

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

DESARROLLO DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE A BASE DE MAÍZ
AMARILLO ORGÁNICO (*Zea mays* L.)

POR:

WALTER BHRIZZ KIATH SAMBOLA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

ABRIL 2024

DESARROLLO DE CERVEZA ARTESANAL TIPO ALE A BASE DE MAÍZ
AMARILLO ORGÁNICO (*Zea mays* L.)

Presentado por:

WALTER BHRIZZ KIATH SAMBOLA

Asesor Principal

M.Sc. RAMÓN ANTONIO HERRERA ANTÚNEZ

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

ABRIL 2024

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación en primer lugar a mis queridos padres quienes me han brindaron su amor y apoyo incondicional tanto económicamente como emocionalmente no solo en este proceso si no que en todos los procesos y proyectos a lo largo de mi vida.

También dedico mi trabajo de investigación a mi amigo Yelson Alexander Méndez Mejía quien ha estado presente en el día a día y me ha apoyado durante todo este proceso y me ha dado los ánimos de seguir adelante.

Por último, dedico este trabajo de investigación al M.Sc. Javier Reyes Luna y al M.Sc. Jhuniar Marcia quienes confiaron en mí y en mis capacidades y que han sido una fuente constante de inspiración y motivación. Este trabajo es un reflejo de todo el esfuerzo y dedicación que he puesto en él y espero que sea de utilidad para quienes lo necesiten.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por permitir que todo este proceso haya sido posible desde el primer día hasta el último y por ayudarme en cada uno de los obstáculos que se presentaron durante la investigación y por los buenos momentos.

También quiero agradecer a mis queridos padres Walter Kiath Martínez y Alda Sambola Alvarado quienes estuvieron siempre para mí brindándome su apoyo incondicional en todo momento.

Agradezco a mi asesor principal M.Sc. Ramón Antonio Herrera y a mis asesores auxiliares, M.Sc. Nairoby Sevilla Cardoso y M.Sc. Wilson Alexander Martínez quienes contestaron mis interrogantes y me brindaron su apoyo. También agradezco a la M.Sc. Rosa Arelis Betancourth quien me brindó su valioso apoyo durante el proceso de esta investigación.

Y por último agradezco a la Universidad Nacional de Agricultura que me brindó la oportunidad y el conocimiento para poder concluir con mi investigación.

TABLA DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS.....	2
	2. 1 Generales.....	2
	2. 2 Específicos	2
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
	3.1. La cerveza.....	3
	3.1.1. Antecedentes de la cerveza	3
	3.1.2. Producción Nacional e internacional de cerveza	4
	3.1.3. Clasificaciones de la cerveza	5
	3.1.4. Cerveza tipo Ale.....	5
	3.1.5. Características de la cerveza tipo Ale.....	6
	3.1.6. Características sensoriales	6
	3.1.7. Características fisicoquímicos	7
	3.1.8. Propiedades funcionales de la cerveza	9
	3.1.9. Ingredientes principales para la elaboración de la cerveza	11
	3.1.10. La fermentación en la cerveza.....	13
	3.1.11. Diferencias entre una cerveza artesanal y una cerveza industrial.....	14
	3.1.12. Normas internacionales de los parámetros físico-químicos	15
	3.2. El maíz amarillo (<i>Zea mays</i> L.)	16
	3.2.1. Importancia del maíz en honduras.....	17
	3.2.2. Componentes nutricionales del maíz amarillo (<i>Zea mays</i> L.)	18
	3.2.3. El almidón del maíz	19
	3.3. Pruebas hedónicas de evaluación sensorial.....	19
	3.4. Análisis fisicoquímicos.....	20
IV.	MATERIALES Y METODOS.....	21

4.1. Ubicación Geográfica del lugar de la investigación.....	21
4.2. Metodología de Investigación.....	23
4.2.1. Fase 1. Validar el porcentaje de malta de maíz amarillo (Zea mays L.) que puede ser adicionado a las diferentes formulaciones	23
4.2.2. Fase 2. Evaluar los parámetros sensoriales de la cerveza obtenida de las diferentes formulaciones.....	30
4.2.3. Fase 3. Analizar las características fisicoquímicas del tratamiento con mayor aceptación sensorial	31
4.2.4. Variables independientes.....	32
4.2.5. Variables dependientes.....	32
4.2.6. Análisis estadístico	33
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
5.1. Validación de porcentajes de maíz que puede ser adiciona al proceso de elaboración de cerveza	34
5.2. Evaluaciones sensoriales de la cerveza	34
5.2.1. Índice de aceptabilidad	35
5.2. Análisis fisicoquímico de la cerveza	37
VI. CONCLUSIONES.....	39
VII. RECOMENDACIONES	40
VIII. BIBLIOGRAFÍAS.....	41
IX. ANEXOS.....	45

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Caracterización de la cerveza artesanal e industrial	14
Cuadro 2. Información nutricional del maíz amarillo	18
Cuadro 3. Descripción de los equipos, materiales y reactivos	22
Cuadro 4. Formulación Tratamiento 2	24
Cuadro 5. Formulación Tratamiento 3	25
Cuadro 6. Formulación Tratamiento 4	25

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Representación de los Tratamientos a base de 5000 g (5 L)	24
Tabla 2. Tratamientos	33
Tabla 3. Comparación de medias para atributos sensoriales de cerveza artesanal tipo Ale elaborado con adición de maíz entre tratamientos	35
Tabla 4. Análisis fisicoquímico	38

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ingredientes básicos para la elaboración de la cerveza	12
Figura 2. Laboratorio de pruebas sensoriales.....	21
Figura 3. Planta Procesadora de granos y cereales	22
Figura 4. Procesos de elaboración de la cerveza artesanal tipo ale.....	26
Figura 5. Índice de aceptación de la cerveza artesanal, para las variables de aroma, Sabor color y retención de espuma comparando los diferentes tratamientos.....	36

KIATH SAMBOLA, W.B. (2024). Desarrollo de cerveza artesanal tipo ale a base de maíz amarillo orgánico (*Zea mays* L.). Tesis de grado Ingeniero en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, C.A.

RESUMEN

La cerveza es una bebida resultante de la maduración y fermentación, mediante la activación de las levaduras y de los granos de malta de cebada solo o mezclado con otros elementos amiláceos transformables en azúcares que se convierten en alcohol por procesamiento enzimático. El objetivo de este estudio fue desarrollar una cerveza artesanal tipo Ale sustituyendo porcentualmente la malta de cebada (*Hordeum vulgare* L.) por malta maíz amarillo orgánico (*Zea mays* L.). Se sustituyó porcentualmente la malta de cebada por maíz amarillo malteado en diferentes concentraciones que fueron de: (20%, 40% y 50%). Luego se realizó una evaluación sensorial de los diferentes atributos organolépticos y la retención de espuma, bajo un diseño completamente al azar (DCA), mediante una prueba hedónica de 7 puntos con la participación de 50 jueces no entrenados y se analizaron empleando el programa InfoStat 2017 implementado la prueba de análisis de varianza paramétrica, de Mínima Diferencia Significativa (LSD) con un nivel de significancia al 0.05. Seguidamente se realizaron análisis físicoquímicos al tratamiento que tuvo mayor índice de aceptación donde se determinó el pH con 4.60, la acidez con 0.76 y grado alcohólico con 4.70 Gay Lussac. De acuerdo a los resultados obtenidos se determinó el nivel de aceptación de las formulaciones. El índice de aceptación permitió identificar a la muestra T3 con 40% de maíz como la de mayor aceptación, teniendo 76%. Por el lado contrario la de menor aceptación fue la muestra T4 con 50% de sustitución teniendo 72% de aceptación. El presente estudio demostró que es posible realizar sustitución porcentual de la malta de cebada por maíz orgánico amarillo malteado, para la elaboración de cerveza, además esta sustitución no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los atributos color, aroma y retención de espuma, en cuanto al sabor si mostro diferencias entre los tratamientos donde la muestra T3 con 40% de maíz tuvo mayor similitud comparado con un patrón comercial de cerveza.

Palabras claves: Sustitución, Almidón, Fermentación, Enzimas, Levadura

I. INTRODUCCIÓN

La cerveza ha impulsado al hombre en el avance de la producción agrícola y ha conducido a la transformación agraria que dio lugar al progreso primario en la antigua Mesopotamia, La cerveza es una bebida resultante de la maduración y fermentación, mediante la activación de las levaduras y de granos de malta de cebada solo o mezclado con otros elementos amiláceos transformables en azúcares que se convierten en alcohol por procesamiento enzimático. (Figuerola, 2022). La graduación alcohólica de una cerveza oscila entre 4 a 10 grados Gay Lussac (° GL) y puede llegar hasta un 30% de contenido alcohólico (Mora, 2020).

Según el International Life Science Institute, los Alimentos Funcionales (AF) son aquellas variedades de alimentos que contribuyen a mejorar la salud del consumidor, más allá de los impactos nutricionales convencionales, que aporta beneficios y disminuye el riesgo de contraer enfermedad (Diaz S. M., 2013). La cerveza tiene diferentes propiedades funcionales como folatos, polifenoles, fibras solubles, maltodextrina, sodio entre otros (Olalla, 2022).

El objetivo de esta investigación fue elaborar una cerveza con malta de maíz amarillo (*Zea mays* L.) con cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de malta de maíz amarillo para la fermentación y de esta forma sustituir parcialmente la cantidad de malta de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en combinación con los siguientes materias primas como: lúpulo (*Humulus lupulus* L.) y levadura cervecera (*Saccharomyces cerevisiae* L.) que se utilizaron para la elaboración de la cerveza artesanal tipo Ale y conocer cuál de los tratamientos estudiados tiene mayor aceptabilidad sensorial frente a un patrón comercial y cuáles son sus propiedades fisicoquímicas.

II. OBJETIVOS

2.1 Generales

- Desarrollar una cerveza artesanal tipo Ale sustituyendo porcentualmente la malta de cebada (*Hordeum vulgare* L.) por malta de maíz amarillo orgánico (*Zea mays* L.).

2.2 Específicos

- Validar el porcentaje de malta de maíz amarillo (*Zea mays* L.) que puede ser adicionado a las diferentes formulaciones obtenidas mediante el diseño completamente al azar.
- Evaluar los parámetros sensoriales de las cervezas obtenidas de las diferentes formulaciones, mediante pruebas hedónicas estructuradas de 7 puntos a escala de laboratorio, comparándolas con un patrón comercial.
- Analizar las características físico-químicas del tratamiento con mayor aceptación sensorial de la cerveza artesanal tipo Ale obtenida.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. La cerveza

La cerveza es una bebida obtenida de la fermentación alcohólica por la actividad de la levadura introducida en un mosto compuesto principalmente de agua, levaduras y granos malteados, la cerveza es considerada como un producto alimenticio que se obtiene sometiéndolo a un proceso de cocción (Díaz S. M., 2013). La cerveza contiene más de 400 componentes entre nutrientes, minerales e intensificadores fenólicos que tienen propiedades de refuerzo celular y de conglomerado antiplaquetario que afectan a las patologías cardiovasculares, por lo que su consumo moderado puede aportar al organismo muchos nutrientes esenciales para su buen funcionamiento (Fernández R. V., 2018).

3.1.1. Antecedentes de la cerveza

La cerveza ha sido una de las bebidas más antiguas del cual se tiene registros a pesar de que no se sabe con exactitud cuándo se inventó, existen evidencias de que las principales cervezas se crearon hace mucho tiempo alrededor de 500 años en la antigua Mesopotamia, en la actualidad conocido como Irak, los sumerios, que ocupaban esta localidad, habían progresado en la información sobre agricultura y no tardaron en desarrollar el grano, uno de los elementos fundamentales de la cerveza, la cerveza también desempeñaba un papel importante en la antigua cultura egipcia, donde se consideraba una bebida consagrada, los egipcios

preparaban cerveza a partir de cereales y otros granos, y utilizaban levadura salvaje para fermentación (Gatón, 2020).

La cerveza se hizo muy conocida en Europa durante la época medieval y los sacerdotes cristianos empezaron a utilizarla en comunidades religiosas y conventos durante este periodo, se descubrió la importancia de las levaduras para el envejecimiento de la cerveza, teniendo en cuenta una creación más constante y controlada, hoy en día la cerveza se elabora en todo el mundo tanto las grandes industrias cerveceras como medianos y pequeños productores de cerveza artesanal esto lo ha convertido en una industria importante que va en constante aumento con el paso del tiempo (Gatón, 2020).

3.1.2. Producción Nacional e internacional de cerveza

Según datos del Banco Central de Honduras la producción nacional de cerveza que tuvo nuestro país fue de 90.950 hectolitros (HL) que es equivalente a 256.198 millones unidades de cerveza de 330 ml, en el año 2012 y la producción nacional se mantuvo estable (Neda, 2022). En el año 2021 Honduras exporta \$3.57 millones de dólares en cerveza posicionándose en el exportador de cerveza número 77 en el mundo, el mismo año la cerveza se posicionó como uno del producto más exportado de Honduras los principales importadores de la cerveza producida en Honduras son: el Salvador, Estados Unidos, Países Bajos, Islas Canarias, y España, actualmente la cervecería hondureña produce 1.6 millones de hectolitros (un hectolitro equivale a 100 litros) de cerveza al año. (Rosales, 2021)

El mercado mundial de la cerveza en el año 2022 se aproximó a los 794.000 millones de dólares y se estima un constante aumento para el año 2030, la cerveza es una bebida alcohólica de mucha demanda a nivel mundial se registró un consumo de 65.000 litros en el año 2020, la producción actual ha logrado mantenerse constante en torno a los 2.000 millones

de hectolitros incluso durante la pandemia del 2020 gracias en gran parte del continente Americano y Asiático ya que estos dos continentes lideran la producción de cerveza a nivel mundial, en concreto entre estos dos continentes se logró elaborar alrededor 1.200 millones de hectolitros en el año 2022 cabe destacar que los tres principales países que destacan en cuanto a la producción de cerveza son: China , Estados Unidos y Brasil (Orús, 2023).

3.1.3. Clasificaciones de la cerveza

Existen diferentes clasificaciones para agrupar los distintos tipos de cervezas que existen en el mundo según su origen geológico, según sus antecedentes históricos sin embargo es común clasificarlas según su tipo de fermentación, se reconocen dos tipos esenciales: las cervezas de fermentación superior o Ale y las de fermentación baja o Lager, las primeras son aquellas en las que la levadura ha trabajado en la parte superior del tanque y a temperaturas más elevadas, entre 18 y 26°C, las segundas son aquellas en las que la levadura ha trabajado en la parte inferior del tanque y tienen un desarrollo superior a temperaturas en algún lugar en el rango entre 1 y 5 °C (Gatón, 2020).

3.1.4. Cerveza tipo Ale

Este tipo de cerveza es de fermentación alta esto se da debido a las levaduras añadidas que trabajan a temperaturas elevadas de entre 18-26 °C transformando los azúcares que contiene el mosto de la cerveza , este son cervezas elaboradas con levaduras que permanecen en la superficie del mosto al finalizar el proceso de fermentación, la cerveza Ale es el resultado de la utilización de levaduras *cerevisiae* que crecen a temperatura ambiente el proceso de fermentación de este tipo de cerveza es corta puede terminar su proceso de fermentación en una o dos semanas debida a su rápida fermentación los productores de cerveza prefieren trabajar con este tipo de cerveza (Menéndez & Vera, 2023).

3.1.5. Características de la cerveza tipo Ale

- Fermentación a temperaturas ambiente.
- Necesita de flocculantes que ayuden en la sedimentación de sus levaduras.
- Sus levaduras pierden eficiencia para posteriores fermentaciones.
- pH óptimo de catalasa (4.5.5.5).
- Fermentación más rápida de los azúcares.
- Cuenta con olores afrutados y sabores con mayor cuerpo y amargor.

(Menéndez & Vera, 2023)

3.1.6. Características sensoriales

a): Color: de los principales atributos de la cerveza el color es uno de los más interesantes y llamativos dado que es el principal atributo del aspecto visual de esta bebida, brinda una idea amplia del aspecto de esta y ayuda a diferenciar entre otros tipos bebidas, el color de la cerveza es una característica que adquiere la bebida principalmente por los granos de malta de cebada utilizada para su elaboración, también el lúpulo es rico en taninos y compuestos fenólicos que apoyan en el etapa de la clarificación de la cerveza (Macas, 2018).

b): Aroma: los aceites esenciales son los componentes aromáticos fundamentales que se encargan de proporcionar a la cerveza el aroma, contiene muchos compuestos que incluyen esteroides, mezcla de alcoholes, aldehídos, cetonas y ácidos, sin embargo uno de los grupos más importantes son los que se conocen como terpenos, los terpenos principales son el humuleno, coriofileno, mirceno y farneseno de los cuales el más abundante es el humuleno, el mirceno,

los culés proporcionar un saber espero por lo que los lúpulos con alto contenido del dicho compuesto no se utilizan mucho para el aroma (Lovisoa & Libkind, 2017).

c). Sabor: el sabor es uno de los aspectos más importantes en la cerveza, tanto por su disfrute y consumo, como por ser uno de los etapas fundamentales durante el proceso de cata, donde se ponen a prueba los sentidos y se aprecian todos sus matices, sin embargo, el sabor de la cerveza no siempre fue como lo conocemos en la actualidad con todas las particularidades que marcan la diferencia entre unos estilos y otros sino que ha ido evolucionando a lo largo de los siglos y civilizaciones los sabores dulces proceden de los azúcares la mayoría de los cuales se originan en el almidón de malta, los aromas ácidos proceden de los ácidos orgánicos producidos por el grano en germinación y están especialmente presentes en las maltas desarrolladas para aumentar la aportación de ácido láctico en la cerveza (Lovisoa & Libkind, 2017).

3.1.7. Características fisicoquímicos

a)Turbidez: la turbidez de la cerveza son es debido generalmente por la formación de complejos proteicos y polifenoles que conllevan a la formación de micropartículas coloidales, durante la ebullición del mosto el enfriamiento de la cerveza, las proteínas asociadas a los polifenoles puede precipitar, y a la capacidad de generar turbidez de un polipéptido es directamente proporcional a la cantidad de prolina existente, la cantidad de hordeina y proteína que contiene la malta de cebada en igual forma la albumina, son los más influyen en la formación de turbidez de la cerveza y cuanto a los polifenoles que contribuyen a la formación de turbidez presenta dos grandes grupos con la capacidad de establecer enlaces con las proteínas (Fuentes, 2017).

b). pH: el pH es uno de los factores más importantes en la fermentación alcohólica ya que el control que ejerce frente a los focos de contaminaciones de bacterias microbianas así con

el crecimiento de las levaduras, la velocidad de fermentación y la elaboración de alcohol, las diferentes variaciones del pH durante la etapa de fermentación se debe la transformación de los aminoácidos por disminución de nitrógeno, pasando ácido láctico lo cual provoca una disminución gradual de pH del medio, hay otro factor que puede provocar variaciones de pH, producción de dióxido de carbono en la etapa de fermentación anaerobia durante esta fermentación aparte de producir de etanol se producen una variedad de ácidos orgánicos como el ácido láctico que influye en la disminución del pH (Fuentes, 2017).

c). Acidez: los acidos presentes en la cerveza es uno de los sabores de la cerveza, es la encargada de darle a la cerveza un sabor ligero y refrescante, al mismo tiempo, además es un material tampón importante, que es una condición que asegura un mejor rendimiento del proceso de fermentación, las sustancias aromatizantes principales e indispensables de la cerveza incluyen los siguientes: alcoholes, esterres, carbohidratos, ácidos orgánicos, sulfuros, aminas u fenoles, entre los que las cuales se destaca el ácido ya que es uno de las sustancias principales que le aportan los sabores a la cerveza (Cordova, 2020).

d). Amargor: el amargor en uno de los sabores principales y una característica muy deseable en las diferentes presentaciones de cervezas que conocemos en la actualidad es la contraparte del dulzor conferido por la malta de cebada, la calidad del producto final es muy variable según el estilo de la cerveza, existen tipos en las cuales no se notan a diferencia de otras que el amargor es mucho más elevado, el amargor se debe a la solución de iso- α -ácidos del lúpulo en el mosto durante la cocción, la intensidad y la calidad del mosto es manipulable de la diferentes variedades de los lúpulos (Ferreyra, 2014).

e). Grado alcohólico: la graduación o grado alcohólico volumétrico de una bebida fermenta es la en grado de volúmenes de alcohol (etanol) en contenidos en 100 volúmenes del producto final, medidos a la temperatura de 20 °C, se trata de una medida de concentración porcentual

en volumen ABV, Existen otras formas de medida como porcentaje en peso, se puede expresar como porcentaje (%) o en grados (°), Como se ha comentado anteriormente, existe una clasificación de tipos de cerveza según su contenido en alcohol, las cervezas sin alcohol tienen un grado alcohólico igual o inferior al 1 %, el contenido habitual de una cerveza oscila entre el 3% y 12%. Si la cerveza tiene un contenido en alcohol mayor 1 y 2%, según legislación debe aparecer en la etiqueta del envase (Ferreira, 2014).

3.1.8. Propiedades funcionales de la cerveza

Según el International Life Science Institute, “los alimentos funcionales (AF) son aquellas variedades de alimentos que contribuyen a mejorar la salud del consumidor aportando nutrientes esenciales que van más allá de los impactos nutricionales convencionales que ayudan al buen funcionamiento del organismo, disminuye los riesgos de contraer enfermedades (Sánchez F. , 2023). La cerveza contiene diferentes propiedades funcionales que aportan muchos beneficios para el organismo de las cuales podemos destacar las siguientes:

a). Folatos: el consumo de cerveza aporta ácido fólico al organismo, el ácido fólico es un nutriente soluble en agua que ocupa un lugar en el complejo B fundamental para el organismo, el ácido fólico tiene un papel importante en la digestión de ácido ribonucleico (ARN) y desoxirribonucleico (ADN) para la disposición de la sangre y la transmisión de atributos hereditarios los folatos son fundamentales para el mantenimiento de la vida celular, para el desarrollo y la formación de nuevos tejidos, los folatos previenen un gran número de defectos congénitos al nacer y reducen el nivel de homocisteína, otro factor de riesgos de infecciones cardiovasculares, el problema más conocido por la falta de ácido fólico es la deficiencia de hierro (Sánchez F. , 2023).

b). Polifenoles: el consumo de la cerveza también proporciona a la ingesta diaria de alimenticios polifenoles como refuerzos celulares naturales, éstos influyen a la seguridad contra las enfermedades cardiovasculares y en la disminución de las peculiaridades oxidativas responsables del envejecimiento del organismo por el contenido de polifenoles y la actividad antioxidantes presentes en la malta (*Hordeum vulgare* L.) y el lúpulo (*Humulus pululas* L.) convierten a la cerveza en uno de los mayores constituyentes de polifenoles y actividad antioxidante para el organismo debido al alto valor nutricional que aportan estos ingredientes (Rincón, 2012).

c). Fibra soluble: la cerveza contiene fibra soluble por lo que el consumo moderado de la disminuye la probabilidad padecer enfermedades de colon y diverticulosis y reduce la colesterolemia la cantidad recomendada de fibra alimentaria es de 30 g, de los cuales el 33% debe ser fibra disoluble, el consumo de la cerveza proporciona una medida específica de la cantidad recomendada de fibra disoluble y puede complementar la cantidad de fibra de otros alimentos, como los cereales que son excepcionalmente ricos en fibra dietética insoluble (Sánchez E. Á., 2016).

d). Maltodextrinas: su concentración normal es del 2.6 – 3.5% del peso de la cerveza, las maltodextrinas tienen como fuente de energía una posible propiedad funcional importante lo que ha hecho avanzar su aplicación en las formulaciones de bebidas deportivas, cuando se elaboran bebidas alcohólicas con glucosa estos carbohidratos se combinan con la sangre lo que ocasiona una elevación de la concentración de la misma en el organismo que provoca la secreción de las hormonas que metabolizan dichas sustancias dando lugar a una hipoglucemia, el consumo de bebidas con maltodextrinas evita y contrarresta este efecto (Santiago, 2008).

e). Alcohol etílico: se ha demostrado que el consumo moderado de alcohol tiene afectos de forma positiva al organismo ya que los consumidores son personas sanas y adultas que no

consumen fármacos con las que el alcohol puede interferir, los consumidores moderados tienen un riesgo un 60% menos probabilidad de sufrir insuficiencias respiratorias que los consumidores empedernidos los abstemios y los consumidores moderados, la incidencia de enfermedad coronaria isquémica (angina de pecho e insuficiencia respiratoria) hipertensión arterial, accidente vascular cerebral y diabetes mellitus es menor (Azcona, 2013).

f). aporte vitamínico: el consumo de un tercio de cerveza aporta un 10% de fósforo, nutrientes y vitaminas solubles del grupo B que son significativos para un equilibrio nervioso eficiente como la riboflavina (B2) que trabaja en la asimilación, la piridina (B6), el niacina, el folato, el ácido fólico y la tiamina (B1) que sigue la digestión de los glúcidos todos componentes nutricionales aporta un gran beneficio para la salud por lo tanto se contempla utilizar la cerveza como un alimento funcional (Olalla, 2022).

3.1.9. Ingredientes principales para la elaboración de la cerveza

Existen muchos tipos de cerveza, desde las cervezas ligeras hasta las cervezas artesanales con sabores y aromas más complejos, la cerveza es una de las bebidas alcohólicas más populares en el mundo, con una gran variedad de estilos y marcas disponibles en el mercado pero todos comparten algo en común que son esos cuatro elementos indispensable para su elaboración de la cerveza según la ley de alimentación más antigua que existe de carácter no religioso, en la **Figura 1** se muestra los ingredientes básicos para la elaboración de la cerveza.

Figura 1. Ingredientes básicos para la elaboración de la cerveza



Fuente: (Bartolo, 2019).

a) Agua: es la parte significativa de la cerveza su contenido salino tiene una extraordinaria pertinencia en la calidad y el estilo de la cerveza deben evaluarse sus virtudes microbiológicas, su transparencia y color, la presencia de metales pesados u otras sustancias extrañas, su sabor y aroma, su composición mineral y su acidez, corresponde entre el 90 a 95% de la cerveza debe tener todas las normas de calidad debe ser inocua, pura y libre de sabores no deseables porque esta contiene sales que influyen en la calidad del producto final (Rodrigo & Milla, 2019)

b) Malta: desde la antigüedad la malta ha tenido un rol esencial en la elaboración de la cerveza tanto que es el ingrediente principal y el más importante por excelencia aporta los azúcares esenciales para la fermentación y contribuye a los sabores y matices característicos de la cerveza, la malta procede de determinadas variedades de cebada que se hace germinar y después pasan por un ciclo de secado, la malta tiene una gran influencia en las características esenciales de la cerveza como el sabor y el aroma son los que le dan el esencia a la cerveza (Rodrigo & Milla, 2019).

c) Lúpulo: es uno de los pilares fundamentales del amargor, el sabor y aroma característicos de la cerveza, se trata de las flores femeninas de la planta (*Humulus lupulus* L.) que pertenece a la familia de las cannabáceas asimismo participa en el desarrollo y el ajuste de la espuma y posee propiedades antisépticas y anti oxidativos por lo que ejerce una actividad de conservación sobre la cerveza el ácido alfa del lúpulo es un conservante de origen natural que mantiene la frescura de la cerveza y prolonga notablemente la vida útil de la cerveza, el lúpulo también contribuye a la claridad de la cerveza al eliminar los componentes que influyen con la turbidez de la cerveza (Rodrigo & Milla, 2019).

d) Levadura: se trata de un microorganismo unicelular de la clase (*Saccharomyces cerevisiae*) cuya capacidad consiste en transformar los azúcares en alcohol y CO₂, además de aportar algunas propiedades nutricionales produciendo micronutrientes que aportan aroma a la cerveza, las levaduras de estilo Ale también se conoce comúnmente como las levaduras de alta fermentación se debe a que con estas levaduras la fermentación de la cerveza se realiza a temperaturas muchos más mayores que las levaduras de estilo Lager y generalmente al concluir la fermentación se sitúan en la parte superior del tanque de fermentación (Mesones, 2019).

3.1.10. La fermentación en la cerveza

El proceso de la fermentación es el más importante para la elaboración de cervezas este proceso influye bastante en las características del producto final en la práctica esto implica que los tiempos de fermentación pueden variar considerablemente entre grupos de cerveza de calidad, el ciclo de fermentación es vital para la producción de cerveza los resultados difieren según el tipo de fermentación que se emplee en términos prácticos implica que la temperatura de fermentación así como el tipo de levadura utilizada son de extraordinaria importancia a la hora de reproducir un estilo específico de cerveza (Garduño, 2013). Los

microorganismos empleados como los sustratos de carbono (principalmente azúcares como la glucosa) presentes en el medio para transformarlos en etanol y dióxido de carbono (Díaz S. M., 2013).

3.1.11. Diferencias entre una cerveza artesanal y una cerveza industrial

Los distintos tipos de cerveza se elaboran con cuatro ingredientes principales, agua, malta, lúpulo y levadura sin embargo existe diferencias significativas en las cervezas artesanales e industriales, estas diferencias radican en las tecnologías empleadas y la calidad de las materias primas utilizadas su elaboración, las cervezas artesanales son modificadas las veces que sean necesarios en el proceso de elaboración por el maestro cervecero para obtener las características deseadas en cuanto a sabor, color y aroma, en cuanto a las cervezas industriales son producidas en base a formulaciones estandarizadas con ingredientes y procesos de producción factibles para la empresa por ello se emplean equipos con capacidades para volúmenes grandes que produzcan la cerveza en el menor tiempo posible (Munoz. Martinez, 2015). En el **Cuadro 1**. Se describe la diferencia en la cerveza artesanal y al industrial.

Cuadro 1. Caracterización de la cerveza artesanal e industrial

Características	Artisanal	Industrial
Ingredientes	Ingredientes naturales, sin presencia de aditivos no conservantes.	Se pasteuriza y contiene conservantes.
Producción	Tiene más cantidad de pruebas piloto y existe heterogeneidad en el proceso de producción.	Ingredientes y procesos económicamente viables. Homogeneidad en el proceso de producción.
Elaboración	Es esencial la participación del maestro cervecero.	Proceso automático y participación humana mínima.

Espuma	Espesa	Liviana
Filtrado	Químico pero sin dosificación- no resta calidad.	Químico puede destruir levaduras o proteínas de la cerveza receta sabor, calidad y aroma.
Aroma	Más concentrado por su fermentación.	Suave
Características inherentes de producción	Mayor sabor, gusto y aroma.	Mayor artificial.

Fuente: (Juaquin, 2020)

3.1.12. Normas internacionales de los parámetros físico-químicos

Son el conjunto de métodos y técnicas que ayuda a evaluar las composiciones y características físico-químicas de los productos alimenticios la evaluación de estos análisis ayuda al desarrollo y a la comprensión del concepto de materia, las características físico - químicas de los productos alimenticios es obtenida mediante los resultados de los distintos tipos de análisis a los que son sometidos los alimentos con el fin de conocer su composición química y su contenido de sustancias toxicas que en altas concentraciones podrían llegar a ser perjudicial para la salud del consumidor, por lo cual estos análisis son parte fundamental del control de calidad y deben ser comparados con límites de consumo establecidos según las normas del alimento que se esté analizando (Sánchez M. P., 2020).

3.1.13. El código de la Cerveza

Es una normativa internacional española que establece los requisitos físico-químicos y microbiológico que debe cumplir la cerveza para ser apto para consumo humano en la actualidad la producción y comercio de la cerveza ha estado regulado por la normativa horizontal de la unión europea por el Real decreto 678/2016 que aprueba el reglamento

técnica y sanitaria para la producción y comercio de la cerveza, en el ámbito de la calidad alimentaria la cerveza y otras bebidas de malta deberán presentar las siguientes características, un pH inferior o igual a 5.5, un amargor superior a 5 mg/l (1 mg/l de α isoácidos en cervezas equivale a una unidad de amargor IBU), los métodos de analíticos que se utilizan para los controles oficiales conformes con esta normativa son los recomendados por la European Brewery Convention (EBC) y organismos internacionales de reconocida solvencia (BOE, 2016).

1. Grado alcohólico. Para determinar el grado alcohólico se pueden utilizar los siguientes métodos alternativos:

- a) Destilación y densimetría.
- b) Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIR).
- c) Cromatografía de gases (bajo contenido en alcohol y sin alcohol).
- d) Enzimático (bajo contenido en alcohol y sin alcohol).

2. pH: Potenciómetro.

3. Densidad y masa volúmica: Densimetría.

4. Extracto real: Densimetría y cálculos.

5. Extracto seco primitivo: Cálculo (mediante fórmula de Balling).

6. Color: Espectrofotometría a 430 nm.

7. Amargor. Se pueden utilizar los siguientes métodos alternativos:

- a) Espectrofotometría a 275 nm (unidades IBU, International Bitterness Unit).
- b) Iso α ácidos del lúpulo: HPLC.

(BOE, 2016)

3.2. El maíz amarillo (*Zea mays* L.)

El maíz amarillo es una variedad de maíz que se caracteriza principalmente por sus granos de color amarillo, es un tipo de maíz muy común en América Latina y se utiliza para elaborar

una gran variedad de alimentos, como tortillas, tamales, arepas, chicha y muchos otros derivados, el maíz amarillo también es una fuente importante de alimento para animales y se utiliza en la elaboración de piensos además, el maíz amarillo es rico en nutrientes como fibra, almidones complejos y proteínas, lo que lo convierte en un alimento importante en la rutina alimentaria humana (Rosales-Serna R, 2016).

3.2.1. Importancia del maíz en honduras

En Honduras el maíz forma parte de la rutina alimentaria, aportando el 26% de las calorías consumidas en las principales comunidades urbanas y el 48% de las calorías en el área provincial y con respecto al Producto Interno Bruto (PIB) en la agricultura sostenible el maíz aportó el 19.1% (2005), este grano posee el lugar primario en superficie sembrada con 480 mil manzanas un desarrollo de 586 mil Tm para una demanda de 959 mil Tm, para cubrir esta demanda se importan 373 mil Tm el consumo per cápita a nivel nacional es de 74.0 kg por año (2009-2010), de los 18 departamentos los que tienen mayor nivel de productividad son las siguientes Olancho con 205 mil Tm (34.9%), el Paraíso con 100 mil Tm (17.1%), Yoro 100 mil Tm (17.1%) y Santa Bárbara con 86 mil Tm (14.7%), entre 2009-2010 (Oscar, 2017).

En nuestro país se produce una mayor cantidad de maíz blanco en comparación del con maíz amarillo, el maíz blanco es utilizado principalmente para el consumo humano como tortilla y otros subproductos, en cambio el maíz amarillo se destina en un alto porcentaje de la producción para la elaboración de distintos tipos alimentos para la alimentación animal, la producción de este grano tiene una estacionalidad muy marcada, una gran parte de la producción el 79% se obtiene principalmente entre los meses de octubre a diciembre lo que contribuye a que los precios tengan grandes variaciones durante el año (Oscar, 2017).

3.2.2. Componentes nutricionales del maíz amarillo (*Zea mays* L.)

El consumo de maíz aporta una gran cantidad de nutrientes esenciales para el organismo como fibra, vitaminas y minerales, además, lo que proporciona energía de forma rápida, el maíz también es rico en antioxidantes que ayudan a prevenir enfermedades y a contrarrestar el envejecimiento consumir maíz de manera regular puede contribuir a la salud cardiovascular, ya que ayuda a reducir el colesterol y la presión arterial, también es beneficioso para el sistema digestivo, ya que favorece la flora intestinal y evita problemas como el estreñimiento. (Cardenas, 2021). En el **Cuadro 2** se muestra los componentes nutricionales del maíz amarillo.

Cuadro 2. Información nutricional del maíz amarillo

Componentes	Contenido Por 100 g
Nutrientes	
Energía	365 kcal
Grasa Total	4,74 g
Carbohidratos	74,3 g
Sodio	35 mg
Agua	10,37 mg
Proteína	9,42 g
Vitaminas	
Vitamina A	214 IU
Vitamina B-3	3,6 mg
Vitamina B-9	19 mg
Minerales	
Calcio	7 mg
Hierro	2,71 mg
Potasio	287 mg
Fósforo	210 mg
Sodio	35 mg
Zinc	2,21 mg
Selenio	15,5 µg

Fuente: (Cardenas, 2021).

3.2.3. El almidón del maíz

El principal componente químico del maíz es el almidón, compone el 72-73% del peso total del grano los distintos almidones son azúcares directos como la glucosa, la sacarosa y la fructosa, el almidón se compone de dos polímeros de glucosa la amilasa y la amilopectina, la amilasa es una molécula atómica lineal de unidades de glucosa que comprende hasta el 25-30% del almidón, el polímero amilopectina se compone igualmente de unidades de glucosa pero en estructura extendida y constituye del 70-75% del almidón del mismo modo el maíz con un endospermo de tipo dentado o córneo, el contenido de amilasa y amilopectina del almidón es como se ha descrito anteriormente (Rosales-Serna R, 2016).

El maíz amarillo es un alimento nutritivo y saludable que formar parte de una dieta equilibrada, sin embargo es importante tener en cuenta que algunos productos alimenticios derivados del maíz como las tortillas procesadas comercialmente pueden contener grandes cantidades de grasas saturadas y sodio por lo que es importante leer las etiquetas de los alimentos y seleccionar opciones saludables, por lo general el maíz amarillo es un alimento nutritivo y de calidad que puede ser importante para una rutina alimentaria equilibrada (Rosales-Serna R, 2016).

3.3. Pruebas hedónicas de evaluación sensorial

En las pruebas de escala hedónicas sensorial se utilizan jueces que valoren el nivel de agrado o satisfacción general que le produce un determinado producto, es la prueba que utiliza una

escala que proporciona el análisis estas pruebas, son una excelente herramienta muy efectiva en el proceso de diseño de nuevos productos y cada vez se utiliza con mayor frecuencia en las diferentes empresas de alimento debido a que en última instancia son los consumidores quienes convierte un producto en un total éxito o fracaso, los análisis sensoriales consisten en la evaluación objetiva de productos alimentarios a través del sentido humano bien entrenado, las pruebas sensoriales implican métodos científicos para comprobar el aspecto, la textura, el color, el aroma y el sabor de un producto (Garay, 2016).

3.4. Análisis fisicoquímicos

Este tipo de análisis implica la caracterización de los alimentos de un enfoque fisicoquímico para determinar la composición química, ayuda a identificar cuáles son las sustancias que están presente en un alimento (proteínas, grasas, vitaminas, minerales, hidratos de carbono, contaminantes metálicos, residuos de plaguicidas, toxinas, antioxidantes) y las cantidades en que se encuentran estos compuestos, el análisis fisicoquímico proporciona las herramientas necesarias para caracterizar alimentos desde el punto de vista nutricional y toxicológico (Fernández H. Z., 2004).

IV. MATERIALES Y METODOS

4.1. Ubicación Geográfica del lugar de la investigación

Esta investigación se llevó a cabo en el laboratorio de investigación de la planta procesadora de granos y cereales y en el laboratorio de pruebas sensoriales del campus universitario de la Universidad Nacional de Agricultura ubicados en el barrio el Espino, Catacamas, Olancho, Honduras en la **Figura 2**, se muestra el establecimiento donde se llevó a cabo el proceso de elaboración de la cerveza, en la **Figura 3**, se muestra el establecimiento donde se realizaron los análisis fisicoquímicos de la muestra que tuvo mayor aceptación y del patrón comercial y en el **Cuadro 3** se describe todos los equipos, materiales y reactivos utilizados en todo el proceso de la investigación.

Figura 2. Laboratorio de pruebas sensoriales



Fuente: (Elaboración propia)

Figura 3. Planta Procesadora de granos y cereales



Fuente: (Elaboración propia)

Cuadro 3. Descripción de los equipos, materiales y reactivos

Materiales y equipos	Descripción
Balanza (Pesa Bascula)	Capacidad de 400 kg
Balanza (Gramera digital)	Capacidad de 10 kg
Molino	Molino de mano
Ollas	Acero inoxidable
Tela blanca	Proceso de filtración
Estufa de gas	Semi industrial
Botellas plásticas	Resistentes al CO ₂
Cucharones	Acero inoxidable
Nevera Coleman	Portátil
Fermentadores	De plástico de 9 L
Botellas plásticas	Resistentes al CO ₂
Cronometro	Digital
Rotular permanente	Marca bic
Lápices	Marca bic
Copas cata de vinos	De palstico
Fermentadores	De plástico de 9 L
Termómetro	Digital
Alcoholímetro	Para destilados de 0 – 100%
pH-metro	Digital
Bureta graduada	BIOHALL
Vaso de precipitados	Capacidad de 250 mL
Gotero	Aislado en planco

Reactivos	Descripción
Agua destilada	250 ml
Fenolftaleína	Solución 1%
Hidróxido de sodio	Solución 0,1 N x 1000 mL

Fuente: (Elaboración propia)

4.2. Metodología de Investigación

El desarrollo de este trabajo de investigación estuvo dividido en tres fases donde la primera fue validar los tratamientos para determinar el porcentaje de malta de cebada que puede ser sustituido por maíz, seguidamente se desarrolló cada uno de los tratamientos de la cerveza, una vez terminado esta fase se realizó las evaluaciones sensoriales de los atributos color, aroma, sabor y retención de espuma de las cervezas obtenidas y una vez obteniendo los resultados los se analizaron los resultados mediante el programa estadístico InfoStat 2017 para conocer cuál fue el tratamiento de mayor aceptación, en la fase final se realizaron los análisis físico-químico (pH, acidez y grado alcohólico) del tratamiento que tuvo mayor aceptación frente al patrón comercial.

4.2.1. Fase 1. Validar el porcentaje de malta de maíz amarillo (*Zea mays* L.) que puede ser adicionado a las diferentes formulaciones

El objetivo de esta fase fue validar el porcentaje de maíz malteado que puede ser adicionado en las diferentes formulaciones para obtener una cerveza de densidad inicial similar a la que se obtendría empleando 100% de malta, como punto de partida se establecieron unos porcentajes de sustitución del 20, 40 y del 50%, es decir se planteó sustituir el 20%, 40% o el 50% (Vera, 2023). Aplicar una sustitución de maíz mayor al 50% afecta significativa las

característica físicoquímicos y sensoriales de la cerveza según (Sánchez A. J., 2022), en la Tabla 1 se Representan los Tratamientos a base de 5000 g (5 L) de cerveza en los **Cuadro 5, Cuadro 6 y Cuadro 7** se describen las cantidades materias para cada tratamiento T2, T3 y T4 y en la **Figura 4** se describe el proceso de elaboración de la cerveza.

Tabla 1. Representación de los Tratamientos a base de 5000 g (5 L)

Formulaciones		
Tratamientos	Concentraciones	
	Malta de cebada	Maíz Amarillo
T1 (Patrón comercial)	100%	0%
T2	80%	20%
T3	60%	40%
T4	50%	50%

Fuente (Elaboración propia)

Cuadro 4. Formulación Tratamiento 2

Ingredientes	Cantidades	Unidades
Agua Purificada	5000	g
Malta Pale Ale	1800	g
Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	450	g
Lúpulo (Amargor)	5	g
Lúpulo (Sabor)	3.75	g
Levadura Ale	8	g
Avena	30	g
Azúcar común	40	g

Fuente (Elaboración propia)

Cuadro 5. Formulación Tratamiento 3

Ingredientes	Cantidades	Unidades
Agua purificada	5,000	g
Malta Pale Ale	1,575	g
Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	675	g
Lúpulo (Amargor)	5	g
Lúpulo (Sabor)	3.75	g
Levadura Ale	8	g
Avena	30	g
Azúcar común	40	g

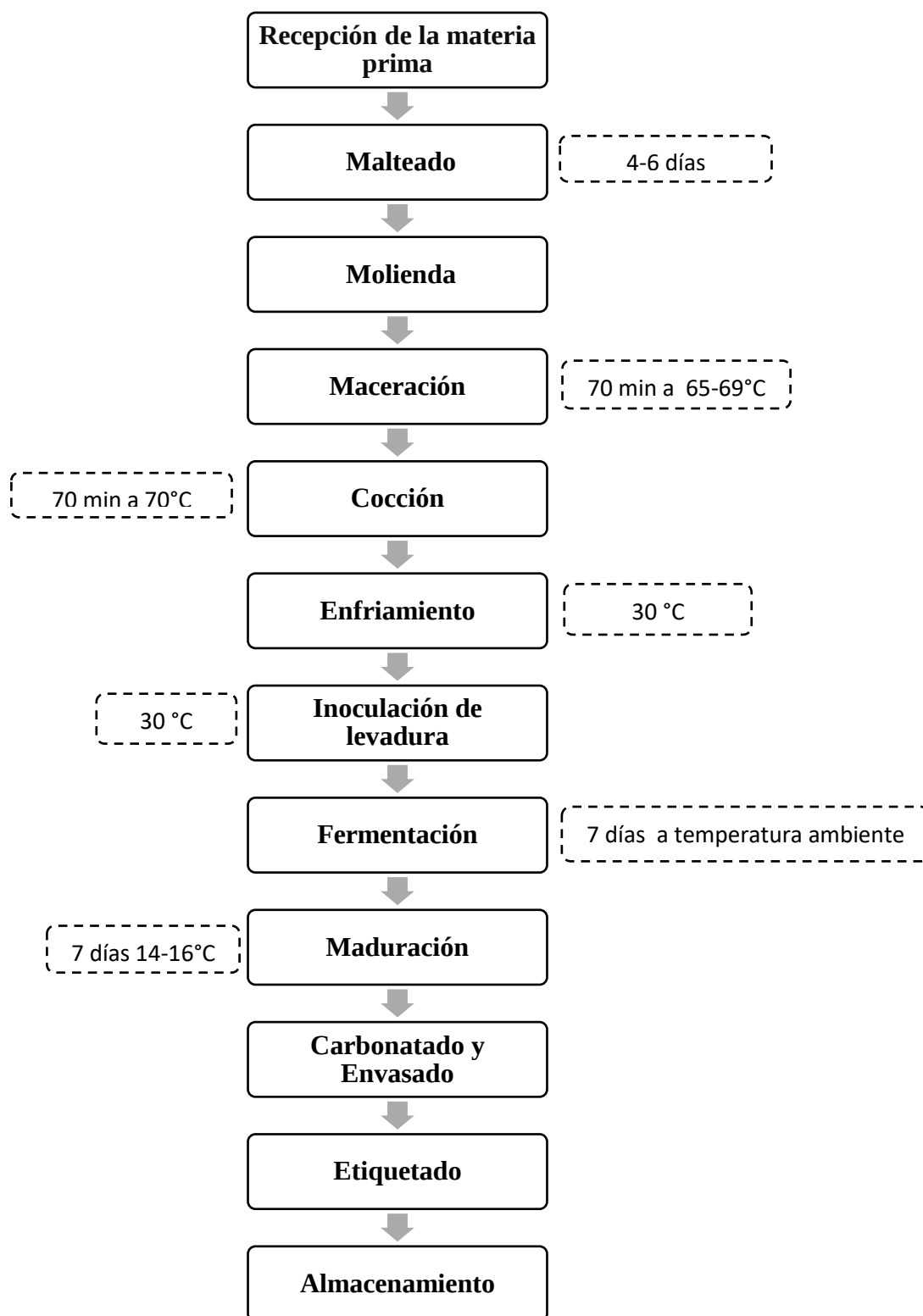
Fuente (Elaboración propia)

Cuadro 6. Formulación Tratamiento 4

Ingredientes	Cantidades	Unidades
Agua purificada	5,000	g
Malta Pale Ale	1,125	g
Maíz (<i>Zea mays L.</i>)	1,125	g
Lúpulo (Amargor)	5	g
Lúpulo (Sabor)	3.75	g
Levadura Ale	2.5	g
Azúcar común	40	g

Fuente (Elaboración propia)

Figura 4. Procesos de elaboración de la cerveza artesanal tipo ale



Fuente: (Cordova, 2020)

4.2.1.1. Descripción del proceso de la cerveza artesanal tipo Ale

a) Recepción: en esta etapa se realizó la recepción la materia prima (maíz amarillo y malta de cebada) y mediante una minuciosa revisión se determinó la calidad de los granos o si estas contiene impurezas ya que si estos granos hubieran resultado de mala calidad se habrían rechazado ya que si se procesara una materia prima de calidad deficiente afectaría significativamente la calidad sensorial como físico-química del producto final y no se obtendría un producto con la calidad que se esperaba (Zuñiga, 2012). En el **Anexo 1** se puede visualizar la etapa de la recepción de las materias primas.

b) Malteado: el proceso del malteado consiste la germinación controlada de los grano del maíz para activar los almidones que están presentes en el grano para un mejor aprovechamiento de los azucares fermentables que posteriormente se utilizara durante la maceración para lo cual los granos de maíz se remojó en agua durante 12 horas luego se colocó en una bandeja de germinación se esparció el maíz y se cubrió con una manta que se tenía que estar humedeciendo cada 3 horas con el objetivo de proteger el maíz de las plagas y mantener la temperatura, se colocó un toldo de bajo y una manta por encima de los granos este proceso tuvo una duración de entre 4 días a una semana, los granos germinados fueron expuestos al sol por 16 horas a una temperatura de entre 30 – 35 °C (González, 2021). En el **Anexo 2** se presenta el proceso del malteado del maíz.

c) Molienda: en esta etapa tanto los granos de malta de cebada como de maíz amarillo se sometieron a una reducción de partículas gruesa (estrujado o quebrado) con un molino de mano para poder extraer mejor los azucare en la etapa del macera, una vez que se culminó con el proceso de molienda de los granos seguidamente se incorporó los granos estrujados a una olla con agua hervida a una temperatura de 65 a 69 °C para elaborar el mosto cervecero

ya que el agua es uno de los ingredientes principales e indispensables en el proceso de elaboración de cerveza (Cordova, 2020). En el **Anexo 3** se muestra el proceso de la molienda.

d) Maceración: los granos molidos se colocaron en agua a una temperatura de entre 65-69 °C, durante 70 minutos para tener un mosto más limpio, los granos fueron colocados en una manta de cola este proceso se empleó con el objetivo de activar los azúcares fermentables que contiene los granos tanto la malta de cebada como el maíz amarillo malteado, faltando 10 minutos para el tiempo establecido se hizo el recirculado este proceso consistió en extraer la manta que contenía los granos y se trasladó a otro recipiente resistente al calor y se le agregó agua hervida se hizo tres repeticiones para extraer y aprovechar todos los azúcares que contenían los granos. (Abad Ameri, 2016). En el **Anexo 4** se puede observar la etapa de la maceración.

e) Cocción: se retiró la manta con el bagazo de malta y de maíz y se llevó el mosto a temperatura de hervor (70 °C) durante 70 minutos, el mosto fue llevado a una temperatura de ebullición con la finalidad de aportar a la cerveza el aroma característico presente en el lúpulo, en la misma etapa se esterilizó el mosto se coagularon las proteínas y evaporaron los olores no deseables, normalmente el proceso de cocción tiene una duración de una hora o más esto depende bastante del estilo de cerveza que se desea elaborar (Abad Ameri, 2016).

f) Enfriamiento: en esta etapa es necesario reducir la temperatura del mosto para lo cual se utilizó un recipiente resistente al calor agua el proceso consistió en agregar agua a temperatura ambiente al recipiente a la que se coloca la olla que contiene el mosto esto ayudó a cortar la cocción y reducir la temperatura de la misma y con la ayuda de un termómetro digital se monitoreó la reducción de la temperatura hasta que esta alcanzó los 30°C y se procedió a retirarlo del recipiente con hielo (Mouchard, 2020)

g) Inoculación de levadura: cuando el mosto llegó a la temperatura deseada (30 °C), se procedió a agregarle la levadura cabe destacar que hay dos tipos de levadura existe una levadura que viene activada y otra tiene que ser activada y la levadura que se utilizó fue una levadura inactiva por lo que se procedió a activarlo la activación consistió en diluir la levadura en agua tibia a 30 °C durante 5 minutos (Mouchard, 2020), cabe mencionar que hay ciertos tipos de levaduras en las que se ocupa agregar sacarosa (Azúcar) aparte de agua tibia para su activación. En el **Anexo 5** se puede observar el proceso de la inoculación de la levadura.

h) Fermentación: esta fase, junto con la maceración, son las más importantes en nuestro proceso de elaboración de cerveza el mosto enfriado en el recipiente de agua a su vez que se oxigenó el mosto para permitir el crecimiento de la levadura que fue añadida al fermentador con trampas de CO₂ para iniciar el proceso de fermentación donde ocurrió una fermentación anaerobia tipo de fermentación aplicada en la industria cervecera y esto ocurre cuando no existe oxígeno en el medio, esto ayudó a la transformación de los azúcares del mosto en alcohol este proceso tuvo una duración de 7 días a una temperatura de 30 °C, cabe mencionar que existe dos tipos de fermentación la fermentación aerobia que utiliza oxígeno y la fermentación anaerobia que no utiliza oxígeno. (Zuñiga, 2012). En el **Anexo 6** se presenta el proceso de la fermentación.

i) Maduración: esta etapa consistió someter a una maduración controlada a la cerveza a una temperatura de almacenamiento de entre 14-16 °C en un congelador durante un periodo de tiempo de una semana con el objetivo de volatilizar los compuestos no deseados, esto se realizó con el fin de disminuir la actividad química de la levadura y así poder disminuir la turbidez y aclarar la cerveza para que al momento del envasado esta adquiriera un color visualmente atractivo para el consumidor (Zuñiga, 2012).

j) Carbonatación y Envasado: esta etapa consistió en carbonatar y envasar la cerveza para la carbonatación se utilizó azúcar común, el proceso consiste en diluir 40 gramos de azúcar en agua a temperatura ambiente entre 25-30 °C y se adiciono al mosto fermentado lo que ayudo a producción de espuma que es uno de los parámetros principales de calidad de la cerveza una vez culminado con esta etapa se prosiguió a la etapa de envasado se envasaron en envases de vidrio estilo ámbar para preservar y alargar la vida útil de la cerveza (Bartolo, 2019).

k) Almacenamiento: el producto final durante su almacenamiento debe estar a temperatura ambiente de entre 25-30 °C o en refrigeración a una temperatura menor o igual a 16 °C el almacenaje es un proceso esencial que permite alcanzar la maduración y alargar la vida en anaquel del producto bajo condiciones controladas y específicas para que esta adquiera ciertas propiedades característicos de la cerveza como ser aroma, sabor y color las cuales solo se pueden adquirir de esta manera (Sánchez J. E., 2022).

4.2.2. Fase 2. Evaluar los parámetros sensoriales de la cerveza obtenida de las diferentes formulaciones

El objetivo de esta fase fue conocer las respuestas de los consumidores al degustar la cerveza artesanal tipo Ale elaboradas con diferentes porcentajes de adición de malta de por maíz amarillo malteado (*Z mays L.*) se realizó una evaluación sensorial donde se evaluaron los atributos color, aroma, sabor y retención de espuma, bajo un diseño completamente al azar (DCA), mediante una prueba hedónica de 7 puntos en una orden de menor a mayor preferencia, se expusieron las muestras a un panel de 50 jueces consumidores y se evaluó los resultados obtenidos mediante el programa estadístico InfoStat 20201 implementado la prueba de análisis de varianza paramétrica diferencia mínima significativa (LSD) con un nivel de significancia al 0.05.

4.2.3. Fase 3. Analizar las características fisicoquímicas del tratamiento con mayor aceptación sensorial

Una vez que culminado el proceso de fermentación y realizado de los análisis sensoriales se tomaron muestras del tratamiento con mayor aceptación sensorial que fue el tratamiento T3 con una sustitución porcentual del 40% de malta de cebada por maíz amarillo malteado y el Tratamiento T1 que fue una muestra comercial elaborada con 100% de malta y se analizaron las distintas características físico-químicos para determinar si el producto es apto para el consumo sin consecuencias para el consumidor a continuación se describen las características evaluadas:

4.2.3.1. Características fisicoquímicas

a). **pH:** para medir el pH de la cerveza primeramente se calibro el pH-metro para obtener das confiables, seguidamente se procedió a introducir la membrana de cristal a las muestras de cerveza con agua destilada en un beaker y de esta forma se obtuvieron los datos del pH de las muestras de cerveza artesanal y del patrón comercial para hacer una comparación de los niveles pH de las muestras para lo cual se realizó un triplicado de las pruebas, luego se lavó y desinfecto la membrana del pH-metro con agua destilada guardar el equipo.

b). **Acidez titulable:** para poder determinar la acidez se preparó los reactivos el hidróxido de sodio (NaOH) y la fenolftaleína con 250 ml de agua destilada y después utilizando un soporte universal con una bureta de 50 ml donde se colocó la solución titilante, tomo 5 ml de cerveza y se colocó en un Matraz Erlenmeyer para después agregarle 3 gotas de fenolftaleína al 1% el cual sirvió como indicador, y se procedió a la titulación con el NaOH normal del NaOH (0.1) hasta que mostró un cambio de color, después con la cantidad gastada de NaOH,

normalidad del NaOH (0.1), peso de la muestra, constante de ácido láctico (0.0908), se utilizó una fórmula para calcular porcentaje de acidez.

Fórmula para calcular la acidez

$$\% \text{ de acidez} = \frac{(0,098)(\text{Normalidad NaOH})(\text{ml utilizado de la muestra titulante})}{\text{Gramos de la muestra}} \times 100$$

c). Grado alcohólico: para determinar el contenido de alcohol primeramente se tomó una muestra de la cerveza y se colocó en una bureta con capacidad de 100 mL y se procedió a medir la temperatura con un termómetro para verificar que la temperatura sea igual o menor que 20 °C, seguidamente se colocó el alcoholímetro en la bureta con la muestra de cerveza, se hizo una espera de un minuto para tomar los grados alcohólicos de la muestra y se realizó un triplicado del análisis para medir el margen de error.

4.2.4. Variables independientes

Las variables independientes fueron las cantidades de maíz amarillo que fueron adicionadas a las diferentes formulaciones las cuales fueron 450g, 675g y 1125g.

4.2.5. Variables dependientes

- a) **Color:**
- b) **Aroma:**
- c) **Sabor:**
- d) **Retención de espumas:**

4.2.6. Análisis estadístico

El diseño experimental que se utilizó en esta investigación fue el diseño completamente al azar (DCA), donde los factores de estudio fueron las cantidades de malta de maíz amarillo que se adicionaron a las diferentes formulaciones las cuales fueron: 20 %, 40 %, 50 % para la obtención de 5 L de cerveza. **Tabla 2**, se analizaron con el programa estadístico InfoStat versión 2017 implementando la prueba de análisis de varianza paramétrica, diferencia mínima significativa (LSD) por sus siglas en ingles con un nivel de significancia al 0.05.

Tabla 2. Tratamientos

Tratamiento	Cantidad de Malta de maíz amarillo
T1	Patrón comercial (0%)
T2	20%
T3	40%
T4	50%

Fuente, (Elaboración propia)

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.1. Validación de porcentajes de maíz que puede ser adiciona al proceso de elaboración de cerveza

El presente estudio demuestra que es posible realizar una sustitución porcentual de la malta cebada por maíz amarillo malteado en el proceso de elaboración de cerveza ya que esta sustitución no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamiento para los atributos como ser el color, el aroma y la retención de espuma, en cuanto al atributo del sabor si mostro diferencias estadísticamente significativa entre los tratamientos donde la muestra T3 con 40% de maíz tuvo mayor similitud con el patrón comercial.

5.2. Evaluaciones sensoriales de la cerveza

Por medio de la aplicación de las pruebas sensoriales se pudo recopilar los datos necesarios que ayudaron a determinar el nivel de agrado de las diferentes muestras de cerveza, mediante la utilización del programa estadístico Infostat se determinó si hubo o no diferencias estadísticamente significativas entre los tratamiento. La **Tabla 3** Se muestra los resultados de la comparación de medias de los atributos sensoriales evaluados de la cerveza artesanal como ser: aroma, sabor, color y retención de espuma. El **Anexo 7** presenta el proceso de las evaluaciones sensoriales.

Tabla 3. Comparación de medias para atributos sensoriales de cerveza artesanal tipo Ale elaborado con adición de maíz entre tratamientos

Tratamientos	Aroma	Sabor	Color	Retención de espuma
T1	5.06±1.27 ^a	5.42±1.26 ^b	5.24±1.30 ^a	5.28±1.41 ^a
T2	4.98±1.35 ^a	4.88±1.48 ^{a,b}	5.40±1.21 ^a	5.16±1.45 ^a
T3	5.22±1.37 ^a	5.40±1.50 ^b	5.36±1.31 ^a	5.26±1.48 ^a
T4	5.02±1.57 ^a	4.68±1.53 ^a	5.20±1.40 ^a	5.12±1.32 ^a

Nota *medias con letras diferentes, indican diferencias significativas ($p < 0.05$), según la prueba de comparaciones diferencia mínima significativa (LSD).

* Tratamiento (1): Testigo o control, 0 g de maíz. * Tratamiento (2): Cerveza con la formulación de 450 g de maíz. * Tratamiento (3): Cerveza con la formulación de 675 g de maíz. * Tratamiento (4): Cerveza con la formulación de 1,125 g de maíz.

En la **Tabla 3** se puede observar que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamiento para el atributo sensorial del aroma, de igual forma en el color no hubo diferencia significativas entre los tratamientos, también se observa que los tratamientos de cerveza no presentaron diferencias significativas en la retención de espuma, excepto en el atributo del sabor donde los tratamientos T1 el patrón comercial con una media de 5.42 y el T3 muestra con 40% de maíz con una media de 5.40, tuvieron mayor aceptación sensorial, la media de aceptación general entre ambos tratamientos no es estadísticamente significativa y se puede utilizar cualquiera de las dos tratamiento como la más aceptada. . En el **Anexo 8** se presenta el formato de evaluación sensorial de uno de los juicios.

5.2.1. Índice de aceptabilidad

El índice de aceptabilidad es una medida que se utiliza para determinar la aceptación de un alimento por parte de los consumidores, se basa en la evaluación de diferentes aspectos como

el sabor, la textura, el aroma, el color y la presentación del alimento por medio de una evolución sensorial que ayuda recopilar datos sobre la aceptación del producto, el índice de aceptación es una herramienta importante en la industria alimentaria para evaluar la calidad de un producto (Costell, 2001), en la **Figura 5** se muestra el grafico del índice de aceptabilidad de la cerveza.

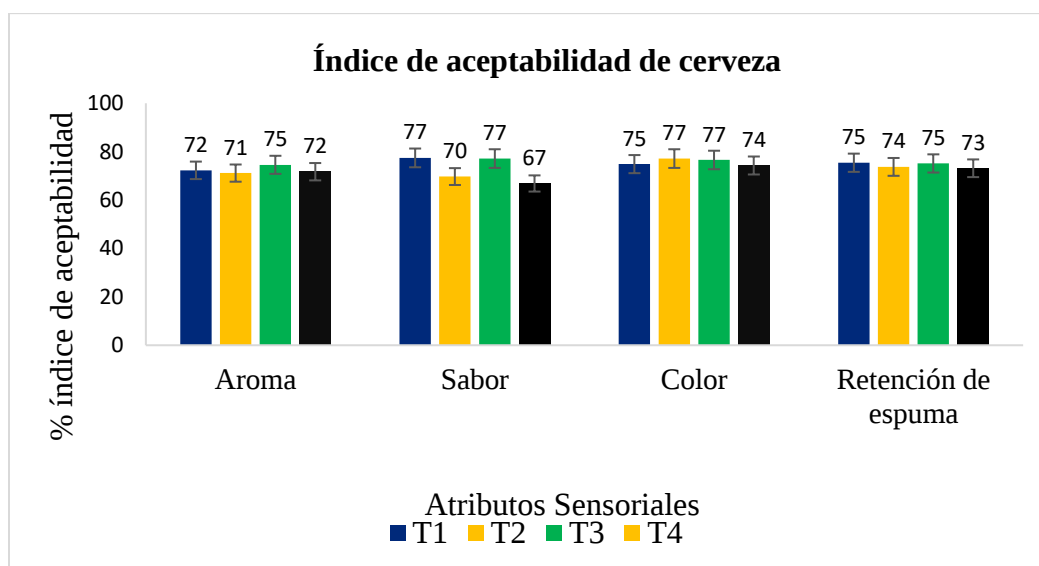


Figura 5. Índice de aceptación de la cerveza artesanal, para las variables de aroma, sabor, color y retención de espuma.

En la **Figura 5** se muestra los valores para el índice de aceptabilidad (IA) calculado a partir de los valores de las medias de la evaluación sensorial para los atributos de color aroma y retención de espumas de la cerveza, de acuerdo a los resultados obtenidos se pudo observar que todas las muestras fueron aceptadas porque tienen un promedio de aceptación mayor al 70%. El IA permitió identificar a la muestra T3 con 40 % de maíz como la de mayor aceptación, teniendo en los cuatro parámetros (75%) aroma, (77%) sabor, (77%) color, (75%) retención de espumas teniendo un promedio 76% lo que indica buena aceptación. Por el lado contrario la de menor aceptación fue la muestra de 50% de sustitución teniendo promedio 72% de aceptación.

5.1.1.1. Cálculo del índice de aceptación

Gracia a los resultados obtenidos mediante la aplicación de las pruebas hedónicas de evaluación sensoriales pudo calcular el índice de aceptación mediante un cálculo matemático de forma individual para cada característica sensorial como el aroma, el sabor, el color y retención de espuma de cada tratamiento lo que ayudó a determinar el tratamiento que tuvo mayor índice de aceptación. Además nos brindó información fundamental sobre las preferencias del público objetivo.

Formula

$$IA = A \times 100 / B$$

Donde “A” es igual al promedio para el producto por cada característica y “B” es la puntuación máxima otorgada al producto por medio de la evaluación sensorial, siendo considerado por la IA como buena aceptación $\geq 70\%$. Siendo 7 la puntuación máxima que corresponde al 100 % de aceptabilidad (TE&ET, 2020).

5.2. Análisis fisicoquímico de la cerveza

Se realizaron los análisis del tratamiento elaborado con 40% de sustitución de malta de cebada por maíz y el patrón que es una muestra elaborada 100% de malta sin adición de maíz. Este se realizó con la finalidad de evaluar y comparar los parámetros fisicoquímicos de la muestra para determinar si se encuentra dentro de los rangos aceptables, a continuación en la **Tabla 4** se muestran los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos en cuanto a los análisis fisicoquímicos los cuales son el pH, el porcentaje de acidez y también grado alcohólico del tratamiento que tuvo mayor índice de aceptación y la muestra control.

Tabla 4. Análisis fisicoquímico

Propiedades fisicoquímicas			
Tratamiento	pH	Acidez titulable	Grado alcohólico
T1	5.30±1.13 ^b	0.81±0.07 ^a	4.63±0.06 ^a
T3	4.60±0.10 ^a	0.76±0.13 ^a	4.70±0.10 ^a

Los valores se representan como promedio ± desviación estándar

Según los resultados obtenidos en la **Tabla 4**, se observa de que la adición porcentual de maíz para en la elaboración de cerveza no alteró las características fisicoquímicos como la acidez titulable y el porcentaje de alcohol ya que sus valores entre la muestra con 40% de maíz y la muestra comercial fueron similares, en cuanto al pH una diferencia con el patrón comercial pero se mantuvo en un rango aceptable el cual es menor o igual a 5.5 según (BOE, 2016) para que la cerveza otra bebida pueda ser producida y comercializada, igualmente el contenido de alcohol está en un rango aceptable según (Ferreyra, 2014) el contenido habitual de una cerveza oscilan entre el 3% y 12%. En el **Anexo 9** muestra los análisis fisicoquímicos realizados.

Según él (Codex, 2024) los estándares físico-químicos aceptables para la cerveza, en cuanto al pH, se requiere que la cerveza mantenga un nivel comprendido entre 3,8 y 4,6, lo cual es fundamental para preservar su estabilidad y calidad, la acidez titulable menor o igual que 4% asegurando así un perfil sensorial equilibrado, en términos del contenido alcohólico se permite una variación del 3 al 12% proporcionando una gama de opciones que satisfacen diversos gustos y preferencias de los consumidores, estos criterios son fundamentales para garantizar la consistencia y excelencia en la producción de cerveza así como para cumplir con los estándares de seguridad alimentaria establecidos a nivel internacional.

VI. CONCLUSIONES

- Se validó los porcentajes de maíz que pueden ser adicionados en diferentes formulaciones para el desarrollo de las cervezas artesanales tipo Ale.
- El índice de aceptabilidad determinó, que el tratamiento que tuvo mayor aceptación fue el T3 con un valor de 76%, los otros tratamientos tuvieron valores relevantes de aprobación como ser el T2 con un valor de aceptación de 73%, el T4 con un valor 72%.
- Los análisis fisicoquímicos demuestran que la adición de maíz no altera las propiedades fisicoquímicos de la cerveza.
- El estudio demostró que es factible la utilización del maíz para la elaboración de cerveza.

VII. RECOMENDACIONES

- Aplicar diferentes tiempos de fermentación, para determinar la influencia en las características sensoriales de la cerveza.
- Realizar los análisis fisicoquímicos de amargor, turbidez, °Brix y microbiológicos, que no fueron posible evaluar.
- Utilizar jueces expertos en el área de la cervecería.

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

- Abad Ameri, D. Y. (2016). *Proceso productivo de la elaboración de cerveza lager a nivel industrial*. Obtenido de <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/browse?type=author>
- Azcona, A. C. (2013). *Alcohol. Bebidas alcohólicas. Metabolismo. Influencia en la situación*. Obtenido de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2018-03-04-ALCOHOL-web.pdf>
- Bartolo, R. E. (2019). *Elaboracion de cerveza artesanal tipo large*. Obtenido de <https://cervezartesana.es/blog/post/tag/ingredientes-de-la-cerveza-artesana>
- BOE. (2016). *Real Decreto 678/2016, de 16 de diciembre, por el que se aprueba la norma de calidad de la cerveza y de las bebidas de malta*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2016-11952>
- Cardenas, j. (2021). *Tabla nutricional-Grano de maíz, amarillo*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/522750921/Tabla-Nutricional-Grano-de-Maiz-Amarillo>
- Codex, A. (2024). Obtenido de <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>
- Cordova, B. (2020). *Acidez Cerveza Resumen*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/379912183/Acidez-Cerveza-Resumen>
- Costell, E. (2001). La aceptabilidad de los alimentos:. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1992/199229475005.pdf>
- Diaz, M. S. (2013). *Cerveza, componentes y propiedades*. Ovideo,España.
- Diaz, S. M. (2013). La cerveza componentes y propiedades. *Universidad de Oviedo*, 6. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/19093/TFM_%20Maria%20Suarez%20Diaz.pdf?sequence=8
- Fernández, H. Z. (2004). *Análisis Químico de los Alimentos. Métodos Clásicos*. Obtenido de <https://juliocruz82.files.wordpress.com/2011/08/analisis-quimico-de-los-alimentos-mc3a9todos-clc3a1sicos.pdf>
- Fernández, R. V. (2018). *LA CERVEZA EN LA PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES. UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID*, 1. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/VERONICA%20RODRIGUEZ%20FERNANDEZ%20DE%20VEGA.pdf>

- Ferreira, L. (2014). *Elaboración de cerveza: Historia y evolución, desarrollo de*. Obtenido de <https://lipa.agro.unlp.edu.ar/wp-content/uploads/sites/29/2020/03/Trabajo-Final-Leonel-Ferreira-.pdf>
- Figuerola, L. C. (2022). *ELABORACION DE CERVEZA*. Obtenido de <https://www.coursehero.com/file/178355030/procesososssssdocx/>
- Fuentes, S. R. (2017). *Evaluación de la utilización de amaranto (Hamaranthus spp) como adjunto y dos cepas e levadura en la fabricación de cerveza*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/17617/1/CD-8081.pdf>
- Garay, M. (2016). *Pruebas sensoriales hedónicas*. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/527474274/PRUEBAS-SENSORIALES-HEDONICA>
- Garduño, G. A. (2013). Simulación del proceso de fermentación de cerveza artesanal. 222. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.scielo.org.mx/pdf/iit/v15n2/v15n2a6.pdf>
- Gatón, F. A. (2020). *ELABORACIÓN Y ESTUDIO ANALÍTICO DE CERVEZA ARTESANAL A PARTIR DE DISTINTOS TIPOS DE PAN*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/51790/TFM-L549.pdf?sequence=1>
- Gómez, O. (2017). *LOS COSTOS Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n70/n70a14.pdf>
- González, D. t. (2021). *La elaboración de la cerveza: 10 fases de una bebida enloquecedora de multitudes*. Obtenido de <https://www.licorea.es/propinas-y-hospitalidad-un-debate-redes-sociales/>
- José-Aldo Piano, M. C. (2018). *CERVEZA Y NUTRICIÓN*. Obtenido de <http://www.geocities.ws/quimesca/articulos/cerveza.pdf>
- Juaquin, L. (2020). Cerveza artesanal vs cerveza industrial. *Universidad Nacional del mar del plata*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<http://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/3350/1/lanos-2020.pdf>
- Landry, J. y. (1980 - 1982). *Distribution and amino acid composition of protein groups located in different histological parts of maize grain*. (28 ed.). Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7451746/>
- Lovisoa, C. L., & L. D. (2017). *Síntesis y regulación de compuestos del aroma y el*. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/ram/v50n4/v50n4a16.pdf>
- Macas, A. F. (2018). *Elaboración de cerveza artesanal con brócoli*. Obtenido de <http://dSPACE.umh.es/bitstream/11000/5356/1/TFG%20Andrade%20Macas%2C%20Jefferson.pdf>

- Menéndez, V. A., & Vera, C. D. (2023). *SUSTITUCIÓN PARCIAL DE CEBADA POR MAÍZ Y ARROZ MALTEADOS SOBRE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y SENSORIALES EN CERVESAS ARTESANALES TIPO PALE-ALE*. Obtenido de https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/2058/1/TIC_AI20D.pdf
- Mesones, B. d. (2019). *Proceso de elaboración basico y simplificado*. *Academia*. Obtenido de https://www.academia.edu/31564660/PROCESO_de_ELABORACI%C3%93N_B%C3%81SICO_y_SIMPLIFICADO
- Mora, M. M. (2020). *El pH y su gran importancia en la elaboración de cerveza*. Obtenido de https://www.academia.edu/31564660/PROCESO_de_ELABORACI%C3%93N_B%C3%81SICO_y_SIMPLIFICADO
- Mouchard, Ñ. (2020). *EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CERVEZA Y SU MEJORAMIENTO MEDIANTE TECNICAS DE RECIRCULACIÓN DE LEVADURAS EN LA ETAPA FERMENTACIÓN*. Obtenido de https://repositorio.utec.edu.pe/bitstream/20.500.12815/139/1/%C3%91a%C3%B1ez%20Mouchard_TI.pdf
- Munoz. Martinez, M. (2015). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE COMPUESTOS BIOACTIVOS EN CERVEZA ARTESANAL Y CERVEZA. UNIVERSIDAD DE LLEIDA FACULTAD DE MEDICINA GRADO EN NUTRICIÓN HUMANA Y DIETÉTICA*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositori.udl.cat/server/api/core/bitstreams/d34f7037-c901-4ada-bee4-275e2294bae0/content>
- Neda, V. G. (2022). *PLAN DE NEGOCIOS PARA LA CREACIÓN DE UNA MICRO-CERVECERÍA*. Obtenido de https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/115374/cf-valenzuela_gn.pdf;sequence=1
- Olalla, J. (2022). *La cerveza, un alimento con propiedades funcionales. Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://usuaris.tinet.cat/jcpulido/cerveza_salud.pdf
- Orús, A. (2023). *Ranking de los países líderes en producción de cerveza en el mundo en 2022*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/1147467/lideres-produccion-cerveza-mundial/>
- Oscar, C. (2017). *Manual para la producción del cultivo del maíz en Honduras. 6*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://dicta.gob.hn/files/2017-El-cultivo-del-maiz,-g.pdf>
- Rincón, A. M. (2012). *Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en cervezas venezolanas*. Obtenido de http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_ff/article/view/1540
- Rodrigo, E., & Milla, G. (2019). *Desarrollo de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo (Sorghum bicolor) con cebada (Hordeum vulgare) y endulsado con miel de abaja*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/e82d20a3-399a-4a15-810a-804b6620b81c/content>

- Rosales, T. (2021). *Cerveza en Honduras*. Obtenido de <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/beer/reporter/hnd>
- Rosales-Serna R, L.-S. E.-A. (2016). *Caracterización nutricional y funcional de los granos de maíz*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s08.htm>
- Sánchez, A. J. (2022). Sustitución parcial de malta de cebada (*Hordeum vulgare*) por maíz morado (*Zea mays* L.) el desarrollo de cerveza estilo Cream Ale: evaluación de parámetros fisicoquímicos. Obtenido de <https://investigacion.ujmd.edu.sv/index.php/investigacionesujmd/article/view/17/11>
- Sánchez, E. Á. (2016). *Escudero Álvarez y P. González Sánchez*. Fibra dietica . Obtenido de https://cursos.gan-bcn.com/cursosonline/admin/publics/upload/contenido/pdf_21031435051655.pdf
- Sánchez, F. (2023). *Las cervezas aportan tres veces más ácido fólico que la leche*. Obtenido de <https://loopulo.com/salud/acido-folico-cervezas/>
- Sánchez, J. E. (2022). *Sustitución parcial de l malta de cebada (Ordeum vulgare) por maiz amarillo (Zea may l.) en el desarrollo de una cerveza estilo cream Ale*. Obtenido de <https://investigacion.ujmd.edu.sv/index.php/investigacionesujmd/article/view/17>
- Sánchez, M. P. (2020). *Análisis fisicoquímicos para el control de calidad en la producción de cerveza*. Obtenido de file:///C:/Users/Wizz%20Kiath/Downloads/TFG-2817%20PIC%C3%83_N-S%C3%83_NCHEZ,%20MAR%C3%83_A%20(4).pdf
- Santiago, I. (2008). *Evaluacion nutrimental del cedimento de cerveza elaborada con cebada maltera*. Obtenido de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/1695/Evaluaci%C3%83n%20nutrimental%20del%20sedimento%20de%20cerveza%20elaborada%20con%20cebada%20maltera.pdf?sequence=1>
- Sosa, G. (2023). *Produccion de maiz en Olancho*. Obtenido de <https://grupocadelga.com/vive-tu-tierra/produccion-del-maiz-en-olancho>
- TE&ET. (2020). Índice de aceptación / rechazo. Obtenido de [https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/estadistica#:~:text=Tasa%20de%20aceptaci%C3%B3n%20\(TA\)%20%3D,\(AA%20%2F%20AE\)%20*%20100](https://teyet-revista.info.unlp.edu.ar/TEyET/estadistica#:~:text=Tasa%20de%20aceptaci%C3%B3n%20(TA)%20%3D,(AA%20%2F%20AE)%20*%20100)
- Vera, D. W. (2023). *Sustitución parcial de cebada por maíz y arroz malteado sobre parametros fisico-quimicosy sensoriales en cerveza artesanal tipo Pale y Ale*. Obtenido de https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2058/1/TIC_AI20D.pdf
- Zuñiga, Y. (2012). *Procesos: Elaboración de cerveza*. Gestium. Obtenido de <https://gestium.com.mx/2021/09/06/cerveza-elaboracion/>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Recepción de la materia prima (malta de cebada y maíz amarillo)



Anexo 2. Proceso del malteado del maíz



Anexo 3. Molienda



Anexo 4. Macerado



Anexo 5. Inoculación de levadura



Anexo 6: Fermentación



Anexo 7. Pruebas sensoriales en el parque central de la ciudad de Catacamas



Anexo 8. Formato de evaluación sensorial de uno de los juicios

2



EVALUACIÓN SENSORIAL DE CERVEZA PRUEBA HEDÓNICA DE 7 PUNTOS

INSTRUCCIONES:

Por favor enjuague su boca con agua antes de empezar. Hay cuatro muestras a ser evaluadas por usted los atributos por evaluar son aroma, sabor, color, retención de espuma y aceptación general, pruebe cada una de las muestras codificadas en la secuencia presentada, de izquierda a derecha.

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta ligeramente
4	Ni me gusta, ni me disgusta
5	Me gusta ligeramente
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

Código	Calificación para cada atributo				
	Aroma	Sabor	Color	Retención de espuma	Aceptación General
350	6	6	7	6	6
646	5	5	6	6	6
992	7	6	6	7	7
414	7	5	6	6	6

Recomendaciones: _____

Anexo 9: Análisis fisicoquímicos

