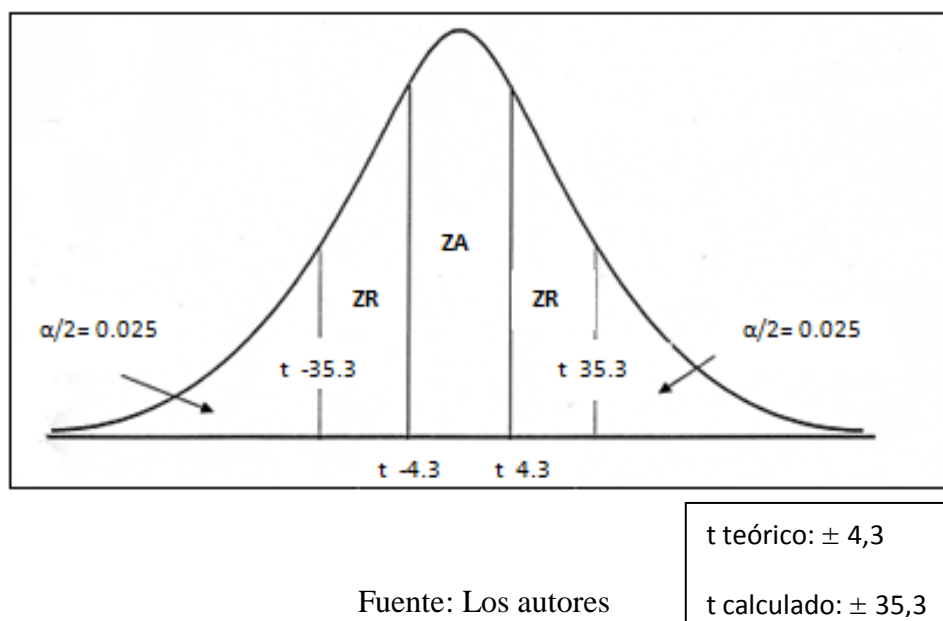
Grasas: 26,8408005 > 4.3 => hay diferencia significativa entre variedades

Proteína: 35,3270435 > 4.3 => hay diferencia significativa entre variedades

Fibra: 3,98042083 < 4.3 => no hay diferencia significativa

En la figura 3 se muestran los límites establecidos según el valor “t” teórico para la zona de aceptación (ZA). Los límites calculados caen dentro de la zona de rechazo (ZR) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (Ho) y se acepta la hipótesis alternativa (Ha), la misma que plantea que el contenido de proteína del maíz negro es diferente al contenido de proteína del maíz blanco. Concluyéndose que la variedad apropiada para el proceso de elaboración de una bebida fermentada es la variedad de maíz negro, ya que las levaduras requieren este nutriente para su óptimo desarrollo en la fermentación. Sin embargo, en función del contenido de humedad y grasa, resultó más apropiada la variedad de grano blanco, con un mayor contenido de humedad, condición deseable para la germinación del grano. Igualmente interesa un menor contenido de grasa.

Fig 3: Prueba “t” student para el contenido de proteína de dos variedades de maíz



Fuente: Los autores

Discusión

En la tabla 12 se muestran los resultados del análisis físico químico en las dos variedades de maíz. El contenido de humedad determinado es de 13.75%, para el maíz blanco y 9.58% para el maíz negro, lo que facilita su conservación y que se encuentran dentro del rango que se propone para la cebada en la elaboración de cerveza que es de 10.58% según (Hernández, 2001).

Presentan también un porcentaje de 1.5 en el maíz blanco y 1.44 en el maíz negro para cenizas, siendo estos menores al que reporta la cebada con 1.92%.

En cuanto a fibra la cebada presenta 5.67%, siendo un valor mayor al que presenta las dos variedades de maíz con 3.55% para el maíz blanco y 3.68% para el maíz negro.

Estos dos últimos parámetros presentan cantidades insignificantes las cuales no son muy importantes, especialmente en el proceso de malteo.

Los porcentajes en cuanto a proteína son menores a los que presenta la cebada; con respecto a la dos variedades de maíz, el mayor porcentaje de proteína es para el maíz

negro con un porcentaje de de 7.6, siendo este aún menor al de la cebada que presenta un valor de 11.06%. Así (Hough, 1990) señala que una de las necesidades del malteador es contar con un grano con un contenido relativamente bajo en proteínas (9 – 11.5%), teniendo así un valor inferior al reportado. Aunque según (Jagnow y Dawid, 1991), para las cervezas claras se emplean granos con un contenido proteico del 9 – 12% y para las negras del 11 – 13%.

También según (Arias, 1995), las proteínas son importantes en la estabilización de la espuma, en el gusto de la cerveza y en la nutrición de las levaduras. La norma técnica colombiana NTC 543 establece un valor mínimo de 10% de proteína (base seca) para la malta cervecera y un máximo de 12%, siendo este inferior al de la cebada debido a las pérdidas sufridas al retirar las raicillas y germen de malta.

4.2 Desarrollo del procedimiento para elaborar una bebida fermentada

Para determinar la formulación óptima de la bebida se realizó un diseño completamente al azar. Para los factores e interacciones significativas se aplicó la prueba de Tukey al 5 %.

Esta parte del proceso comprende tres etapas descritas a continuación:

4.2.1 Determinación de las condiciones necesarias para la hidratación de las dos variedades de maíz.

Para determinar los parámetros óptimos para el malteo, se realizó un diseño completamente al azar. Para los factores e interacciones significativas se aplicó la prueba de Tukey al 5 %.

4.2.1.1 Humedad absorbida

Es la humedad necesaria para que el embrión deje el estado de latencia y se produzca la germinación, es el tiempo en el cual las variedades de maíz alcanzan el 45 % de humedad.

El análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa en el contenido de humedad del grano por efecto de la variedad y el tiempo de remojo (Anexo 2).

En la tabla 14 se muestra la prueba de Tukey para la variable Variedad, en la tabla 15 para la variable Tiempo de remojo y en la tabla 16 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

Tabla 14. Prueba de Tukey para la variable Variedad			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,3638 gl: 12			
Variedad	Humedad Absorbida	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	46,85	9	A
Maíz blanco	42,70	9	B
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 15. Prueba de Tukey para la variable Tiempo de remojo			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,3638 gl: 12			
Tiempo de remojo	Humedad absorbida	n	Grupos Homogéneos
72 horas	48,00	6	A
48 horas	45,58	6	B
24 horas	40,75	6	C
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 16. Prueba de Tukey para las variables Variedad vs Tiempo de remojo				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 0,3638 gl: 12				
Variedad	Tiempo de remojo	Humedad absorbida	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	72 horas	50,00	3	A
Maíz negro	48 horas	47,45	3	B
Maíz blanco	72 horas	46,00	3	B
Maíz blanco	48 horas	43,70	3	C
Maíz negro	24 horas	43,10	3	C
Maíz blanco	24 horas	38,40	3	D
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5%, se determinó que el genotipo de grano negro presenta mayor contenido de humedad, después de 72 horas de remojo (tabla 16). Sin embargo este nivel de humedad no es apropiado para el proceso de malteo, ya que podría dar lugar a la pudrición del grano en el proceso de germinación. Lo que no ocurre con el genotipo negro a las 48 horas de remojo y el genotipo blanco a las 72 horas de remojo, períodos en los que el grano alcanza 47,45 y 46 %, niveles apropiados para el inicio de la germinación.

Discusión

Para que el maíz blanco alcance un porcentaje de humedad de 46% tuvieron que pasar 72 horas y para que el maíz negro alcance una humedad del 47.45% tuvieron que transcurrir 48 horas, siendo la velocidad de hidratación mayor en el genotipo de grano negro. Así (Pavón, 1993) indica que a las 72 horas el grano de maíz alcanza una humedad de 42.58% teniendo en este caso porcentajes de humedad óptimos para

la germinación del grano y periodos de tiempo que oscilan entre las 48 y 72 horas, que se encuentran dentro del rango de tiempo establecidos.

4.2.2 Determinar la influencia de la temperatura de maceración de la harina germinada sobre la sacarificación del almidón

En el proceso de maceración de la malta obtenida de los dos granos de maíz se analizaron los siguientes parámetros (sólidos solubles, pH, acidez, poder diastásico y extracto de malta), obteniendo los siguientes valores que se resumen en la tabla 17, y que se reportan de manera más completa en las tablas subsiguientes.

Tabla 17. Valores promedio de los parámetros analizados en la maceración

Parámetro	Variedad	Temperatura	Media
Sólidos solubles (°Brix)	Maíz negro	70° C	15.33 °Brix
	Maíz blanco	70° C	13.33 °Brix
pH	Maíz blanco	70° C	5.95
	Maíz negro	70° C	5.90
Acidez	Maíz negro	90° C	3.57%
	Maíz blanco	70° C	2.70%
Poder Diastásico	Maíz negro	70° C	266.81 °Lintner
	Maíz blanco	90° C	224.86 °Lintner
Extracto de malta	Maíz blanco	70° C	67.22 %
	Maíz negro	70° C	59.60%

Fuente: Los autores

4.2.2.1 Sólidos solubles

El análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles (° Brix) de la harina germinada por efecto de la variedad y la temperatura de maceración (Anexo 2).

Como se muestra en la tabla 18 para las dos variedades de grano hay una cantidad similar en cuanto a azúcares fermentables que serán necesarios en el proceso fermentativo.

En la tabla 18 se muestra la prueba de Tukey para la variable Variedad, en la tabla 19 para la variable Temperatura y en la tabla 20 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

TABLA 18. Prueba de Tukey para la variable Variedad			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 10,611 gl: 12			
Variedad	° Brix	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	13,67	9	A
Maíz blanco	13,00	9	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

TABLA 19. Prueba de Tukey para la variable Temperatura			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 10,611 gl: 12			
Temperatura	° Brix	n	Grupos Homogéneos
70 °C	14,33	6	A
80 °C	13,17	6	A
90 °C	12,50	6	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

TABLA 20. Prueba de Tukey para las variables Variedad vs Temperatura				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 10,6111 gl: 12				
Variedad	Temperatura	° Brix	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	70 °C	15,33	3	A
Maíz blanco	70 °C	13,33	3	A
Maíz negro	80 °C	13,33	3	A
Maíz blanco	80 °C	13,00	3	A
Maíz blanco	90 °C	12,67	3	A
Maíz negro	90 °C	12,33	3	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5% determinó que el genotipo de grano negro y grano blanco presenta mayor contenido de sólidos solubles, después de haber sometido la harina germinada a una temperatura de maceración de 70 °C (tabla 20). Esto indica que a menor temperatura se someta la harina germinada de maíz, mayor contenido de azúcares fermentables se formarán.

Discusión

Los valores de solido solubles se reportan en la tabla 20, presentando un mínimo de 13.33 para el maíz blanco y un máximo de 15.33 para el maíz negro, para ambos la harina germinada se sometió a 70°C, siendo esta la de mayor intensidad y la de mayor eficiencia en el proceso de sacarificación del almidón.

Estos valores se encuentran por encima de los que reporta (Hernández, 2001) en su investigación, con un valor mínimo de 9.9 y un valor máximo de 13.7, estando por debajo de los que presentan las dos variedades de maíz.

El empleo de harina de maíz incrementa los sólidos solubles con respecto a la harina y almidón de zanahoria blanca y cebada.

4.2.2.2 pH

El análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa en los valores de pH de la harina germinada por efecto de la variedad y la temperatura de maceración (Anexo 2).

Como se muestra en la tabla 21, los valores de pH son casi idénticos en las dos variedades por lo que ambos granos tiene la misma capacidad de ser parte de procesos fermentativos.

En la tabla 21 se muestra la prueba de Tukey para la variable Variedad, en la tabla 22 para la variable Temperatura y en la tabla 23 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

TABLA 21. Prueba de Tukey para la variable Variedad			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0496 gl: 12			
Variedad	pH	n	Grupos Homogéneos
Maíz blanco	6,11	9	A
Maíz negro	6,04	9	A
Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$)			

Fuente: Los autores

TABLA 22. Prueba de Tukey para la variable Temperatura			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0496 gl: 12			
Temperatura	pH	n	Grupos Homogéneos
90 °C	6,22	6	A
80 °C	6,08	6	A
70 °C	5,93	6	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

TABLA 23. Prueba de Tukey para la variable Variedad vs Temperatura				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 0,0496 gl: 12				
Variedad	Temperatura	pH	n	Grupos Homogéneos
Maíz blanco	90 °C	6,27	3	A
Maíz negro	90 °C	6,17	3	A
Maíz blanco	80 °C	6,10	3	A
Maíz negro	80 °C	6,07	3	A
Maíz blanco	70 °C	5,95	3	A
Maíz negro	70 °C	5,90	3	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5% determinó que el genotipo de grano negro y grano blanco presenta un menor valor de pH, después de haber sometido la harina germinada a una temperatura de maceración de 70 °C, siendo 5,90 y 5,95 respectivamente como se muestra en la tabla 23.

Esto indica que a menor temperatura se someta la harina germinada de maíz, menores serán los valores de pH, siendo el rango óptimo entre 5 – 6 para procesos fermentativos.

Discusión

Los resultados del potencial de hidrógeno se hallan reportados en la tabla 23, encontrando un valor mínimo de 5.90 para el maíz negro y un valor máximo de 5.95 para el maíz blanco, los cuales no difieren significativamente.

El potencial de hidrógeno para las dos variedades de maíz, se presenta cuando la harina germinada de ambos granos fue sometida a 70°C.

Los valores obtenidos con el empleo de harina de maíz son mayores que los obtenidos con harina y almidón de zanahoria y cebada, según (Hernández, 2001). En los tratamientos en los que se incorpora enzimas, el pH de los mostos disminuye, posiblemente se debe a la acción de la alfa-amilasa, beta-glucanasa.

4.2.2.3 Acidez

El análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa en el contenido de acidez de la harina germinada por efecto de la variedad más no por la temperatura de maceración (Anexo 2).

Como se muestra en la tabla 24, el grano de color negro presenta un mayor porcentaje de acidez 3,47, sin embargo el grano de color blanco presenta un porcentaje de 2,84, siendo para la variedad de maíz negro un valor que está dentro de los límites (2,5 – 4) para entrar al proceso fermentativo de la bebida a preparar.

En la tabla 24 se muestra la prueba de Tukey para la variable Variedad, en la tabla 25 para la variable Temperatura y en la tabla 26 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

Tabla 24. Prueba de Tukey para la variable Variedad			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0633 gl: 12			
Variedad	Acidez	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	3,47	9	A
Maíz blanco	2,84	9	B
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 25. Prueba de Tukey para la variable Temperatura			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0633 gl: 12			
Temperatura	Acidez	n	Grupos Homogéneos
90 °C	3,28	6	A
80 °C	3,13	6	A
70 °C	3,05	6	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 26. Prueba de Tukey para las variables Variedad vs temperatura				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 0,0633 gl: 12				
Variedad	Temperatura	Acidez	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	90 °C	3,57	3	A
Maíz negro	80 °C	3,43	3	AB
Maíz negro	70 °C	3,40	3	AB
Maíz blanco	90 °C	3,00	3	A B C
Maíz blanco	80 °C	2,83	3	B C
Maíz blanco	70 °C	2,70	3	C
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5% se determinó que el genotipo de grano negro presenta un mayor contenido de acidez, después de haber sometido la harina germinada a una temperatura de maceración de 90 °C, presentado un valor de 3.57, como se muestra en la tabla 26. Sin embargo, a 80 y 70 °C los valores de acidez no decaen mucho en cuanto a su valor, no así en el grano de maíz blanco donde sus valores están por debajo del 3 por ciento.

Discusión

En el proceso de maceración los valores de acidez son relativamente altos, presentando un valor mínimo de 2.7 para el maíz blanco. Cuando la harina germinada es sometida a 70°C y un valor máximo de 3.57, para el maíz negro cuando la harina es sometida a 90°C.

De tal manera que a mayor temperatura mayor porcentaje de acidez. Mientas para (Hernández, 2001) los valores de acidez se encuentran entre 0.240 a 0.286, siendo así los valores obtenidos con el empleo de harina de maíz más altos que los obtenidos con harina y, almidón de zanahoria y cebada

4.2.2.4 Poder diastásico

El análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa en el valor del poder diastásico de la harina germinada por efecto de la variedad y de la temperatura de maceración (Anexo 2).

Como se muestra en la tabla 27, hay mayor presencia de enzimas diastásicas en el genotipo de color negro que en el genotipo de color blanco, siendo la primera una variedad con mayor efecto dentro de procesos fermentativos.

En la tabla 27 se muestra la prueba de Tukey para la variable Variedad, en la tabla 28 para la variable Temperatura y en la tabla 29 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

Tabla 27. Prueba de Tukey para la variable Variedad			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,9840 gl: 12			
Variedad	°Lintner	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	259,39	9	A
Maíz blanco	233,64	9	B
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 28. Prueba de Tukey para la variable Temperatura			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,9840 gl: 12			
Temperatura	°Lintner	n	Grupos Homogéneos
70 °C	255,37	6	A
80 °C	245,55	6	B
90 °C	238,62	6	C
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 29. Prueba de Tukey para las variables Variedad vs temperatura				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 0,9840 gl: 12				
Variedad	Temperatura	°Lintner	n	Grupos Homogéneos
Maíz negro	70 °C	266,81	3	A
Maíz negro	80 °C	258,97	3	B
Maíz negro	90 °C	252,38	3	C
Maíz blanco	70 °C	243,93	3	D
Maíz blanco	80 °C	232,13	3	E
Maíz blanco	90 °C	224,86	3	F
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5% se determinó que el genotipo de grano negro presenta una mayor cantidad de potencial diastásico que el genotipo de grano blanco, después de haber sometido la harina germinada a una temperatura de maceración de 70 °C, dando una mayor producción de enzimas diastásicas y no así a temperaturas más elevadas.

Siendo, esta temperatura la apropiada para que trabajen las enzimas y esto se traduce en un mayor potencial diastásico por parte de la harina germinada del maíz.

Discusión

El poder diastásico es la habilidad que tiene el grano malteado para transformar los almidones en azúcares fermentables. Para este parámetro se determinó un valor mínimo de 224.86 °Lintner y un valor máximo de 266.81°Lintner. La norma técnica colombiana NTC 543 señala un valor mínimo de 90 °Lintner pero no señala un límite máximo, mientras que (Hernández, 2001) señala en su investigación un valor experimental de 114.48 °Lintner, siendo para las dos fuentes sus valores menores a los reportados en esta investigación con respecto a las dos variedades de maíz.

Con esto se asegura una gran cantidad de azúcares fermentables presentes en el proceso de maceración de esta bebida y por ende una gran cantidad de grados Brix.

4.2.2.5 Extracto de malta

El análisis de varianza muestra que existe diferencia significativa en los valores de extracto de malta de la harina germinada por efecto de la variedad y de la temperatura de maceración (Anexo 2).

En la tabla 30 se muestra la prueba de Tukey para la variable Variedad, en la tabla 31 para la variable Temperatura y en la tabla 32 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

Tabla 30. Prueba de Tukey para la variable Variedad			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,4934 gl: 12			
Variedad	Extracto de malta	n	Grupos Homogéneos
Maíz blanco	66,66	9	A
Maíz negro	57,46	9	B
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 31. Prueba de Tukey para la variable Temperatura			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,4934 gl: 12			
Temperatura	Extracto de malta	n	Grupos Homogéneos
70 °C	63,41	6	A
80 °C	62,19	6	B
90 °C	60,58	6	C
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

Tabla 32. Prueba de Tukey para las variables Variedad vs temperatura				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 0,4934 gl: 12				
Variedad	Temperatura	Extracto de malta	n	Grupos Homogéneos
Maíz blanco	80 °C	67,22	3	A
Maíz blanco	70 °C	67,22	3	A
Maíz blanco	90 °C	65,53	3	A
Maíz negro	70 °C	59,60	3	B
Maíz negro	80 °C	57,16	3	C
Maíz negro	90 °C	55,63	3	C
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5% se determinó que el genotipo de grano blanco presenta una mayor cantidad de extracto de malta que el genotipo de grano negro, después de haber sometido la harina germinada a una temperatura de maceración de entre 70 a 80 °C como muestra la tabla 32.

Sin embargo, para el genotipo de grano negro la temperatura ideal es 70 °C, temperatura en donde se da la mayor conversión de azúcares fermentables. Finalizada esta reacción las enzimas se encuentran inactivas y termina el proceso de transformación.

Discusión

Según (Figuroa, 1985), el extracto representa la cantidad de sólidos solubles que pasan del grano malteado al líquido de cocimiento, y es el factor que mayor importancia tiene en el rendimiento industrial.

Los resultados para este parámetro, se reportan en la Tabla 32, determinándose un valor mínimo de 59.6% para el maíz negro y un máximo de 67.22% para el maíz blanco; ambos cuando la harina germinada es sometida a 70°C. (Hernández, 2001) cita un valor máximo de 75.9% teniendo así valores óptimos para el proceso de malteo.

4.2.3 Determinar las condiciones necesarias para la fermentación de los mostos provenientes de dos variedades de maíz.

En el proceso fermentativo de los mostos provenientes de las dos variedades de maíz y con los cuales se formularon dos tipos de bebidas fermentadas se analizaron los siguientes parámetros (sólidos solubles, porcentaje de alcohol) obteniendo los siguientes valores que se resumen en la tabla 33, y que se reportan de manera más completa en las tablas subsiguientes.

Tabla 33. Valores promedio de los parámetros analizados en la fermentación

Parámetro	[] levadura	[] lúpulo	Media
Sólidos solubles (°Brix)	1.0g/l	2.0 g/l	5.10 °Brix
	0.5 g/l	1.0 g/l	5.00 °Brix
% Alcohol	1.0 g/l	2.0 g/l	5.33%
	0.5 g/l	1.0 g/l	5.12%

Fuente: Los autores

4.2.3.1 Sólidos solubles

El análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa en el contenido de sólidos solubles (° Brix) del mosto por efecto de la concentración de levadura y la concentración de lúpulo (Anexo 2).

En la tabla 34 se muestra la prueba de Tukey para la variable concentración de lúpulo, en la tabla 35 para la variable concentración de levadura y en la tabla 36 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

TABLA 34. Prueba de Tukey para la variable concentración de lúpulo			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0533 gl: 8			
[] lúpulo	° Brix	n	Grupos Homogéneos
2.0 g/l	5,08	6	A
1.0 g/l	5,00	6	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

TABLA 35. Prueba de Tukey para la variable concentración de levadura			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0533 gl: 8			
[] levadura	° Brix	n	Grupos Homogéneos
1.0 g/l	5,05	6	A
0.5 g/l	5,03	6	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

TABLA 36. Prueba de Tukey para las variables concentración de levadura vs concentración de lúpulo				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 0,0533 gl: 8				
[] levadura	[] lúpulo	° Brix	n	Grupos Homogéneos
1.0 g/l	2.0 g/l	5,10	3	A
0.5 g/l	2.0 g/l	5,07	3	A
1.0 g/l	1.0 g/l	5,00	3	A
0.5 g/l	1.0 g/l	5,00	3	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5% se determinó que el mosto proveniente de las dos variedades de maíz alcanza un rango de 5 – 5,1 de sólidos solubles (° Brix) para cualquiera de los tratamientos, siendo así cualquier de ellos óptimo para la fermentación.

Discusión

Como se puede observar en las tablas antes mencionadas los °Brix de los mostos disminuyen conforme transcurre el tiempo de fermentación; siendo esta variación rápida al inicio y lenta hacia el final del proceso.

El tratamiento que consta 1.0g/l de levadura y 2.0g/l de lúpulo es el que presenta el valor máximo con 5.10 °Brix y el tratamiento que se compone de 0.5g/l de levadura y 1.0g/l de lúpulo presenta el valor mínimo con un porcentaje de °Brix de 5.00.

Los rangos que manifiesta (Hernández, 2001) se encuentran entre 5.3 y 10.4 °Brix, siendo estos valores más altos debido a la presencia de enzimas que hacen que se obtenga una mayor cantidad de grados Brix al final de los procesos fermentativos.

4.2.3.2 Porcentaje de alcohol

El análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa en el porcentaje de alcohol del mosto por efecto de la concentración de levadura y la concentración de lúpulo (Anexo 2).

En la tabla 37 se muestra la prueba de Tukey para la variable concentración de lúpulo, en la tabla 38 para la variable concentración de levadura y en la tabla 39 para la interacción entre las dos variables antes mencionadas.

TABLA 37. Prueba de Tukey para la variable concentración de lúpulo			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0117 gl: 8			
[] lúpulo	Porcentaje de alcohol	n	Grupos Homogéneos
2.0 g/l	5,25	6	A
1.0 g/l	5,19	6	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

TABLA 38. Prueba de Tukey para la variable concentración de levadura			
Test: Tukey Alfa= 0,05			
Error: 0,0117 gl: 8			
[] levadura	Porcentaje de alcohol	n	Grupos Homogéneos
1.0 g/l	5,25	6	A
0.5 g/l	5,19	6	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)			

Fuente: Los autores

TABLA 39. Prueba de Tukey para la variable concentración de levadura vs concentración de lúpulo				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 0,0117 gl: 8				
[] levadura	[] lúpulo	Porcentaje de alcohol	n	Grupos Homogéneos
1.0 g/l	2.0 g/l	5,33	3	A
1.0 g/l	1.0 g/l	5,25	3	A
0.5 g/l	2.0 g/l	5,17	3	A
0.5 g/l	1.0 g/l	5,12	3	A
Letras distintas indican diferencias significativas (p< = 0,05)				

Fuente: Los autores

Con la prueba de Tukey al 5% se determinó que el mosto proveniente de las dos variedades de maíz alcanza un mayor porcentaje de alcohol cuando se le ha incorporado una concentración de lúpulo 2.0 g/L y una concentración de levadura de 1.0 g/L.

Sin embargo, no hay diferencia significativa con los otros tratamientos, por lo que cualquiera de estos porcentajes está dentro de los parámetros para este tipo de bebidas que es de 4 – 6 grados de alcohol en volumen.

Discusión

A expensas del consumo de azúcares por parte de la levadura se produce etanol, cuya concentración aumenta en el curso de la fermentación hasta alcanzar valores de alrededor de 3.8% (v/v) ó 3.8 °G.L.

El tratamiento con 1.0 g/l de levadura y 2.0g/l de lúpulo presentan 5.33% de alcohol y el tratamiento con 0.5 g/l de levadura y 1.0 g/l de lúpulo presenta un valor menor con 5.125% de alcohol, siendo estos valores mayores a los mostrados por (Hernández, 2001).

Esto puede ser debido a que la fermentación de estos tratamientos fue realizado por períodos de tiempo más largos que los citados por (Hernández, 2001), por lo que el porcentaje de alcohol es mayor.

4.3 Evaluación de las características físicas y la composición química de la bebida obtenida

Según los resultados de la Tabla 40, no existe diferencia significativa en los parámetros evaluados de las bebidas fermentadas obtenidas con maíz negro y la combinación maíz negro-maíz blanco, ya que el valor "t" calculado es menor que el valor "t" teórico para los parámetros sólidos solubles, pH, acidez, gravedad específica.

La prueba "t" para las variables antocianinas y taninos, muestra que las dos bebidas elaboradas cuentan con estos compuestos, por tal razón las dos bebidas pueden ser consideradas como bebidas funcionales aptas para el consumo.

Tabla 40. Características físico-químicas de dos tipos de bebidas fermentadas

PARÁMETRO	Maíz negro	Combinación maíz negro-maíz blanco
Sólidos solubles (° Brix)	5,1	5
pH (%)	5,05	5
Acidez (%)	4,6	5
Gravedad Específica (%)	1,011	1,010
Taninos (ppm)	54,1496	11,9674
Antocianinas (Abs.)	0,081	0,047

Fuente: Los autores

Para estimar si existen diferencias significativas entre las dos variedades de bebidas fermentadas se aplicó la prueba estadística "t" student" y la desviación estándar, ésta última se calculó en base al promedio de tres determinaciones para cada parámetro específico; la comparación del valor "t" calculado con el valor "t" teórico ($t = 4.3$), permite aceptar o rechazar las hipótesis planteadas, con un nivel de confianza del 95% y dos grados de libertad.

Tabla 41. Estadístico "t" student para varios parámetros de calidad de dos tipos de bebidas fermentadas*

PARÁMETRO	t student (t calculado)
Sólidos solubles	$\pm 0,54772256$
PH	$\pm 0,77459667$
Acidez	$\pm 1,30930734$
Gravedad Específica	$\pm 1,22474487$
Taninos	$\pm 141,451913$
Antocianinas	$\pm 7,19452528$

*Procesada con maíz negro y la combinación maíz negro-maíz blanco

Fuente: Los autores

Ha: bebida 1 \neq bebida 2

Ho: bebida 1 = bebida 2

t teórico = 4.3 (para 2 grados de libertad)

t calculado > **t teórico** => hay diferencia significativa y se acepta **Ha**

t calculado < **t teórico** =>no hay diferencia significativa y se acepta **Ho**

Sólidos solubles: $0,54772256 < 4.3$ => no hay diferencia significativa

PH: $0,77459667 < 4.3$ => no hay diferencia significativa

Acidez: $1,30930734 < 4.3$ => no hay diferencia significativa

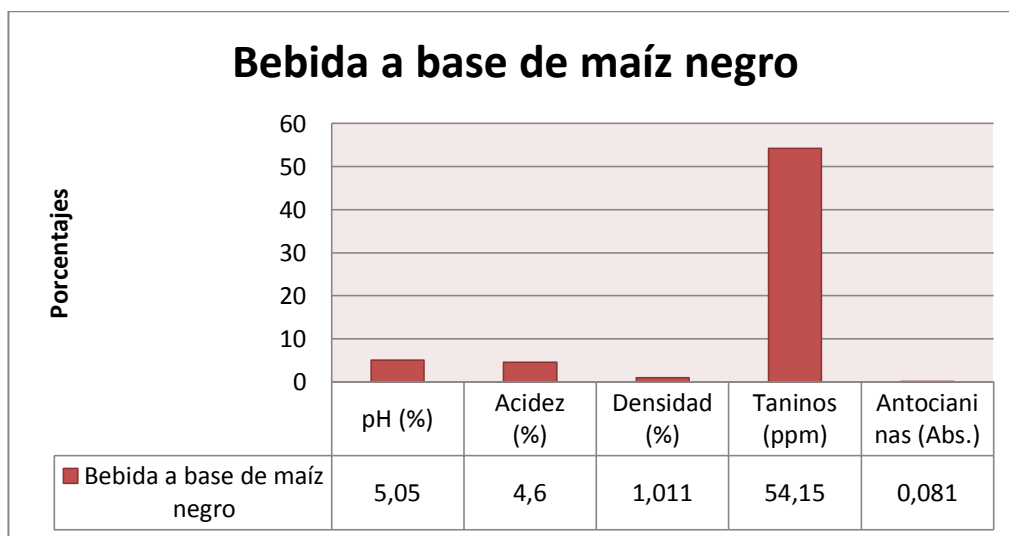
Gravedad Específica: $1,22474487 < 4.3$ => no hay diferencia significativa

Taninos: $141,451913 > 4.3$ hay diferencia significativa

Antocianinas: $7,19452528 > 4.3$ => hay diferencia significativas

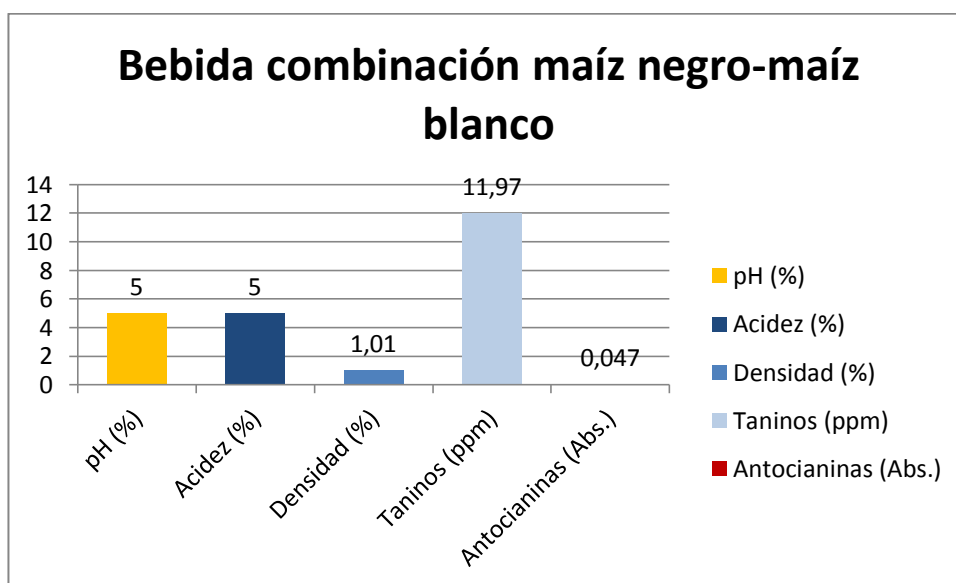
En el grafico 2 y 3 se muestran los valores que alcanzaron cada uno de los parámetros en las dos bebidas elaboradas y como difieren cada una de ellas.

Grafico 2. Características físico-químicas de la Bebida a base de Maíz Negro



Fuente: Los autores

Grafico 3. Características físico-químicas de la Bebida de la combinación de Maíz Negro-Maíz Blanco



Fuente: Los autores

Luego de analizar estadísticamente las antocianinas con un nivel de significación del 5%, se determinó que el mayor contenido de antocianinas corresponde a la bebida de maíz negro con 0.081 Abs y en menor proporción la bebida de la mezcla maíz negro-maíz blanco con 0.047 Abs.

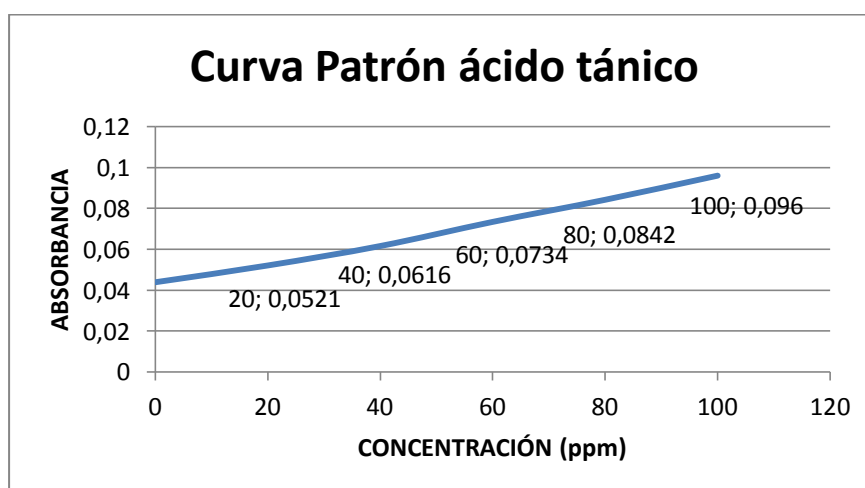
Debido a la presencia de estos compuestos se puede considerar a la bebida a base de maíz negro como una bebida funcional con propiedades antioxidantes apta para prevenir procesos de envejecimiento prematuro, reducción de enfermedades coronarias, efectos anti cancerígenos, antitumorales, antiinflamatorios además del mejoramiento de la agudeza visual.

Los taninos se encuentran en mayor cantidad en la bebida fermentada en base a maíz negro con 54,1496 ppm en comparación con la bebida obtenida de la mezcla de maíz negro-maíz blanco con 11,9674 ppm según la tabla 31, concluyendo que la bebida a base de maíz negro tiene una buena fuente de taninos, lo que eleva a esta bebida como alimento funcional.

Los taninos son compuestos polifenólicos muy astringentes; secan y contraen los tejidos inflamados, alivian o expelen gases del tracto digestivo y además son de gusto amargo, esta última característica ideal en bebidas fermentadas.

En el grafico 4 se muestra la curva patrón de ácido tánico, la misma que fue elaborada para poder determinar la cantidad de taninos, presentes en las bebidas elaboradas.

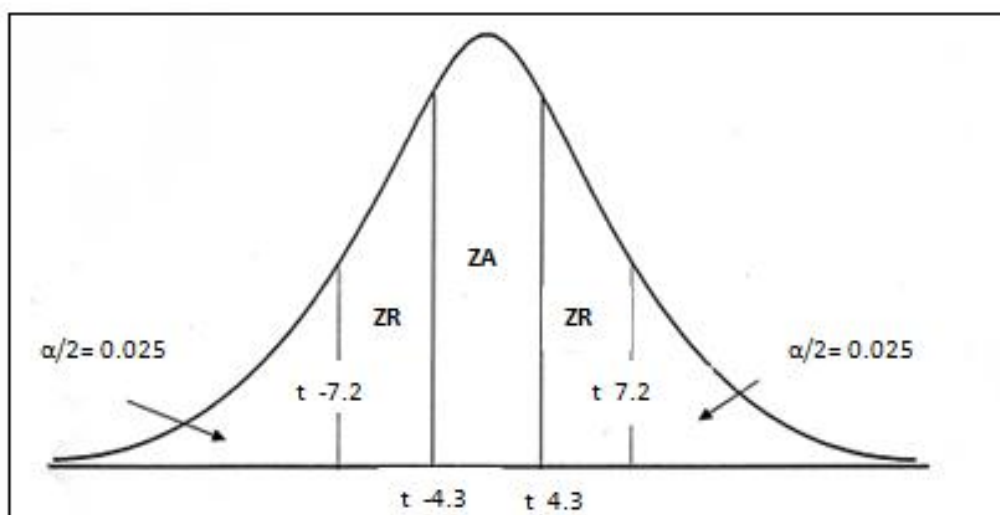
Grafico 4. Curva patrón de ácido tánico, lectura en espectrofotómetro a 680 nm



Fuente: Los autores

En la figura 4, se muestran los límites establecidos por el valor “t” teórico para la zona de aceptación (ZA). Los límites calculados caen dentro de la zona de rechazo (ZR) por lo tanto no se acepta la hipótesis nula (H₀), pero si la hipótesis alternativa (H_a), la misma que plantea que el contenido de antocianinas y taninos de la bebida a base de maíz negro es diferente al contenido de antocianinas y taninos de la bebida obtenida a base de la combinación de maíz negro y maíz blanco. Concluyéndose que la bebida a base de maíz negro presenta un mayor porcentaje de antocianinas y taninos, compuestos que le otorga a la bebida propiedades funcionales como la de antioxidante entre otras.

Fig 4. Prueba “t” student para el contenido de antocianinas de dos tipos de bebidas fermentadas



t teórico: $\pm 4,3$

t calculado: $\pm 35,3$

Fuente: Los autores

Discusión

Sólidos solubles

Durante el proceso de maduración se consumen completamente los azúcares fermentables, por lo que, los °Brix de algunos tratamientos son menores a los que se presentaban antes de la maduración (cerveza verde).

Es así que el valor para la bebida a base de maíz negro es de 5.1 ° Brix y el valor para la bebida producto de la combinación de los dos granos es de 5.0 ° Brix. Estando estos valores dentro del rango que cita (Hernández, 2001) que es de 4.6 a 5.4.

pH

Según (García y coL, 1993), durante la maduración de la cerveza se produce una reducción del pH, respuesta que se refleja en las dos bebidas obtenidas, cuyo pH disminuye ligeramente con la maduración.

Es así que los valores pH disminuyen para la bebida a base de maíz negro hasta 5.05 y para la bebida de la combinación de los dos granos hasta un valor de 5.

Siendo así estos valores muy cercanos para cerveza oscura y similar a lo citado por (Belitz y Grosch, 1997) para cervezas oscuras fuertes (4.7) y cervezas blancas (4.1).

Acidez

Los valores de acidez se incrementan ligeramente en el proceso de maduración, con respecto a la cerveza verde, estos se manifiesta para las dos tipos de bebidas obtenidas.

Teniendo para la bebida a base de maíz negro un porcentaje de acidez de 4.6 y para la bebida a base de la combinación maíz negro-maíz blanco un porcentaje de acidez de 5. Los niveles determinados están muy por encima de los señalados por (Villavecchia, 1963), quien manifiesta que una cerveza bien conservada debe presentar una acidez expresada como ácido láctico, entre 0.1 y 0.3%.

Gravedad específica

La gravedad específica de la cerveza madura, es menor que la de la cerveza verde. Para los tratamientos en estudio, los valores obtenidos cumplen con las Normas Oficiales Españolas que reportan valores habituales entre 1.004 y 1.009.

La bebida a base de maíz negro reporta el valor más alto de 1.011, mientras que la bebida a base de la combinación de los dos granos de maíz reporta un valor más bajo, 1.010. Con respecto a este parámetro, (Villavecchia, 1963), menciona que, en los casos más comunes la gravedad específica de la cerveza está comprendida entre 1.007 y 1.020, pero puede ser inferior a 1.007 e inclusive llegar a niveles tan altos como 1.030.

Taninos

Dentro de los compuestos funcionales los taninos presentan valores bien marcados para los dos tipos de bebidas, siendo el valor más bajo para la bebida obtenida a partir de los dos granos de maíz con un valor de 11.9674 ppm y para la bebida a base de maíz negro un valor más alto de 54.1496 ppm. Siendo la segunda aun más alta que la citada por (Pazmiño, 2011) que manifiesta en la elaboración de su bebida funcional un valor de 38.12 ppm.

Antocianinas

En cuanto a las antocianinas la bebida a base de maíz negro presenta un valor más alto que la que presenta la bebida de la combinación maíz negro-maíz blanco, teniendo una absorbancia de 0.081 y 0.047 respectivamente, para los dos tipos de bebidas elaboradas.

Así, (Pazmiño, 2011) menciona en una bebida funcional una absorbancia de 0.885, siendo este valor mayor a los antes mencionados. Esto puede deberse a que en la bebida funcional que cita (Pazmiño, 2001) se utilizan las semillas y corontas del maíz negro lo que le puede otorgar a dicha bebida una concentración mayor de este compuesto.

4.3.1 Minerales totales

En la tabla 20, se indica el contenido de minerales en la cerveza (bebida fermentada) datos reportados por Sendra y Carbonell (1999).

Discusión

Comparando estos datos con los resultados experimentales, se observa que estos últimos son menores a los que presentan las dos bebidas fermentadas.

En la tabla 42 se muestra las concentraciones de macro minerales obtenidos en los dos tipos de bebidas fermentadas.

Tabla 42. Contenido de macro minerales en dos tipos de bebidas fermentadas

Análisis	Ca	P	Mg	K	Na
Unidad	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml	mg/100 ml
Bebida 1	1,38	41,04	8,07	63,54	16,26
Bebida 2	1,84	36,78	6,85	56,42	14,69

Bebida1: bebida fermentada en base a maíz negro

Bebida 2: bebida fermentada de la combinación maíz negro–maíz blanco

Fuente: Los autores

El contenido de potasio es alto en relación al resto de macro minerales como se muestra en la tabla 42, las propiedades del potasio en una bebida son: mantener el equilibrio de los líquidos en el organismo, regular el ritmo cardíaco y regular la presión arterial (Botanical 2007).

En los macroelementos presentes en la bebida a base de maíz negro, se destacan el fósforo y potasio, estos elementos alcanzan valores de 41.04 mg/100ml y 63.54 mg/100ml, respectivamente, y para la bebida a base de la combinación de los dos granos son también el fósforo y el potasio los que sobresalen.

Tabla 43. Contenido de micro minerales en dos tipos de bebidas fermentadas

Análisis	Cu	Fe	Mn	Zn
Unidad	µg/100ml	µg/100ml	µg/100ml	µg/100ml
Bebida 1	55	338	4	38
Bebida 2	17	283	3	16

Bebida 1: bebida fermentada en base a maíz negro

Bebida 2: bebida fermentada de la combinación maíz negro–maíz blanco

Fuente: Los autores

En la tabla 43, se observa que el hierro tiene valores altos en comparación al resto de elementos; las propiedades nutricionales que el hierro puede aportar a la bebida son: forma parte de muchas enzimas encargadas de transformar los alimentos en energía. Una carencia de hierro produce una falta de glóbulos rojos, lo que determina la aparición de una enfermedad conocida como anemia, un buen nivel de hierro proporcionara energía y reforzará el sistema inmunitario y la mente.

Por otro lado, el zinc participa en el funcionamiento de 70 enzimas entre las cuales podemos nombrar las del metabolismo de carbohidratos, proteínas y grasas, en la síntesis de insulina, el ARN, el ADN y algunas otras. Cumple también funciones aliviando alergias, aumenta la inmunidad natural contra infecciones bacterianas y destruye elementos tóxicos como el cadmio que ingresa al organismo a través del humo del cigarrillo (Botanical 2007).

Los datos de la tabla 42 y 43 muestran que la bebida elaborada con maíz negro presenta un mejor aporte de macro y micro elementos que la bebida procesada con la mezcla de granos. Condición importante desde el punto de vista nutricional, ya que el consumidor busca alimentos y bebidas que a más de satisfacer el paladar, aporten los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del organismo.

4.3.2 Análisis Microbiológico

Para el análisis microbiológico se tomaron alícuotas de las dos bebidas obtenidas en diluciones; diez a la menos uno y diez a la menos dos, en placas petri film para detectar aerobios totales, mohos y levaduras, principales microorganismos que se pueden presentar en bebidas, a los cuales es importante detectarlos y cuantificarlos para verificar la inocuidad de la bebida elaborada.

Las placas petri film fueron incubadas para aerobios totales a 30 °C y para hongos y levaduras a 25 °C.

Discusión

Según (Sendra y Carbonell, 1999), manifiestan que la cerveza es una bebida fermentada segura por la ausencia de microorganismos patógenos, atribuyéndose a factores: el limitado crecimiento microbiano, pH bajo, escaso potencial de óxido reducción, contenido mínimo de nutrientes, presencia de alcohol etílico, presencia de isohumulonas de lúpulo, sumándose también la elevada concentración de anhídrido carbónico disuelto, el cual tiene cierto efecto antiséptico.

Estos efectos se reflejan en los resultados del análisis microbiológico para las muestras de bebidas analizadas en la tabla 44 y 45. No se evidencia mayor contaminación microbiana, los valores determinados se enmarcan dentro de los niveles permisibles establecidos en la norma INEN para alimentos y bebidas, la misma que permite como índice máximo permisible un contaje de 80 UFC/cm³ para aerobios totales y 50 UP/cm³ para mohos y levaduras, como se muestra en la tabla 9.

Tabla 44. Recuento microbiológico para los dos tipos de bebidas fermentadas. Dilución a la menos uno

		Dilución 10^{-1}					
		Bebida de maíz negro			Bebida de maíz negro-maíz blanco		
Tiempo	Aerobios totales	Hongos	Levaduras	Aerobios totales	Mohos	Levaduras	
(días)	(ufc/ml)	(uph/ml)	(upl/ml)	(ufc/ml)	(uph/ml)	(upl/ml)	
2	-	-	-	9	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	

ufc: unidades formadoras de colonia

uph: unidades propagadoras de hongos

upl: unidades propagadoras de levaduras

Fuente: Los autores

Según los resultados mostrados en la tabla 44, se puede demostrar que las dos bebidas fermentadas se encuentran dentro de los niveles permisibles que otorga la norma INEN con apenas 9 UFC/ml para aerobios totales en la bebida de maíz negro-maíz blanco, y con un conteo de cero para la bebida fermentada a base de maíz negro, con lo que se comprueba la inocuidad de estas dos bebidas.

Tabla 45. Recuento microbiológico para los dos tipos de bebidas fermentadas. Dilución a la menos dos

		Dilución 10^{-2}					
		Bebida de maíz negro			Bebida de maíz negro-maíz blanco		
Tiempo	Aerobios totales	Hongos	Levaduras	Aerobios totales	Mohos	Levaduras	
(días)	(ufc/ml)	(uph/ml)	(upl/ml)	(ufc/ml)	(uph/ml)	(upl/ml)	
2	-	-	-	21	-	-	
3	-	-	-	-	-	-	
4	-	-	-	-	-	-	
5	-	-	-	-	-	-	

ufc: unidades formadoras de colonia

uph: unidades propagadoras de hongos

upl: unidades propagadoras de levaduras

Fuente: Los autores

Según los resultados mostrados en la tabla 45, se puede demostrar que las dos bebidas fermentadas se encuentran dentro de los niveles permisibles que otorga la norma INEN con apenas 21 UFC/ml para aerobios totales en la bebida de maíz negro-maíz blanco, y con un conteo de cero para la bebida fermentada a base de maíz negro, con lo que se comprueba la inocuidad de estas dos bebidas.

4.3.3 Evaluación sensorial

El producto fermentado fue sometido a catación. En el (anexo 4) se adjunta el formato aplicado para la evaluación sensorial del producto.

Para este análisis se realizó una encuesta a 60 panelistas para dos tipos de bebidas fermentadas, en donde se prepararon cuatro muestras para cada uno de ellas con la siguiente formulación y nomenclatura:

Muestra 1 = 2 g de lúpulo y 1 g de levadura

Muestra 2 = 1 g de lúpulo y 1 g de levadura

Muestra 3 = 1 g de lúpulo y 0.5 g de levadura

Muestra 4 = 2 g de lúpulo y 0.5 g de levadura

4.3.3.1 Bebida fermentada a base de maíz negro

El análisis de varianza muestra que el sabor varía significativamente entre las muestras, por lo que fue necesario realizar una prueba de Tukey a un nivel de significación del 5%, lo que permitió verificar la preferencia de los catadores por la muestra 1 (tabla 46).

En cuanto al sabor, los panelistas tuvieron mayor preferencia por la muestra 1, catalogándose como de un sabor agradable.

Entre las muestras, la muestra 1 alcanzó la mayor ponderación con un valor de 6,01 y la muestra 4 el menor puntaje con un promedio de 4,59; calificándolos como moderadamente agradable en el primer caso y ligeramente agradable en el segundo.

Tabla 46. Prueba de Tukey para el atributo Sabor				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 5,7907gl: 177				
Muestra	Calificación promedio	Sabor	E.E	Grupos Homogéneos
4	4,59	60	0,35	B
3	5,23	60	0,35	AB
2	5,48	60	0,35	AB
1	6,01	60	0,35	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)				

Fuente: Los autores

El análisis de varianza muestra que el olor no varía significativamente entre las muestras (anexo 2).

Aunque los panelistas muestran mayor preferencia por la muestra 2, con un valor de 4,44 (tabla 47).

Tabla 47. Prueba de Tukey para el atributo Olor				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 6,8050 gl: 177				
Muestra	Medias	Olor	E.E	Grupos Homogéneos
1	3,77	60	0,32	A
4	4,26	60	0,32	A
3	4,29	60	0,32	A
2	4,44	60	0,32	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < = 0,05$)				

Fuente: Los autores

El análisis de varianza muestra que el color no varía significativamente entre las muestras (anexo 2).

Aunque los panelistas muestran mayor preferencia por la muestra 3, con un valor de 6,15 (tabla 48).

Tabla 48. Prueba de Tukey para el atributo Color				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 6,4313 gl: 177				
Muestra	Medias	Color	E.E	Grupos Homogéneos
1	5,16	60	0,34	A
2	4,34	60	0,34	A
4	5,79	60	0,34	A
3	6,15	60	0,34	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)				

Fuente: Los autores

El análisis de varianza muestra que el amargor no varía significativamente entre las muestras (anexo 2).

Aunque los panelistas muestran mayor preferencia por la muestra 2, con una media de 5,37 (tabla 49).

Tabla 49. Prueba de Tukey para el atributo Amargor				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 7,0268 gl: 177				
Muestra	Medias	Amargor	E.E	Grupos Homogéneos
1	4,06	60	0,31	A
4	5,01	60	0,31	A
3	5,06	60	0,31	A
2	5,37	60	0,31	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)				

Fuente: Los autores

En resumen, los atributos de calidad que tienen más importancia en la diferenciación de las 4 muestras de bebidas fermentadas con maíz negro son; el olor y el sabor. Las puntuaciones para los atributos de la muestra 1 y 2 son los más altos, con lo que se concluyó que la muestra 1 preparada con la formulación: 1g lúpulo y 1g levadura, presenta sabor moderadamente agradable, olor ligeramente fuerte, color semi oscuro y amargor medianamente intenso.

4.3.3.2 Bebida fermentada a base de la combinación maíz negro-maíz blanco

El análisis de varianza muestra que el sabor no varía significativamente entre las muestras (anexo 2).

Aunque los panelistas muestran mayor preferencia por la muestra 1, con un valor de 6,21 (tabla 50).

Tabla 50. Prueba de Tukey para el atributo Sabor				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 7,3975 gl: 177				
Muestra	Medias	Sabor	E.E	Grupos Homogéneos
1	6,21	60	0,35	A
3	5,58	60	0,35	A
2	5,17	60	0,35	A
4	5,13	60	0,35	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < = 0,05$)				

Fuente: Los autores

El análisis de varianza muestra que el olor varía significativamente entre las muestras, por lo que fue necesario realizar una prueba de Tukey a un nivel de significación del 5%, lo que permitió verificar la preferencia de los catadores por la muestra 4, catalogándose como de un olor medianamente débil (tabla 51).

Entre las muestras, la muestra 4 alcanzó la mayor ponderación con un valor de 5,03 y la muestra 3 el menor puntaje con un promedio de 3,72; calificándolos como moderadamente débil en el primer caso y ligeramente fuerte en el segundo.

Tabla 51. Prueba de Tukey para el atributo Olor				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 6,0824 gl: 177				
Muestra	Medias	Olor	E.E	Grupos Homogéneos
4	5,03	60	0,32	A
1	4,37	60	0,32	A B
2	3,76	60	0,32	B
3	3,72	60	0,32	B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < = 0,05$)				

Fuente: Los autores

Según la tabla 52 con respecto al atributo color se indica que los panelistas otorgaron una puntuación promedio de (5,05/10) a la muestra 1, (5,60/10) a la muestra 2, (4,78/10) a la muestra 3, y (3,94/10) a la muestra 4.

El análisis estadístico realizado entre las 4 muestras y calificaciones promedio otorgadas por los panelistas, diferencia a la muestra 2 como la de mayor aceptabilidad y tendencia al rojo.

Tabla 52. Prueba de Tukey para el atributo Color				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 5,7369 gl: 177				
Muestra	Medias	Color	E.E	Grupos Homogéneos
1	5,05	60	0,31	A
2	5,60	60	0,31	A
3	4,78	60	0,31	A B
4	3,94	60	0,31	A B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)				

Fuente: Los autores

El análisis de varianza muestra que el amargor no varía significativamente entre las muestras (anexo 2).

Aunque los panelistas muestran mayor preferencia por la muestra 2, con un valor de 5,52 (tabla 53).

Tabla 53. Prueba de Tukey para el atributo amargor				
Test: Tukey Alfa= 0,05				
Error: 5,9492 gl: 177				
Muestra	Medias	n	E.E	Grupos Homogéneos
2	5,52	60	0,31	A
1	5,30	60	0,31	A
3	5,20	60	0,31	A
4	4,01	60	0,31	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)				

Fuente: Los autores

En resumen, los atributos de calidad que tienen más importancia en la diferenciación de las 4 muestras de bebidas fermentadas con la mezcla de maíz negro-maíz blanco son el color y amargor. Las puntuaciones para los atributos de la muestra 2 son los más altos, con lo que se concluyó que la muestra 2 preparada con la formulación: 1g lúpulo y 1g levadura, presenta sabor moderadamente agradable, olor algo fuerte, color tendencia al rojo y amargor ligeramente suave.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Con el presente estudio se pretende difundir la importancia de variedades tradicionales como el maíz negro, así como también el desarrollo de nuevos productos alimenticios de gran valor nutritivo.
- El maíz tiene potencial agroindustrial importante en la industria cervecera ya que aporta azúcares fermentables y compuestos fenólicos como; antocianinas y taninos importantes en la elaboración de bebidas con propiedades nutritivas y funcionales.
- El grano de maíz negro alcanza rápidamente una humedad del 45% a las 7 horas de humidificación frente a las 48 horas que tarda el maíz blanco.
- La germinación de ambos maíces se detuvo a los cuatro días debido a que la longitud de la plúmula igualó a la longitud del grano, esto es 1,2 centímetros; factor ideal para continuar con el proceso de secado.
- El secado de ambas variedades se lo realizó utilizando una curva de secado hasta alcanzar una humedad del grano del ocho por ciento, el mismo que se lo realizó a 70°C por 48 horas en una desecadora.
- La mejor sacarificación de la harina germinada del grano de maíz negro y la del grano de maíz blanco, fue cuando se las sometió a 70 °C por una hora y media, con la relación: uno de harina germinada (malta) con tres de agua; obteniéndose 15,33 y 13,33 grados Brix respectivamente
- La fermentación concluye a los quince días de haber dejado la bebida en los tanques de acero inoxidable o cuando se obtiene cuatro grados Brix en la bebida.
- Las propiedades químicas del maíz negro difieren estadísticamente de las del maíz blanco especialmente en cuanto a humedad, grasa y proteína; por lo que

le otorgan diferentes cualidades a la bebida terminada especialmente cuando la bebida contiene a los dos granos.

- Las concentraciones de lúpulo y levadura no tienen diferencia significativa en los diferentes tratamientos para la fermentación de los mostos provenientes de las dos variedades de maíz, por lo que se pueden utilizar cualquiera de ellos sin obtener significativas diferencias.
- Entre los compuestos fenólicos en la bebida sobresale las antocianinas que presentan una absorbancia de 0.081 nm, y taninos con una concentración de 54.1496 ppm. Compuestos que le otorgan a la bebida propiedades antioxidantes fundamentales en el proceso de envejecimiento prematuro.
- La evaluación sensorial del producto final permitió establecer que lo más importante no es alcanzar la máxima cantidad de azúcares, sino que se debe tomar en cuenta sus características organolépticas porque de ellos depende la calidad y aceptabilidad del producto.
- Las dos muestras de bebidas obtenidas en esta investigación se pueden catalogar como; suaves, ligeras, con un grado alcohólico de 4 – 5%; cumplen con las normas técnicas y sanitarias establecidas, por lo que son aptas para el consumo.
- A través de los indicadores fisicoquímicos se determinó que el maíz negro es el más apropiado para la elaboración de una bebida fermentada con propiedades funcionales y nutricionales.
- La bebida elaborada con maíz negro presenta un mejor aporte de macro y micro minerales que la bebida procesada con la mezcla de granos. Condición importante desde el punto de vista nutricional, ya que aporta los nutrientes necesarios para el buen funcionamiento del organismo.
- Se determinó que la formulación apropiada y de mayor grado de aceptación entre los panelistas corresponde a la siguiente dosificación (1g de lúpulo y 1g de levadura) para los dos tipos de bebidas. El atributo ponderante fue el sabor, el mismo que alcanzó una calificación de 6,21.

5.2 RECOMENDACIONES

- En la etapa de maceración no moler los granos de maíz para formar harina, hacerlo para obtener una textura mediana-gruesa, ya que así se aprovecha al máximo la malta para obtener un mayor número de azúcares fermentables.
- En la maceración de la harina germinada mezclar esta con cascarilla de arroz o cebada en relación 1:1 para extraer el mosto con facilidad, caso contrario tiende a formarse una pasta compacta difícil de filtrar.
- Recircular el mosto por media hora en el macerador obteniendo así un mosto cristalino.
- Una vez concluida la fase de fermentación, trasvasar a otro recipiente el contenido del mismo, evitando el trasvase de las levaduras que se depositan en el fondo del fermentador y otros compuestos indeseables.
- Se recomienda difundir la tecnología desarrollada para interesar a los pequeños y medianos productores en la producción y comercialización de estos productos.
- Ensayar métodos alternativos para la preparación de la malta con el fin de darle a ésta mayor valor agregado y mayor diversificación de sus propiedades y características.
- Diseñar maquinaria y nuevos prototipos de equipos para la elaboración de estos productos, especialmente a los dedicados a la elaboración de alimentos y bebidas artesanales.
- Se recomienda estudiar los diversos procesos a los que pueden ser sometidos estos granos, para de esta forma diversificar la producción y ofrecer nuevas alternativas a los consumidores. Incentivar la demanda de estos granos y estimular una mayor producción a nivel nacional.
- Es recomendable poner en práctica, las buenas prácticas de manufactura (BMP), desde la recepción de la materia prima hasta el embotellamiento y

almacenamiento, con el fin de obtener un producto de buena calidad para el consumo.

- Para la obtención de una buena malta es necesario partir de un maíz maduro con un alto contenido de almidón.
- Durante el malteo se debe controlar la temperatura del proceso, la aireación y humedad del grano.
- La fermentación debe llevarse a cabo bajo condiciones que aseguren el máximo trabajo de las levaduras y por consiguiente un buen rendimiento en etanol.
- Durante la maceración, también es importante controlar la temperatura de tal manera que haya una adecuada sacarificación de los almidones.
- Se debe realizar mayores investigaciones de las propiedades funcionales y nutricionales del maíz negro, para poder elaborar otros productos de carácter alimenticio.

CAPÍTULO VI

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bravo, L, 2005, *Experiencias locales del cultivo tradicional del maíz, El maíz en El Ecuador* (revista electrónica) N°22, disponible en: <http://www.semillas.org.co/sitio.shtml?apc=a1a1--&x=20154615>.
- Carvajal, J, *Curso Elaboración de Cerveza, Sidra y Vinagre en Forma Casera*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Departamento de Bioquímica. Quito-Ecuador, 2000.
- Chávez, A. 2000. *Maíz morado peruano (Zea mays, L. amilaceae st.)*, Instituto Nacional de Investigación Agraria, Lima – Perú, 20.
- Cox, L, et als, 1987, *A catalogue of some Ecuadorean fermented bererages*, with notes on their microflora, *Mircen Journal* 3, 143-153.
- FAO (*Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación*), 2003. Departamento de Agricultura: Origen del maíz. Consultado en diciembre de 2011 en: <http://www.fao.org.ec>
- FAO (*Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación*), 1993. EL Maíz en la Nutrición Humana, Colección FAO: Alimentación y Nutrición, N°25, Italia, Roma. Consultado en Diciembre de 2011. en: <http://www.fao.org.ec>
- Ferrán, J. 1959. *Cebada. Variedades Cerveceras y Cerveza. Manual de Cultivo, mejora de Cebadas y Fabricación de Cerveza*. Ed. Aedos. Barcelona. España. p. 246.
- Figueroa, J. 1985. *Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada*. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Instituto nacional de investigaciones agrícolas – INIA. México D.F, 115.
- Fingermann, H, *Química en la Guía, Fermentación Alcohólica*, Consultado en noviembre de 2011, en: <http://quimica.laguia2000.com>.
- Galiana, P, 2006. *Composición de los alimentos*. Consultado junio 2011. Disponible en www.gelatsgaliana.com
- García M, y otros, 1993. *Biotecnología alimentaria*. Ed Limusa. México, D.F, 269 – 288.

- Hernández, M, *Aprovechamiento de la Zanahoria Blanca (Arracacia xanthorrhiza) como adjunto para la elaboración de Cerveza Tipo Lager*. Universidad Técnica de Ambato, Ambato – Ecuador, 2001, 75 – 103.
- Hough, J, 1990. *Biología de la cerveza y de la malta*. Ed. Acribia, Zaragoza. España, 194.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización; 2002, *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 262:200*, Quito – Ecuador.
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación ICONTEC, 1999. *Bebidas alcohólicas y Malta cervecera*. Normas técnicas No 543,3952,4092,4158, Colombia.
- Jacnow,G. ; Dawid, W. 1991. *Biología, Introducción con Experimentos Modelo*. Ed Acribia. Zaragoza. España, 21 – 27.
- Jorgensen, P y S. Leon, 1999. *Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador*. Monographs in Systematic Botany from The Missouri Botanical Garden.
- Kent, N, 1971. *Tecnología de los Cereales*. Ed. Acribia. Zaragoza. España, 9-11; 201 – 208.
- Mayorga, V, **Estudio de las propiedades reológicas y funcionales del maíz nativo “racimo de uva” Zea mays L**, Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 2010.
- Mazza, G. 2000. “*Alimentos funcionales*”. Aspectos bioquímicos y de procesado. Zaragoza - España, 299-301.
- Normas oficiales españolas. 1985. *Evaluación de la cerveza*. Normas No 254, 21911, España.
- Noroña, J. 2008. *Caracterización y evaluación agro morfológica de 64 accesiones de maíz negro y 27 accesiones de maíz chulpi (Zea mays L.), colectas en la serranía del Ecuador en la EESC-INIAP*, Quito, 6-7.
- Pabón, S, *Estudio de la elaboración y preservación de una bebida alcohólica obtenida de maíz germinado*. EPN, Abril 1993, 52.
- Pazmiño, P, *Utilización de la cebada, el grano y las corontas maíz negro en la elaboración de una bebida con propiedades nutritivas y funcionales*. Escuela Politécnica del Ejercito, Quito – Ecuador, 2011, 63 – 75.
- Primo, E. 1987. *Química Agrícola de Alimentos III*. Editorial Alambra. Impreso en España, 50-70.

- Ramirez, M; D. Williams. 2005. *Guía Agro-Culinaria de Cotacachi Ecuador y alrededores*. Cali, IPGRI-Américas, FERIVA, Colombia. P. 27-28.
- Sendra, J; Carbonell, J. 1999. *Evaluación de las propiedades funcionales, nutritivas y sanitarias de la cerveza en comparación con otras bebidas*. Instituto de agroquímica y tecnología de alimentos. Centro de información, cerveza y salud. Madrid, España, 4 -50.
- Terranova Editores Ltda, 1995, *Enciclopedia Agropecuaria Terranova*, Producción Agrícola 1, Tomo II, Bogotá – Colombia, 105 – 108.
- Villavecchia, V. 1963. *Tratado de Química analítica Aplicada*. Ed Gustavo Gili. Tercera Edición. Tomo II. Barcelona. España, 189 – 206.
- Ward, O, 1989, *Biotecnología de la Fermentación*, editorial, Zaragoza-España
- Wikipedia, *Descripción botánica planta de maíz*, 1985, disponible en: <http://www.wikipedia.org>
- Yáñez, C, 2008. *Manual de producción de maíz para pequeños agricultores*. Primera Edición, Pág. 6-8.
- Yáñez, C, y otros,. 2003. *Catálogo de Recursos Genéticos de Maíces de Altura Ecuatorianos*. INIAP, Programa de Maíz, Quito-Ecuador, 1 y 125.
- Zevallos, M, *Maíz Morado*. Consultado junio 2011, en: <http://www.gratisblog.com>

CAPÍTULO VII

7. ANEXOS

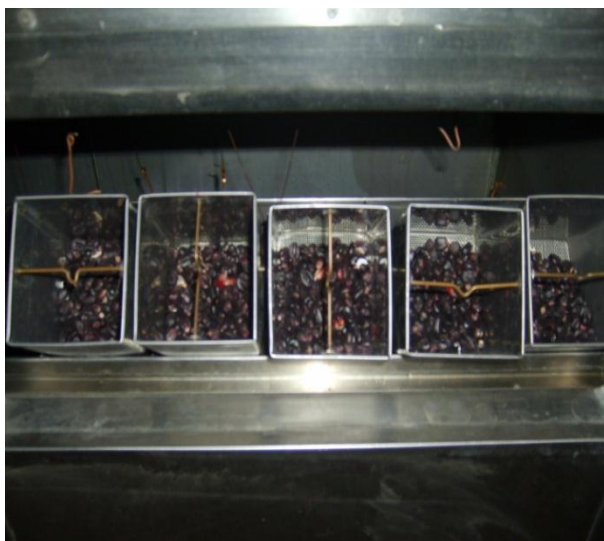
ANEXO 1

FOTOGRAFÍAS



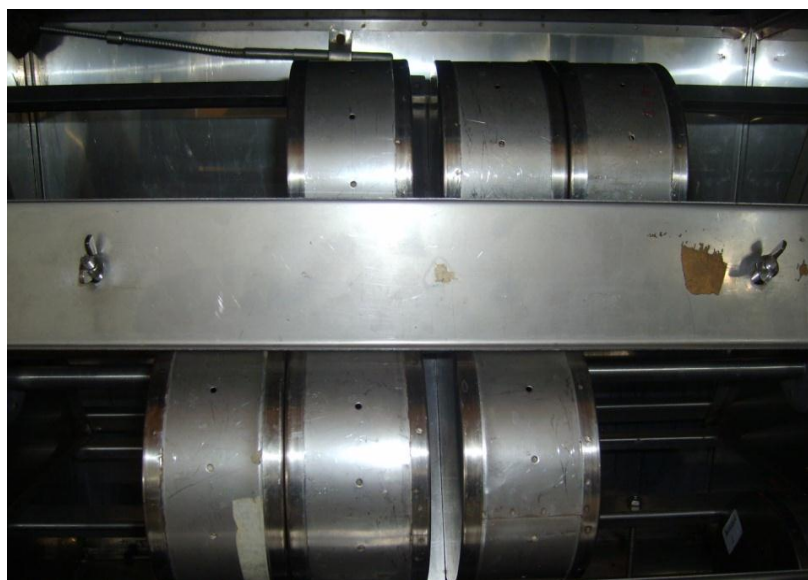
Fotografía 1. Tanque de remojo

Fuente: Los Autores



Fotografía 2. Maíz negro en remojo

Fuente: Los Autores



Fotografía 3. Maíz negro en germinación

Fuente: Los Autores



Fotografía 4. Cámara de secado

Fuente: Los Autores



Fotografía 5. Maíz negro en proceso de secado

Fuente: Los Autores



Fotografía 6. Macerador automático

Fuente: Los Autores



Fotografía 7. Sacarificación del almidón

Fuente: Los Autores



Fotografía 8. Sacarificación del almidón de maíz negro en prototipo semiautomático

Fuente: Los Autores



Fotografía 9. Obtención del mosto a partir de la sacarificación

Fuente: Los Autores



Fotografía 10. Fermentación del mosto

Fuente: Los Autores



Fotografía 11. Prototipo semiautomático con intercambiador de calor y enfriador contracorriente

Fuente: Los Autores



Fotografía 12. Sellado de botellas con bebida fermentada

Fuente: Los Autores



Fotografía 13. Bebida sellada

Fuente: Los Autores



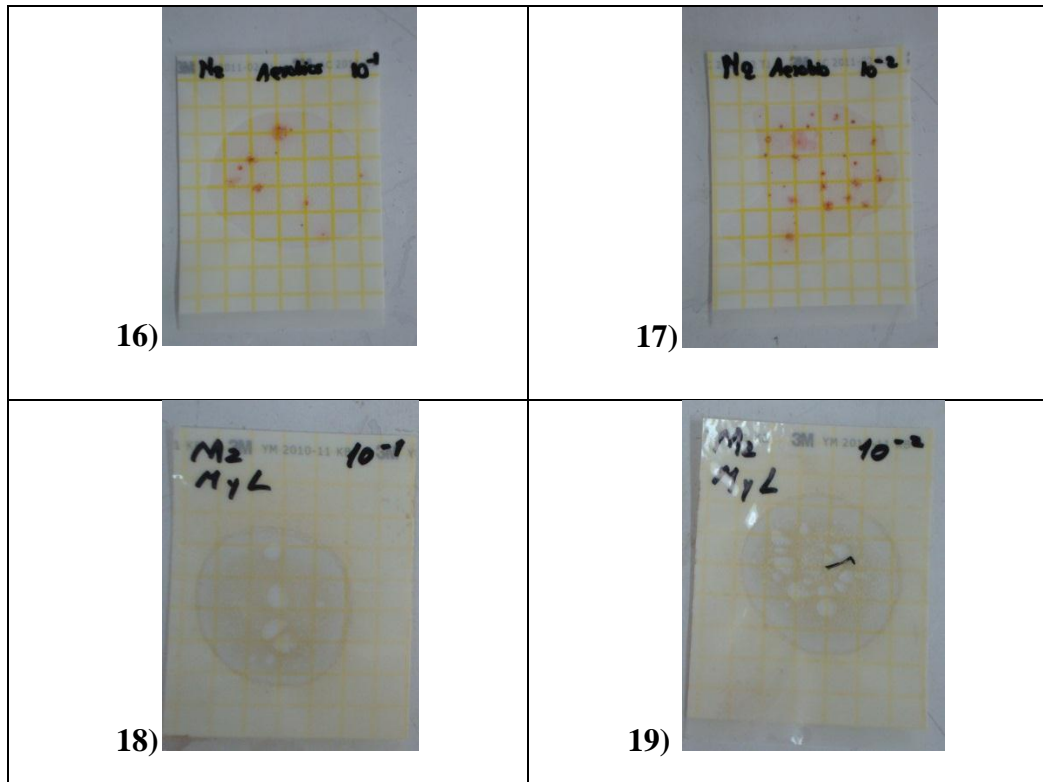
Fotografía 14. Tanque de CO₂ (izq), fermentador (der)

Fuente: Los Autores



Fotografía 15. Producto terminado

Fuente: Los Autores



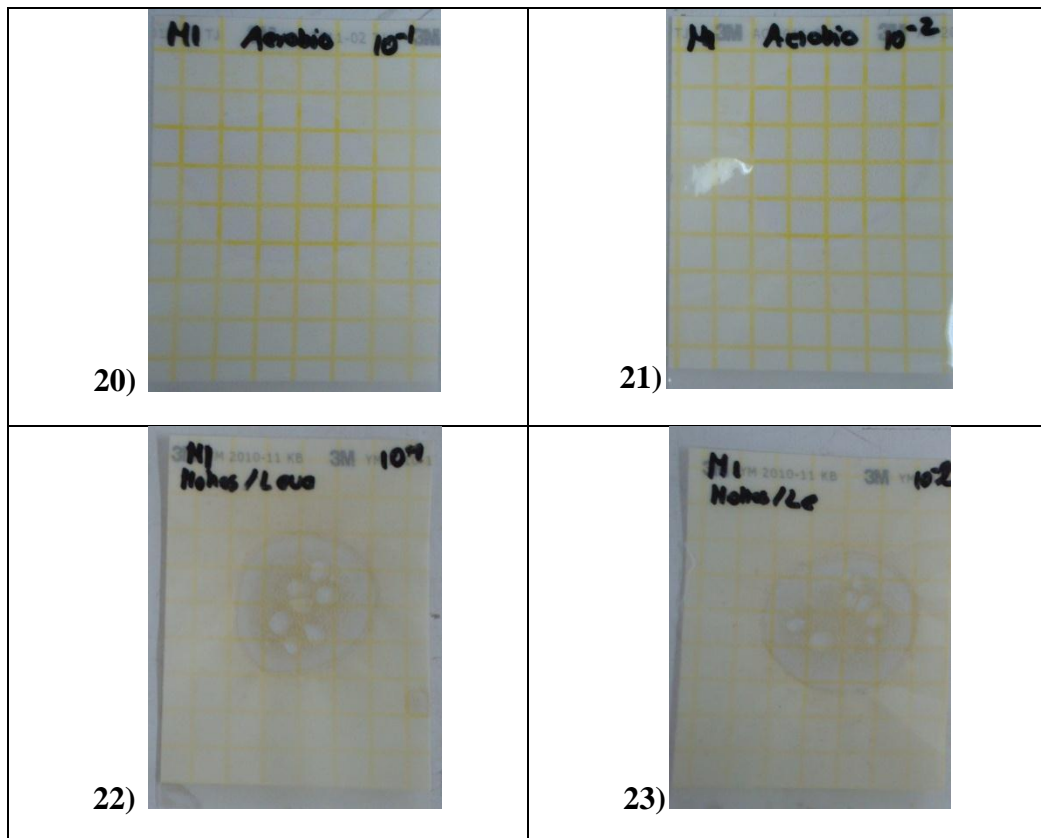
*Foto 16. Dilución a la menos uno, bebida de maíz negro y blanco
9 UFC para aerobios totales*

*Foto 17. Dilución a la menos dos, bebida de maíz negro y blanco
21 UFC para aerobios totales*

*Foto 18. Dilución a la menos uno, bebida de maíz negro y blanco
0 UP para mohos y levaduras*

*Foto 19. Dilución a la menos dos, bebida de maíz negro y blanco
0 UP para mohos y levaduras*

Fuente: Los Autores



*Foto 20. Dilución a la menos uno, bebida de maíz negro
0 UFC para aerobios totales*

*Foto 21. Dilución a la menos dos, bebida de maíz negro
0 UFC para aerobios totales*

*Foto 22. Dilución a la menos uno, bebida de maíz negro
0 UP para mohos y levaduras*

*Foto 23. Dilución a la menos dos, bebida de maíz negro
0 UP para mohos y levaduras*

Fuente: Los Autores

ANEXO 2

TABLAS

Tabla 54. Datos para realizar la curva patrón de ácido tánico para determinación de taninos

STD.	CONCENTRACION.	ABSORBANCIA.
No.	ppm	680.0 nm
1	0	0,0439
2	20,0	0,0521
3	40,0	0,0616
4	60,0	0,0734
5	80,0	0,0842
6	100,0	0,096

Tabla 55. Análisis de varianza para determinar la humedad de dos variedades de maíz

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
Humedad	18	0,98		0,97	1,35

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	241,68	5	48,34	132,88	<0,0001
Variedad	77,50	1	77,50	213,06	<0,0001
Tiempo remojo	163,45	2	81,72	224,67	<0,0001
Variedad*tiempo remojo	0,73	2	0,36	1,00	0,3966
Error	4,37	12	0,36		
Total	246,04	17			

Tabla 56. Análisis de varianza para la sacarificación del almidón, variable sólidos solubles

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Sólidos solubles	18	0,12		0,00	24,43

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	2,00	1	2,00	0,19	0,6719
Temperatura	10,33	2	5,17	0,49	0,6262
Variedad*temperatura	4,33	2	2,17	0,20	0,8181
Error	127,33	12	10,61		
Total	144,00	17			

Tabla 57. Análisis de varianza para la sacarificación del almidón, variable pH

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
PH	18	0,32		0,03	3,67

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	5	0,06	1,11	0,4031
Variedad	0,02	1	0,02	0,34	0,5712
Temperatura	0,26	2	0,13	2,58	0,1170
Variedad*temperatura	3,6E-03	2	1,8E-03	0,04	0,9643
Error	0,60	12	0,05		
Total	0,87	17			

Tabla 58. Análisis de varianza para la sacarificación del almidón, variable Acidez

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Acidez	18	0,72		0,60	7,98

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	1,74	1	1,74	27,51	0,0002
Temperatura	0,17	2	0,08	1,32	0,3021
Variedad*temperatura	0,01	2	0,01	0,11	0,8932
Error	0,76	12	0,06		
Total	2,68	17			

Tabla 59. Análisis de varianza para la sacarificación del almidón, variable Poder Diastásico

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Poder Diastasio	18	1,00		1,00	0,40

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	2982,47	1	2982,47	3030,90	<0,0001
temperatura	850,05	2	425,03	431,93	<0,0001
Variedad*temperatura	18,84	2	9,42	9,57	0,0033
Error	11,81	12	0,98		
Total	3863,17	17			

Tabla 60. Análisis de varianza para la sacarificación del almidón, variable Extracto de malta

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Porcentaje de extracto	18	0,99		0,98	1,13

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Variedad	380,44	1	180,44	771,11	<0,0001
temperatura	24,20	2	12,10	24,53	0,0001
Variedad*temperatura	5,58	2	2,79	5,66	0,0186
Error	5,92	12	0,49		
Total	416,14	17			

Tabla 61. Análisis de varianza para la sacarificación del almidón, variable Porcentaje de alcohol

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
porcentaje de alcohol	12	0,46		0,26	2,07

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
[] levadura	0,07	1	0,07	5,66	0,0446
[] lúpulo	0,01	1	0,01	1,09	0,3277
[] levadura*[] lúpulo	1,0E-03	1	1,0E-03	0,09	0,7763
Error	0,09	8	0,01		
Total	0,17	11			

Tabla 62. Análisis de varianza para la sacarificación del almidón, variable Sólidos solubles

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
sólidos solubles	12	0,05		0,00	4,58

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,02	3	0,01	0,14	0,9328
[] levadura	8,3E-04	1	8,3E-04	0,02	0,9036
[] lúpulo	0,02	1	0,02	0,39	0,5494
[] levadura*[] lúpulo	8,3E-04	1	8,3E-04	0,02	0,9036
Error	0,43	8	0,05		
Total	0,45	11			

Tabla 63. Análisis de varianza para la Bebida de la combinación Maíz negro-maíz blanco, atributo sabor

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Sabor	240	0,31		0,47	49,26

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	593,54	62	9,57	1,29	0,0984
Panelista	548,02	59	9,29	1,26	0,1306
Muestra	45,52	3	15,17	2,05	0,1084
Error	1309,35	177	7,40		
Total	1902,90	239			

Tabla 64. Análisis de varianza para la Bebida de la combinación Maíz negro-maíz blanco, atributo Olor

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Olor	240	0,39		0,16	58,46

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	689,67	62	11,12	1,83	0,0012
Panelista	620,70	59	10,52	1,73	0,0033
Muestra	68,97	3	22,99	3,78	0,0116
Error	1076,59	177	6,08		
Total	1766,27	239			

Tabla 65. Análisis de varianza para la Bebida de la combinación Maíz negro-maíz blanco, atributo Color

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Color	240	0,32		0,08	47,49

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	478,36	62	7,72	1,34	0,0691
Panelista	343,85	59	5,83	1,02	0,4564
Muestra	134,51	3	44,84	7,82	0,0001
Error	1015,43	177	5,74		
Total	1493,79	239			

Tabla 66. Análisis de varianza para la Bebida de la combinación Maíz negro-maíz blanco, atributo Amargor

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Amargor	240	0,41		0,21	46,85

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	746,54	62	12,04	2,02	0,0002
Panelista	730,73	59	12,39	2,08	0,0001
Muestra	15,81	3	5,27	0,89	0,4496
Error	1053,00	177	5,95		
Total	1799,54	239			

Tabla 67. Análisis de varianza para la Bebida a base de Maíz negro, atributo sabor

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Sabor	240	0,46		0,28	45,16

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	889,03	62	14,34	2,48	<0,0001
Panelista	826,75	59	14,01	2,42	<0,0001
Muestra	62,29	3	20,76	3,59	0,0150
Error	1024,96	177	5,79		
Total	1914,00	239			

Tabla 68. Análisis de varianza para la Bebida a base de Maíz negro, atributo Olor

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Olor	240	0,26		1,4E-04	62,26

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	422,14	62	6,81	1,00	0,4856
Panelista	406,69	59	6,89	1,01	0,4618
Muestra	15,45	3	5,15	0,76	0,5197
Error	1204,48	177	6,80		
Total	1626,62	239			

Tabla 69. Análisis de varianza para la Bebida a base de Maíz negro, atributo color

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Color	240	0,39		0,16	58,46

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	604,17	62	9,74	1,51	0,0198
Panelista	568,14	59	9,63	1,49	0,0246
Muestra	36,04	3	12,01	1,86	0,1382
Error	1143,65	177	6,46		
Total	1747,82	239			

Tabla 70. Análisis de varianza para la Bebida a base de Maíz negro, atributo Amargor

Variable	N	R^2	R^2	Aj	CV
Amargor	240	0,30		0,05	52,21

F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	531,57	62	8,57	1,22	0,1588
Panelista	523,39	59	8,87	1,26	0,1251
Muestra	8,19	3	2,73	0,39	0,7615
Error	1243,75	177	7,03		
Total	1775,32	239			

ANEXO 3

TABULACIÓN DE DATOS

Tabla 71. Valores para determinar el “t” student de la variable Humedad

Parámetro	Humedad	
Muestra	Maíz negro	Maíz blanco
r1	9,55	13,72
r2	9,57	13,69
r3	9,62	13,84
Media	9,58	13,75
Des est	0,03605551	0,07937254
Des est ²	0,0013	0,0063
t student	-82,8494989	

Tabla 72. Valores para determinar el “t” student de la variable Cenizas

Parámetro	Cenizas	
Muestra	Maíz negro	Maíz blanco
r1	1,4	1,48
r2	1,43	1,53
r3	1,49	1,49
Media	1,44	1,5
Des est	0,045825757	0,026457513
Des est ²	0,0021	0,0007
t student	-1,963961012	

Tabla 73. Valores para determinar el “t” student de la variable Grasa

Parámetro	Grasa	
	Maíz negro	Maíz blanco
r1	5,61	4,73
r2	5,56	4,76
r3	5,6	4,82
Media	5,59	4,77
Des est	0,026457513	0,045825757
Des est ²	0,0007	0,0021
t student	26,8408005	

Tabla 74. Valores para determinar el “t” student de la variable Proteína

Parámetro	Proteína	
	Maíz negro	Maíz blanco
r1	7,57	6,54
r2	7,61	6,61
r3	7,62	6,53
Media	7,6	6,56
Des est	0,026457513	0,043588989
Des est ²	0,0007	0,0019
t student	35,32704347	

Tabla 75. Valores para determinar el “t” student de la variable Fibra

Parámetro	Fibra	
	Maíz negro	Maíz blanco
r1	3,66	3,51
r2	3,65	3,58
r3	3,73	3,56
Media	3,68	3,55
Des est	0,043588989	0,036055513
Des est ²	0,0019	0,0013
t student	3,980420832	

Tabla 76. Valores para determinar el “t” student de la variable Acidez

Parámetro	Acidez	
	Bebida a base de maíz negro	Bebida de la combinación de granos
r1	4,2	4,7
r2	5,1	5,1
r3	4,5	5,2
Media	4,6	5
Des est	0,45825757	0,26457513
Des est ²	0,21	0,07
t student	-1,30930734	

Tabla 77. Valores para determinar el “t” student de la variable Densidad

Parámetro	Densidad	
	Bebida a base de maíz negro	Bebida de la combinación de granos
r1	1,01	1,009
r2	1,012	1,01
r3	1,011	1,011
Media	1,011	1,01
Des est	0,001	0,001
Des est ²	0,000001	0,000001
t student	1,224744871	

Tabla 78. Valores para determinar el “t” student de la variable pH

Parámetro	pH	
	Bebida a base de maíz negro	Bebida de la combinación de granos
r1	5,1	5
r2	5,05	5,1
r3	5	4,9
Media	5,05	5
Des est	0,05	0,1
Des est ²	0,0025	0,01
t student	0,77459667	

Tabla 79. Valores para determinar el “t” student de la variable Sólidos Solubles

Parámetro	Sólidos Solubles	
Muestra	Bebida a base de maíz negro	Bebida de la combinación de granos
r1	4,8	5,1
r2	5,2	4,8
r3	5,3	5,1
Media	5,1	5
Des est	0,26457513	0,17320508
Des est ²	0,07	0,03
t student	0,54772256	

Tabla 80. Valores para determinar el “t” student de la variable Antocianinas

Parámetro	Antocianinas	
Muestra	Bebida a base de maíz negro	Bebida de la combinación de granos
r1	0,075	0,042
r2	0,083	0,045
r3	0,085	0,054
Media	0,081	0,047
Des est	0,005291503	0,006245
Des est ²	2,8E-05	0,000039
t student	7,194525282	

Tabla 81. Valores para determinar el “t” student de la variable Taninos

Parámetro	Taninos	
	Bebida a base de maíz negro	Bebida de la combinación de granos
r1	54,2092	11,5631
r2	53,7645	12,0459
r3	54,4751	12,2932
Media	54,1496	11,9674
Des est	0,35902954	0,37132626
Des est ²	0,12890221	0,13788319
t student	141,451913	

Tabla. 82 Porcentaje de humedad por efecto de la variedad y tiempo de remojo de las dos variedades de grano

Variedad	Tiempo remojo	% Humedad
Maíz negro	24 horas	42,9
Maíz negro	24 horas	43,1
Maíz negro	24 horas	43,3
Maíz negro	48 horas	46,9
Maíz negro	48 horas	47,25
Maíz negro	48 horas	48,2
Maíz negro	72 horas	49,1
Maíz negro	72 horas	50,8
Maíz negro	72 horas	50,1
Maíz blanco	24 horas	37,8
Maíz blanco	24 horas	38,2
Maíz blanco	24 horas	39,2
Maíz blanco	48 horas	43,1

Maíz blanco	48 horas	43,8
Maíz blanco	48 horas	44,2
Maíz blanco	72 horas	45,6
Maíz blanco	72 horas	46,3
Maíz blanco	72 horas	46,1

Tabla 83. Porcentaje de las variables: Sólidos solubles, pH, Acidez, Poder Diastásico y Extracto de malta, por efecto de la variedad y la temperatura de maceración

Variedad	Temperatura	Sólidos solubles	pH	Acidez	Poder Diastásico	Extracto malta
Maíz negro	70 °C	20	5,8	3,1	266,124	59,12
Maíz negro	70 °C	14	5,9	3,6	267,042	60,234
Maíz negro	70 °C	12	6	3,5	267,27	59,449
Maíz negro	80 °C	16	5,9	3,2	258,015	56,893
Maíz negro	80 °C	13	6,1	3,4	257,836	57,246
Maíz negro	80 °C	11	6,2	3,7	261,044	57,332
Maíz negro	90 °C	15	6,1	3,3	252,923	54,976
Maíz negro	90 °C	12	6	3,6	251,671	55,135
Maíz negro	90 °C	10	6,4	3,8	252,558	56,791
Maíz blanco	70 °C	18	5,8	2,4	243,142	68,034
Maíz blanco	70 °C	12	5,65	2,8	244,519	67,123

Maíz blanco	70 °C	10	6,4	2,9	244,141	66,515
Maíz blanco	80 °C	16	5,9	2,6	233,209	68,034
Maíz blanco	80 °C	12	6,1	2,9	231,84	67,123
Maíz blanco	80 °C	11	6,3	3	231,344	66,515
Maíz blanco	90 °C	16	6,1	2,7	224,123	66,23
Maíz blanco	90 °C	12	6,3	3,1	225,085	65,349
Maíz blanco	90 °C	10	6,4	3,2	225,381	65,005

Tabla 84. Porcentaje de alcohol y Sólidos solubles, por efecto de la concentración de lúpulo vs la concentración de levadura

[levadura]	[] lúpulo	% Alcohol	Sólidos solubles
0,5 (g/L)	1,0 (g/L)	5,08	4,7
0,5 (g/L)	1,0 (g/L)	5,12	5,1
0,5 (g/L)	1,0 (g/L)	5,16	5,2
0,5 (g/L)	2,0 (g/L)	5,2	4,8
0,5 (g/L)	2,0 (g/L)	5,18	5,1
0,5 (g/L)	2,0 (g/L)	5,12	5,3
1,0 (g/L)	1,0 (g/L)	5,05	4,8
1,0 (g/L)	1,0 (g/L)	5,4	5,2
1,0 (g/L)	1,0 (g/L)	5,3	5
1,0 (g/L)	2,0 (g/L)	5,3	5,1
1,0 (g/L)	2,0 (g/L)	5,25	4,9
1,0 (g/L)	2,0 (g/L)	5,45	5,3

ANEXO 4

DISEÑO ENCUESTA

EVALUACIÓN SENSORIAL DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE MAÍZ NEGRO Y MAIZ BLANCO

NOMBRE:

FECHA:

Evaluar el sabor de (4) muestras de la bebida fermentada en el orden que se indica en la boleta, de arriba a abajo. Colocar una línea vertical sobre la horizontal en la posición que corresponda al sabor de la muestra.

CODIGO	SABOR
251	ME GUSTA 10 _____ 5 _____ 0 ME DISGUSTA
232	_____
243	_____
264	_____

Evaluar el olor de (4) muestras de la bebida fermentada en el orden que se indica en la boleta, de arriba a abajo. Colocar una línea vertical sobre la horizontal en la posición que corresponda al olor de la muestra.

CODIGO	OLOR
251	DEBIL 10 _____ 5 _____ 0 FUERTE
232	_____
243	_____
264	_____

Evaluar el color de (4) muestras de la bebida fermentada en el orden que se indica en la boleta, de arriba a abajo. Colocar una línea vertical sobre la horizontal en la posición que corresponda al color de la muestra.

CODIGO	COLOR
251	CLARO 10 _____ 5 _____ 0 OBSCURO
232	_____
243	_____
264	_____

Evaluar el amargor de (4) muestras de la bebida fermentada en el orden que se indica en la boleta, de arriba a abajo. Colocar una línea vertical sobre la horizontal en la posición que corresponda al amargor de la muestra.

CODIGO	AMARGOR
251	SUAVE 10 _____ 5 _____ 0 INTENSO
232	_____
243	_____
264	_____

Donde:

251: (tratamiento 1 = 2 g de lúpulo y 1 g de levadura)

232: (tratamiento 2 = 1 g de lúpulo y 1 g de levadura)

243: (tratamiento 3 = 1 g de lúpulo y 0.5 g de levadura)

264: (tratamiento 4 = 2 g de lúpulo y 0.5 g de levadura)

¿De las (4) muestras analizadas cuál fue de su agrado y por qué?

Unidad Experimental

Estará constituida por 20 litros de la bebida obtenida