



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y

RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA NO
ALCOHOLICA DE SORGO (*Sorghum vulgare*), UTILIZANDO UN CULTIVO
INICIADOR (*Lactobacillus plantarum*)”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título
de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Zapata Mena Francisco Paúl

Tutora:

Arias Palma Gabriela Beatriz

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2025

DECLARACIÓN DE AUTORIA

Zapata Mena Francisco Paúl, con cédula de ciudadanía No. 0503568115, declaro ser autor del presente Proyecto de Investigación: “**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA NO ALCOHÓLICA DE SORGO (*Sorghum vulgare*), UTILIZANDO UN CULTIVO INICIADOR (*Lactobacillus plantarum*)**” siendo la Ingeniera Gabriela Beatriz Arias Palma Mg., Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 13 de febrero del 2025



Francisco Paúl Zapata Mena
C.C: 0503568115
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ZAPATA MENA FRANCISCO PAÚL**, identificado con cédula de ciudadanía **0503568115** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA DE SORGO (*Sorghum vulgare*), UTILIZANDO UN CULTIVO INICIADOR (*Lactobacillus plantarum*)”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: octubre 2022

Finalización de la carrera: marzo 2025

Aprobación en Consejo Directivo: 12 de diciembre del 2024

Tutor: Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

Tema: **“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA NO ALCOHOLICA DE SORGO (*Sorghum vulgare*), UTILIZANDO UN CULTIVO INICIADOR (*Lactobacillus plantarum*)”**.

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para

publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, EL **CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 03 día de febrero del 2025.


Francisco Paúl Zapata Mena

EL CEDENTE

Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.

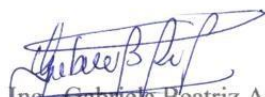
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación con el título:

“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA NO ALCOHOLICA DE SORGO (*Sorghum vulgare*), UTILIZANDO UN CULTIVO INICIADOR (*Lactobacillus plantarum*)”, de Zapata Mena Francisco Paúl, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 13 de febrero del 2025



Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.

C.C: 1714592746


DOCENTE TUTOR


AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el postulante: Zapata Mena Francisco Paúl, con el título de Proyecto de Investigación: **“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA NO ALCOHOLICA DE SORGO (*Sorgum vulgare*) UTILIZANDO UN CULTIVO INICIADORS DE (*Lactobacillus plantarum*)”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

Latacunga, 13 de febrero del 2025


Ing. Manuel Fernández Paredes, Mg.
C.C: 0501511604
LECTOR 1 (PRESIDENTE)


Ing. Zola Eliana Zambrano Ochoa, Mg.
C.C: 0501773931
LECTOR 2 (MIEMBRO)


Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.
C.C: 0502645435
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, institución que me brindó la oportunidad de formarme académicamente y crecer tanto en el ámbito profesional como personal, Agradezco a mis docentes, quienes con su dedicación, conocimientos y orientación fueron fundamentales en este proceso de aprendizaje, Su compromiso con la educación ha sido una fuente de inspiración y motivación constante.

De manera especial, extendiendo mi gratitud a mi tutora de tesis Ing. Gabriela Arias Mg, cuyo apoyo, paciencia y guía fueron esenciales para la culminación de este trabajo de investigación.

Francisco Paul Zapata Mena

DEDICATORIA

Con todo mi amor y gratitud, dedico este trabajo a las personas que han sido mi pilar y mi mayor fuente de inspiración, A mis padres, Freddy Zapata y Mariela Mena, A mis hermanos, por su compañía y por ser una fuente de motivación diaria. Crecer junto a ustedes ha sido una bendición y su apoyo ha sido fundamental en cada paso que he dado.

A mis abuelitos, cuyo amor y sabiduría han sido un refugio y una guía en mi vida. Gracias por sus consejos, por sus historias llenas de enseñanzas y por ser un ejemplo de fortaleza y dedicación.

A mi novia, por su amor, paciencia y compañía incondicional. Gracias por estar a mi lado en cada desafío, por motivarme a seguir adelante

Francisco Paúl Zapata Mena

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES**

TÍTULO: “ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA NO ALCOHOLICA DE SORGO (*Sorghum vulgare*), UTILIZANDO UN CULTIVO INICIADOR (*Lactobacillus plantarum*)”

Autor:

Zapata Mena Francisco Paúl

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo elaborar una bebida fermentada de sorgo (*Sorghum vulgare*), utilizando un cultivo iniciador de *Lactobacillus plantarum*. El sorgo (*Sorghum vulgare*) es un cereal con alto contenido nutricional y potencial para el desarrollo de productos funcionales. El estudio se llevó a cabo en varias etapas. Primero, selección y acondicionamiento de la materia prima, asegurando su calidad, se llevó a cabo la fermentación controlada mediante la inoculación de *Lactobacillus plantarum*, evaluando parámetros como pH, acidez y °Brix en diferentes tiempos de fermentación. Los resultados evidenciaron que *Lactobacillus plantarum* logró un crecimiento adecuado en el medio de sorgo, generando una fermentación efectiva. Los resultados mostraron una reducción progresiva del pH y °Brix y un aumento en la acidez titulable, indicando una fermentación adecuada. Se empleó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) en arreglo factorial de Ax B (3x2), se definió el mejor tratamiento a partir del análisis sensorial con 23 panelistas, el cual se consideró los parámetros de olor, acidez, sabor, textura y aceptabilidad, dando como resultado t3 a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*) el mejor tratamiento. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el laboratorio de EcuChemLab de la ciudad de Quito, para determinar la calidad y seguridad del producto final, en la cual obtuvo 87,57 % de humedad, 0,33% de proteína, 0,02 % de cenizas, 0,45 % de grasa, 11,63 % de carbohidratos, en el análisis microbiológico el crecimiento de *Lactobacillus plantarum* se encuentra dentro de los rangos adecuados para ser un producto probiótico con 7.0×10^7 UFC/mL según la NTE INEN 2395:2011, las pruebas microbiológicas de la bebida fermentada arrojaron resultados de inocuidad alimentaria, Coliformes totales UFC/g y Recuento de E.coli UFC/g en Ausencia, por lo tanto comparadas con la normativa NTE INEN 2395:2011, Coliformes UFC/g y E.coli UFC/g <10, muestran que son aptas para el consumo humano, ya que no cuenta con microorganismos patógenos que afecten a la salud del consumidor.

Palabras clave: fermentación, sorgo, *Lactobacillus plantarum*, bebida funcional.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL
RESOURCES

**THEME: ELABORATION OF A NON-ALCOHOLIC FERMENTED
BEVERAGE FROM SORGHUM (*Sorghum vulgare*), USING A STARTER
CULTURE (*Lactobacillus plantarum*)”**

Author:

Zapata Mena Francisco Paúl

ABSTRACT

The objective of this research was to elaborate a probiotic beverage from sorghum (*Sorghum vulgare*), using a starter culture of *Lactobacillus plantarum*. Sorghum (*Sorghum vulgare*) is a cereal with high nutritional content and potential for the development of functional products. The study was carried out in several stages. First, selection and conditioning of the raw material, ensuring its quality, controlled fermentation was carried out by inoculation of *Lactobacillus plantarum*, evaluating parameters such as pH, acidity and °Brix at different fermentation times. The results showed that *Lactobacillus plantarum* achieved adequate growth in the sorghum medium, generating an effective fermentation. The results showed a progressive reduction in pH and °Brix and an increase in titratable acidity, indicating an adequate fermentation. A completely randomized block design (DBCA) in AxB factorial arrangement (3x2) was used, the best treatment was defined based on the sensory analysis with 23 panelists, which considered the parameters of odor, acidity, flavor, texture and acceptability, resulting in T3 a1b3 (unmalted sorghum beverage with a concentration of 0.03 g of plantarum) as the best treatment, T3 a1b3 (unmalted sorghum drink with a concentration of 0.03 g of lactobacillus plantarum) was the best treatment. Physicochemical and microbiological analyses were performed at the EcuChemLab laboratory in Quito to determine the quality and safety of the final product, in which it obtained 87.57% moisture, 0.33% protein, 0.02% ash, 0.45% fat, 11.63% carbohydrates, in the microbiological analysis the growth of *Lactobacillus plantarum* is within the appropriate ranges to be a probiotic product with 7.0×10^7 CFU/mL according to NTE INEN 2395:2011, the microbiological tests of the probiotic beverage yielded food safety results, Total coliforms CFU/g and E.coli count CFU/g in Absence, Therefore, compared with the NTE INEN 2395:2011 standard, Coliformes UFC/g and E.coli UFC/g <10, show that they are suitable for human consumption, since they do not contain pathogenic microorganisms that affect the consumer's health.

Keywords: fermentation, sorghum, *Lactobacillus plantarum* , functional beverage,

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORIA ii

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR iii

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	vii
<i>AGRADECIMIENTO</i>	viii
<i>DEDICATORIA</i>	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INDICE DE CONTENIDOS	xii
INDICE DE TABLAS	xvi
INTRODUCCIÓN	1
1. INFORMACIÓN GENERAL	2
2. DISEÑO DEL PROYECTO	3
2.1 Planteamiento de problema	3
2.2 Marco contextual	3
2.3 Formulación del Problema	4
2.4 OBJETIVOS.	4
2.4.1. Objetivo general	4
2.4.2. Objetivos específicos	4
2.5 ACTIVIDADES Y TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	5
2.6 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O MARCO REFERENCIAL	8
2.6.1. Antecedentes.....	8
2.6.2. Fundamentación científica.....	9
2.6.2.1. Orígenes del sorgo	9
2.6.2.2. Producción del sorgo en Ecuador	9
2.6.2.3. Tipos de sorgo	9
2.6.2.4. Composición nutricional del sorgo	10
2.6.2.5. Propiedades funcionales del sorgo	11

2.6.2.6. Uso de sorgo en la industria alimentaria	11
2.6.2.7. Fermentación láctica	13
2.6.2.7.1. Etapas del proceso de fermentación láctica	13
2.6.2.8. <i>Lactobacillus</i> en la fermentación de alimentos	14
2.6.3. Marco Conceptual	16
2.7 Metodología de investigación según enfoque	18
2.7.1. Tipos de investigación	18
2.7.1.1. Investigación exploratoria.....	18
2.7.1.2. Investigación experimental	18
2.7.1.3. Investigación teórica	18
2.7.2. Métodos de Investigación	19
2.7.2.1. Método deductivo	19
2.7.2.2. Método inductivo	19
2.7.2.3. Técnicas de investigación	19
2.7.2.4. Instrumentos de la investigación	20
2.7.3. Metodología para el desarrollo del estudio	20
2.7.3.1. Metodología de análisis fisicoquímico de las harinas de sorgo malteado y sin maltear	20
2.7.3.2. Metodología de análisis para determinar el mejor tratamiento	22
2.7.3.2.1. Análisis de pH	22
2.7.3.2.2. Análisis de acidez	23
2.7.3.2.3. Análisis de °brix	23
2.7.3.3. Metodología de análisis organoléptico de la bebida fermentada.....	23
2.7.3.4. Metodología del análisis del mejor tratamiento	24
2.7.3.4.1. Análisis fisicoquímico	24
2.7.3.4.2. Análisis microbiológico	25
2.7.3.4.3. Análisis nutricional	25

2.7.3.5. Metodología de obtención de harinas	25
2.7.3.5.1. Harina de sorgo sin maltear	25
2.7.3.5.2. Harina de Sorgo malteado.....	26
2.7.3.6. Metodología de elaboración de producto	27
2.7.3.6.1. Materias primas e insumos	27
2.7.3.6.2. Formulación	27
2.7.3.7.6.3. Preparación del cultivo iniciador	28
2.7.3.6.1. Recepción y pesaje.....	28
2.7.3.6.2. Maceración.....	29
2.7.3.6.3. Filtrado del mosto	29
2.7.3.6.4. Cocción del mosto	29
2.7.3.6.5. Enfriado	30
2.7.3.6.6. Fermentación	30
2.7.3.6.7. Filtrado	31
2.7.3.6.8. Pasteurización	32
2.7.3.6.9. Embotellado y etiquetado	32
2.7.3.6.10. Refrigeración	32
2.8 VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS	33
2.8.1. Hipótesis Nula (H0):.....	33
2.8.2. Hipótesis Alterna (H1):	33
2.9 DISEÑO EXPERIMENTAL	34
2.9.1. Formulación de la bebida fermentada	35
2.10.1 Formulas base del ANOVA.....	39
2.10.2 Análisis fisicoquímico de la materia prima	39
2.10.3 Análisis fisicoquímico de los tratamientos	41
2.10.3.1 Variable de pH	41

2.10.3.2 Variable de grados brix	44
2.10.3.3 Variable de acidez	47
2.10.4 Análisis sensorial de los mejores tratamientos	51
2.10.4.1 Olor	51
2.10.4.2 Acidez	53
2.10.4.3 Sabor	55
2.10.4.4 Textura	56
2.10.5.5 Aceptabilidad	58
2.10.4.6 Determinación del mejor tratamiento	60
2.10.5 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento	61
2.10.6 Análisis microbiológicos del mejor tratamiento	61
2.10.7 Análisis nutricional del mejor tratamiento.....	62
3. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS	63
3.1 Impacto técnico	63
3.2 Impacto social	63
3.3 Impacto Económico	64
3.4 Impacto ambiental	64
4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	64
5.2 RECOMENDACIONES	67
6. BIBLIOGRAFÍA	68

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tareas y actividades según los objetivos planteados	5
Tabla 2 Factor de estudio	34
Tabla 3 Tratamientos de estudio	35
Tabla 4 Formulación para la elaboración de la bebida fermentada.	35
Tabla 5 Análisis de Variables	37

Tabla 6 Análisis de Varianza (ANOVA).	39
Tabla 7 Resultados del análisis fisicoquímico de la harina de sorgo sin maltear y malteada	40
Tabla 8 Valores obtenidos del pH durante el tiempo de fermentación	41
Tabla 9 Cuadro de ANOVA de la variable de pH	42
Tabla 10 Cuadro de test: Tukey factor A	42
Tabla 11 Cuadro de test: Tukey factor B	43
Tabla 12 Valores obtenidos del °Brix durante el tiempo de fermentación	44
Tabla 13 Cuadro de ANOVA de la variable de ° Brix	45
Tabla 14 Cuadro de test: Tukey factor A	46
Tabla 15 Cuadro de test: Tukey factor B	46
Tabla 16 Valores obtenidos del % de ácido láctico producido durante el tiempo de fermentación	48
Tabla 17 Cuadro de ANOVA de la variable de % de ácido láctico	48
Tabla 18 Cuadro de test: Tukey factor A	49
Tabla 19 Cuadro de test: Tukey factor B	49
Tabla 20 Cuadro de ANOVA de la variable de olor	51
Tabla 21 Cuadro de Test: Tukey	52
Tabla 22 Cuadro de ANOVA de la variable de Acidez	53
Tabla 23 Cuadro de Test: Tukey	53
Tabla 24 Cuadro de ANOVA de la variable de sabor	55
Tabla 25 Cuadro de Test: Tukey	56
Tabla 26 Cuadro de ANOVA de la variable de textura	57
Tabla 27 Cuadro de Test: Tukey	57
Tabla 28 Cuadro de ANOVA de la variable de aceptabilidad	58
Tabla 29 Cuadro de Test: Tukey	59
Tabla 30 Resultados del análisis para determinar el mejor tratamiento	60
Tabla 31 Formulación del mejor tratamiento	60
Tabla 32 Resultados fisicoquímicos del mejor tratamiento.	61
Tabla 33 Resultados microbiológicos del mejor tratamiento vs los requisitos dentro de las noras INEN.	62

Tabla 34 Resultado del análisis nutricional sobre el mejor tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*).

..... 62

Tabla 35 Presupuesto para el proyecto de investigación 64

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Flujo, obtención de Harina de Sorgo sin Maltear. 26

Figura 2 Diagrama de flujo, obtención de harina de sorgo maltada. 27

Figura 3 Diagrama de flujo de activación de cultivo de *Lactobacillus plantarum*. 28

Figura 4 Recepción y pesaje 28

Figura 5 Maceración 29

Figura 6 Filtrado del mosto 29

Figura 7 Cocción del mosto 30

Figura 8 Enfriado 30

Figura 9 Adición del fermento 31

Figura 10 Fermentación 31

Figura 11 Filtrado 31

Figura 12 Etiqueta 32

Figura 13 Diagrama de Flujo de la elaboración de la bebida fermentada de Sorgo

Malteado. 33

INDICE DE GRÁFICAS

Grafica 1 Variación de pH durante el tiempo de fermentación de la bebida 43

Grafica 2 Variación de grados Brix 46

Grafica 3 Variación del porcentaje de ácido láctico producido durante la fermentación de la bebida.

50 Grafica 4 Olor

..... 52

Grafica 5 Acidez 54

Grafica 6 Sabor 56

Grafica 7 Textura 58

Grafica 8 Aceptabilidad	59
-------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

La demanda de bebidas saludables, funcionales y de bajo impacto ambiental ha aumentado en los últimos años, incentivando el desarrollo de alternativas innovadoras en la industria de alimentos, Por lo que en Ecuador la producción de bebidas probióticas no está siendo aprovechado al máximo, existe la necesidad de formular una bebida fermentada que cumpla con altos estándares de calidad, estabilidad y que mantenga la viabilidad de microorganismos beneficiosos para la salud (Montijo, 2017)

Este estudio combina las recientes investigaciones realizadas a este cereal (sorgo), y así generar un aprovechamiento constante, el proceso de elaboración de bebidas probióticas requiere de conocimientos sobre propiedades funcionales y benéficas de los microorganismos (Treviño *et al.*, 2020).

Esta tesis contiene el proceso completo del desarrollo de la bebida fermentada de sorgo, desde la selección y procesamiento de los ingredientes necesarios para la producción de la bebida fermentada, hasta la evaluación de los efectos favorables que la misma produce al consumidor, de igual manera se analizarán los aspectos nutricionales, sensoriales y microbiológicos para asegura la calidad e inocuidad del producto final, con el objetivo principal de proporcionar efectos viables y beneficiosos hacia el consumidor.

Es fundamental la investigación de las condiciones óptimas de formulación y conservación para una bebida fermentada que asegure tanto el aporte efectivo de microorganismos saludables como la aceptación de los consumidores.

La investigación se enfoca en la tendencia hacia el consumo de productos saludables y funcionales, por lo cual pretende contribuir al conocimiento científico sobre la utilidad de los ingredientes para la elaboración de productos con características innovadoras.

El objetivo de crear una bebida fermentada de sorgo genera un impacto positivo, ya mediante los análisis microbiológicos de recuento de *Lactobacillus plantarum* el cual fue el inóculo iniciador de la fermentación ácido láctica se encuentra presente en el producto ($7,0 \times 10^7 \text{ UFC/ml}$) dando como resultado una bebida fermentada.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA NO ALCHOLICA DE SORGO (*Sorghum vulgare*), UTILIZANDO UN CULTIVO INICIADOR *Lactobacillus plantarum*”

Fecha de inicio: abril 2024 **Fecha**

de finalización: marzo 2025

Lugar de ejecución:

País: Ecuador

Provincia: Cotopaxi

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga **Barrio:**

Salache Bajo

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Carrera

de Agroindustria

Equipo de Trabajo:

Tutor:

Ingeniera Gabriela Beatriz Arias Palma

Estudiante:

Francisco Paúl Zapata Mena

0995944112 francisco.zapata8115

@utc.edu.ec **Línea de**

investigación

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub línea de investigación

Investigación-innovación y emprendimientos.

2. DISEÑO DEL PROYECTO

2.1 Planteamiento de problema

La demanda de bebidas saludables, funcionales y de bajo impacto ambiental ha aumentado en los últimos años, incentivando el desarrollo de alternativas innovadoras en la industria de alimentos en diferentes países del mundo, como en China y Estados Unidos. En Ecuador la elaboración de bebidas probióticas no está siendo aprovechado al máximo, Existe la necesidad de formular una bebida fermentada que cumpla con altos estándares de calidad, estabilidad y que mantenga la viabilidad de microorganismos beneficiosos para la salud, respondiendo así a la creciente demanda de productos funcionales en el mercado.

Es fundamental investigar las condiciones óptimas de formulación y conservación para una bebida fermentada que asegure tanto el aporte efectivo de microorganismos saludables como la aceptación de los consumidores, para ofrecer una opción funcional y de alto valor nutricional en el mercado de alimentos saludables.

2.2 Marco contextual

Según (Chuketirore, 2018), en la industria de los alimentos probióticos se está desarrollando en todos los continentes. Las marcas líderes tienen a *Lactobacillus* que las distinguen de las otras empresas que se encuentran en el mercado industria, ya que todas van hacia un objetivo, los microorganismos vivos son beneficiosos y ayudan a la restauración de la microflora intestinal.

Según (Montijo, 2017), en la actualidad existe un interés alto a nivel científico y comercial del uso de microorganismos que son beneficiosos para salud, en la prevención de enfermedades y tratamientos.

En los últimos tiempos, los clientes en Ecuador han comenzado a tomar decisiones más ponderadas al comprar productos, basándose en un análisis más exhaustivo de su origen, ventajas y posibles beneficios para su salud. Según (Murillo, 2018), en el pasado, los ciudadanos de Ecuador empleaban cualquier sustancia que satisfacía sus necesidades básicas, pero ahora, cuando hacen una compra, intentan que varios de sus requisitos se puedan satisfacer con sus productos.

De acuerdo con (Orbe, 2008), la capacidad adquisitiva de los consumidores en los países más desarrollados les permite elegir con responsabilidad cuán responsablemente se fabricó un producto, en una nación en desarrollo como la nuestra, este fenómeno es mucho menos común. Por lo tanto, el mercado de bienes sociales o ambientales abarca un nicho bastante pequeño para los responsables. Sin embargo, existen numerosas propuestas. En países en desarrollo, como Ecuador, es necesario buscar una variedad de certificaciones ambientales, sociales o verdes para que sean más atractivas en un mercado industrial desarrollado.

En la provincia de Cotopaxi no existe demanda de empresas que elaboren bebidas probióticas, igualmente las bebidas probióticas que elaboran la gran parte de son bebidas fermentadas lácteas con adición de microorganismo como el *Lactobacillus*, todos con la finalidad de producir efectos saludables a la salud del consumidor.

2.3 Formulación del Problema

¿Cómo influye el cultivo iniciador de *Lactobacillus plantarum* en la elaboración de la bebida fermentada de sorgo y cuál sería la carga microbiana del cultivo adecuada de una bebida fermentada?

2.4. OBJETIVOS.

2.4.1. Objetivo general

- Elaborar una bebida fermentada de sorgo (*Sorghum vulgare*), utilizando un cultivo iniciador de (*Lactobacillus plantarum*).

2.4.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el sorgo malteado y sorgo sin maltear para la elaboración de la bebida fermentada no alcohólica.

- Establecer la formulación adecuada de sorgo (malteado y sin maltear) y la concentración del inóculo para la elaboración de la bebida fermentada no alcohólica.
- Obtener el mejor tratamiento en función del pH, acidez, °Brix y pruebas de aceptabilidad de catadores.
- Evaluar análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y nutricional del mejor tratamiento.

2.5. ACTIVIDADES Y TAREAS EN RELACIÓN CON LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 1 Tareas y actividades según los objetivos planteados

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDADES	METODOLOGIA	RESULTADOS
Caracterizar el sorgo malteado y sorgo sin maltear para la elaboración de la bebida fermentada.	-Obtener las materias primas (sorgo). -Germinar el sorgo (<i>Sorghum vulgare</i>). -Elaboración de las harinas. -Determinación de análisis físico químico de las materias primas (proteína, humedad, cenizas, fibra, grasa, carbohidratos y materia orgánica.)	-Obtención de harina de sorgo maltado y sorgo sin maltear se observa en la figura 1 y figura 3 . -Análisis Fisicoquímicos Grasa. (AOAC 2003.06) Humedad. (AOAC 925.10) Proteína. (AOAC 2001.11) Materia Orgánica. (AOAC 967.05) Ceniza. (AOAC 923.03) Fibra Bruta.	En la tabla 7 se evidencian los resultados obtenidos de la caracterización de harina de sorgo malteada y sin maltear.

		(INEN 522)	
Establecer la formulación adecuada de sorgo (malteado y sin maltear) y la concentración del inóculo para la elaboración de la bebida fermentada.	<p>-Elaboración de diferentes muestras experimentales</p> <p>-Determinar la concentración de los ingredientes a utilizar.</p> <p>-Utilizar el inóculo de <i>Lactobacillus plantarum</i> para la producción de la bebida fermentada de sorgo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cocción • Triturado • Filtrado • Inoculación • Fermentación <p>-Proceso de activación del cultivo iniciador figura 5</p>	Seis formulaciones base para la obtención de la bebida, se puede visualizar en la tabla 2
Obtener el mejor tratamiento en función del pH, acidez, °Brix y aceptabilidad de los catadores.	Evaluar el pH, acidez y °Brix de los diferentes tratamientos de la bebida fermentada al inicio, durante y al final de la fermentación.	Análisis se llevaron a cabo según NTE INEN 2304:2017	<p>En la tabla 8 se encuentran los valores de pH obtenidos durante el procesamiento de la bebida.</p> <p>En la tabla 12 se encuentran los valores de °brix obtenidos durante el tiempo de fermentación de la bebida.</p> <p>En la tabla 16 se encuentran los valores de % de ácido láctico</p>

			obtenidos durante la elaboración de la bebida.
Evaluar análisis fisicoquímicos, microbiológicos, sensoriales y nutricional de los mejores tratamientos.	Determinación de análisis fisicoquímico (Humedad, proteína, ceniza, grasa, materia orgánica y fibra bruta), microbiológico (Mohos y levaduras, Aerobios mesófilos, coliformes totales y Bacterias de <i>Lactobacillus</i>), nutricional (grasa, carbohidratos, proteína, fibra, calorías) del mejor tratamiento. -Elaboración de la ficha de catación, y determinar el grupo de catadores. - Comparación fisicoquímica, microbiológica y nutricional del mejor tratamiento.	-Análisis Fisicoquímicos Grasa. (AOAC 2003.06) Humedad. (AOAC 925.10) Proteína. (AOAC 2001.11) Materia Orgánica. (AOAC 967.05) Ceniza. (AOAC 923.03) Fibra Bruta. (INEN 522) -Análisis microbiológico Aerobios mesófilos (AOAC 990.12) Coliformes totales. (AOAC 991.14) Mohos y Levaduras (AOAC 997.02) Recuento de lactobacillus. (ISO 15214)	En la tabla 32 se encuentran los análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento de la bebida fermentada de sorgo. En la tabla 33 se encuentran los valores obtenidos del análisis microbiológico del mejor tratamiento. En la tabla 34 se evidencian los resultados nutricionales del mejor tratamiento.

2.6. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA O MARCO REFERENCIAL

2.6.1. Antecedentes

Según (Taron, 2012) en su tema de investigación “Elaboración de una bebida alcohólica destilada de sorgo dulce”, el trabajo de investigación tuvo como objetivo

la elaboración de una bebida alcohólica destilada a partir del cereal sorgo dulce, con características genéricas y aromas propios del cereal, los análisis obtenidos muestran que se puede elaborar una bebida destilada a partir de este cereal que no es muy aprovechado en varios países, se da por un proceso de hidrólisis enzimática del almidón.

Según (Nieblas, 2016) en su tema de la “Obtención de una bebida y productos alimenticios mediante dos variedades de sorgo, el desarrollo de una cerveza utilizando sorgo, en reemplazo de una malta de cebada, informa lo que contribuye a los niveles bajos de malta de sorgo, la tecnología propuesta de este trabajo juega un papel importante para encontrar nuevos alimentos y generar innovación.

Según (Aldana, 2022) en su tema de investigación de la “Elaboración de una bebida energética a base de malta de cebada con sorgo”, la bebida se desarrolló y se creó el proceso de malta, se evaluaron tres métodos de tratamientos cambiando la proporción del contenido de grano, se determinaron el azúcar la cafeína el color el pH y la cantidad de vitaminas.

Según (Segovia, 2019) en la “Evaluación del malteado y fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ale, utilizando el sorgo (*sorghum vulgare*) como materia prima”, este proyecto de investigación se enfoca en la elaboración de una cerveza con el objetivo de utilizar materia prima menos aprovechada en el Ecuador, como resultados finales obtienen una cerveza tipo ale con un contenido bajo de gluten y apta para personas celiacas.

Según (Méndez, 2016) con el “Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de arroz, sorgo, y soya en apoyo al programa de alimentación escolar”, se desarrollaron varias formulación para obtener una bebida con característica sensoriales alta, y sea aceptable en la alimentación diaria de los estudiante, su mejor tratamiento es la formulación de 70% cereales y 30% leguminosas.

2.6.2 Fundamentación científica

2.6.2.1. Orígenes del sorgo

Según La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Hernández, 2011) el sorgo es originario en la parte occidental y central de África, es considera un alimento esencial y de mayor consumo en el

continente asiático como es India y China, dichos países producen el 94% de sorgo, en la parte de América central y el Caribe el país que presenta mayor demanda en la producción de sorgo es México con el 90%, en América del sur, Argentina un 60% de su producción. Este grano tiene un gran valor nutricional, ya que nos aporta muchos nutrientes, es muy saciante y al no tener gluten es una gran opción para personas celíacas.

2.6.2.2. Producción del sorgo en Ecuador

Luego de 30 años de no sembrar sorgo en grande en Ecuador, nace una nueva oportunidad ya que de esa manera se busca rotar los cultivos y generar mayores ingresos. Según (Villamar, 2014) en nuestro país el sorgo (*Sorghum bicolor L.Moench*), Ecuador cuenta con zonas potenciales para el cultivo de sorgo como las tierras de las provincias de: Guayas, El Oro, Manabí, Santa Elena, Esmeraldas, Los Ríos. Otros suelos aptos para este cultivo con los que permanecen en descanso después de la temporada de lluvia, en las tierras que se ha sembrado arroz ya que se conserva la humedad residual y es importante tener en cuenta el genotipo ya que se requiere de una apropiada densidad poblacional, es decir, la distancia de la siembra. Es considerado como un producto de resistencia a enfermedades, este cereal es sustituyendo al cultivo de maíz de otros cereales (Suárez, 2022).

2.6.2.3. Tipos de sorgo

El sorgo cuenta con tres tipos como: forrajero, granífero y escobero; tiene usos distintos. Para alimentación de animales de granja es destinado el sorgo forrajero, el sorgo granífero para el consumo humano y el sorgo escobero para utilizar en fibras y producción de escobas. Chuck-(Hernández, 2011)

2.6.2.3.1 Granífero

El sorgo granífero (*Sorghum vulgare*) es una variedad de sorgo cultivada, principalmente por sus granos ricos en almidón y proteínas . Es una alternativa al maíz en muchas regiones, especialmente en zonas áridas o con poca disponibilidad de agua, ya que es más resistente a la sequía. Se utilizo este tipo de grano porque es considerado de consumo para humanos (León, 2022)

2.6.2.4. Composición nutricional del sorgo

Los componentes que presenta el sorgo varia de acuerdo a los factores y condiciones ambientales a la que el cereal se encuentre expuesto, dicho cereal se encuentra

compuesto por proteínas, lípidos, vitaminas, carbohidratos, minerales y polifenoles en función del genotipo y su ambiente (Godínez, 2017)

- **Carbohidratos**

Los carbohidratos constituyen aproximadamente el 70-75% del peso del grano de sorgo. Principalmente compuestos por almidón, que es una fuente de energía fácilmente disponible. El sorgo contiene amilosa y amilopectina, que afectan su digestibilidad. El sorgo tiene un índice glucémico moderado, lo que puede ayudar a controlar los niveles de azúcar en la sangre (Domanski, 2012)

- **Proteínas**

El sorgo contiene entre 8-15% de proteínas, depende de las condiciones del cultivo y la variedad del cereal. Aunque es una fuente de proteínas, el sorgo es deficiente en lisina. Sin embargo, es rico en otros aminoácidos como la leucina y la prolina. La calidad de las proteínas del sorgo puede mejorarse a través de la fermentación, que puede aumentar la biodisponibilidad de los aminoácidos esenciales (Godínez, 2017)

- **Fibra dietética**

El sorgo es una buena fuente de fibra dietética, que constituye aproximadamente el 6-15% del grano. La fibra del sorgo contribuye a la salud digestiva, a reducir el riesgo de enfermedades crónicas como la diabetes y enfermedades cardiovasculares (Domanski, 2012)

- **Vitaminas**

El sorgo es una fuente rica en vitaminas como la piridoxina (B6), e complejo B, vitamina E, Niacina B3, Riboflavina B2. Contiene tocoferoles y tocotrienoles, formas de vitamina E que actúan como antioxidantes naturales (Godínez, 2017)

- **Minerales**

Estos minerales son esenciales para la salud ósea. El sorgo proporciona cantidades moderadas de ambos. Contiene hierro y zinc, que son cruciales para funciones metabólicas y la salud del sistema inmunológico. La biodisponibilidad de estos minerales puede mejorarse mediante la fermentación.

2.6.2.5. Propiedades funcionales del sorgo

El sorgo es una fuente rica en compuestos fenólicos, incluyendo ácidos fenólicos, flavonoides, y taninos. Las variedades de sorgo de grano rojo y negro contienen antocianinas, que tienen potentes propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. La ingesta regular de antioxidantes de sorgo ayudan a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, ciertos tipos de cáncer, y enfermedades neurodegenerativas, (Bolletta, 2011)

El sorgo presenta un índice glucémico bajo a moderado, resulta que su consumo es la liberación de glucosa en el torrente sanguíneo ayudando a controlar el nivel de azúcar. Debido a su efecto moderado en el azúcar en sangre, el sorgo puede ser una opción alimenticia adecuada para personas con diabetes tipo 2 o que buscan controlar sus niveles de glucosa (León, 2022)

2.6.2.6. Uso de sorgo en la industria alimentaria

El sorgo ha sido utilizado durante siglos en la industria alimentaria por su versatilidad y su adaptabilidad a diversas condiciones de cultivo. A continuación, se exploran tanto las aplicaciones tradicionales como las modernas del sorgo en la producción de alimentos y bebidas (Rollan, 2020)

- Uso tradicional del sorgo

Harina de sorgo: Tradicionalmente, el sorgo se muele para producir harina, en la industria de la panificación, Tortillas y panes: En países como la India, el sorgo se utiliza para hacer rotis y otras formas de panes planos

Cerveza tradicional: En África, el sorgo se ha utilizado durante mucho tiempo para elaborar cerveza tradicional, conocida como bantu beer o chibuku, mediante procesos de fermentación natural.

Bebidas fermentadas: En algunas regiones, el sorgo se emplea para producir bebidas fermentadas de bajo contenido alcohólico y bebidas lácteas fermentadas (FAO, 2019)

- Aplicaciones modernas del sorgo

- Productos de panadería

En la actualidad, el sorgo se utiliza cada vez más en productos de panadería sin gluten, incluyendo panes, pasteles, y galletas, debido a su ausencia de gluten y su perfil nutricional. Se incorpora en mezclas de harina para mejorar el contenido de fibra y aumentar la nutrición en productos de panadería convencionales (Pérez, 2010)

- **Bebidas funcionales**

Con el creciente interés en bebidas saludables y funcionales, el sorgo se utiliza en la producción de bebidas fermentadas no alcohólicas enriquecidas con probióticos, utilizando cultivos iniciadores como *Lactobacillus*. El sorgo es un ingrediente clave en la elaboración de cervezas sin gluten, ofreciendo una alternativa a las cervezas tradicionales a base de cebada (Bosch, 2011)

- **Aplicaciones industriales**

El sorgo dulce se utiliza en la producción de jarabes y edulcorantes naturales, que pueden ser una alternativa al jarabe de maíz de alta fructosa. El sorgo también se cultiva para la producción de bioetanol, siendo una fuente sostenible de energía renovable. El sorgo, con su perfil nutricional único y versatilidad, ha encontrado tanto aplicaciones tradicionales como modernas en la industria alimentaria. Su capacidad para adaptarse a diferentes procesos y necesidades dietéticas lo convierte en un ingrediente valioso para el desarrollo de productos innovadores y saludables (Rodríguez, 2019)

2.6.2.7 Fermentación láctica

Es un proceso metabólico en el que determinadas bacterias convierten los azúcares presentes en los alimentos (principalmente glucosa y otros monosacáridos) en ácido láctico. Este proceso se produce en ausencia de oxígeno (anaeróbico) y lo llevan a cabo principalmente en las bacterias del ácido láctico, por ejemplo el *Lactobacillus* (Shirai, 2018).

2.6.2.7.1. Etapas del proceso de fermentación láctica

- **Iniciación**

Los alimentos que van a ser fermentados son preparados y, en algunos casos, cocidos o triturados para facilitar el acceso de las bacterias a los azúcares. Se añade

un cultivo iniciador de bacterias lácticas, como *Lactobacillus*, al sustrato. En algunos casos, las bacterias naturales presentes en el ambiente inician la fermentación espontáneamente (Buffa, 2011)

- **Adaptación y crecimiento bacteriano**

Fase lag: Las bacterias se adaptan al ambiente y comienzan a multiplicarse lentamente. Esta fase puede durar varias horas dependiendo de las condiciones iniciales. Fase exponencial: Las bacterias se multiplican rápidamente, aumentando la población bacteriana y comenzando la producción significativa de ácido láctica (Olivarez, 2021)

- **Producción de ácido láctico**

Conversión de azúcares: Durante esta fase, dichas bacterias lácticas metabolizan los azúcares, y los convierte en ácido láctico, Acidificación: El aumento de ácido láctico reduce el pH del medio, lo que inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos y de deterioro, preservando así el alimento (Olivarez, 2021)

- **Maduración**

Estabilización del pH: Una vez que el sustrato alcanza un nivel de acidez óptimo, el aumento de las bacterias lácticas disminuye, y el pH se estabiliza. Desarrollo de sabor y textura: Durante esta etapa, los compuestos de sabor y aroma se desarrollan, y la textura del producto se modifica según las características deseadas. (Rollan, 2020)

- **Condiciones necesarias para la fermentación láctica**

La temperatura óptima para la fermentación láctica varía entre 20°C y 45°C, dependiendo de las especies de bacterias involucradas. *Lactobacillus* y otras bacterias lácticas crecen mejor a temperaturas moderadas. Las bacterias lácticas prosperan en un rango de pH de 4.0 a 6.5. El ácido láctico producido reduce el pH, creando un ambiente inhóspito para microorganismos no deseados. La duración de la fermentación láctica puede variar desde varias horas hasta días, dependiendo del producto deseado y las condiciones específicas de fermentación. Aunque las bacterias lácticas pueden tolerar pequeñas cantidades de oxígeno, La presencia de

azúcares fermentables es esencial para el crecimiento bacteriano y la generación de ácido láctico (Ramírez, 2011)

- **Aplicaciones de la fermentación láctica**

La lactofermentación se utiliza para producir una variedad de alimentos y bebidas, como yogur, kéfir, chucrut, kimchi y ciertas bebidas fermentadas. Este proceso es esencial para la producción de bebidas fermentadas a base de sorgo y proporciona los beneficios funcionales asociados con los productos fermentados (Acevedo, 2014)

2.6.2.8 *Lactobacillus* en la fermentación de alimentos

- **Características de *Lactobacillus*:**

Estas bacterias no producen esporas, lo que significa que son más vulnerables a las condiciones ambientales extremas, pero son muy adaptables a entornos fermentativos. *Lactobacillus* es conocido por su capacidad para realizar la fermentación láctica. Metabolizan azúcares como la glucosa, convirtiéndolos principalmente en ácido láctico (Teixeira, 2018)

- **Fermentación de alimentos**

El ácido láctico producido durante la fermentación reduce el pH del alimento, creando un ambiente ácido que inhibe el crecimiento de patógenos y microorganismos de deterioro, mejorando así la seguridad alimentaria. Además del ácido láctico, en productos lácteos fermentados, *Lactobacillus* puede influir en la textura, formando exopolisacáridos que actúan como agentes espesantes naturales, mejorando la viscosidad y la cremosidad (Olaoye, 2017)

- **Valor nutricional y beneficios para la salud**

En el proceso de fermentación con inóculo de *Lactobacillus* aumenta la digestibilidad y la biodisponibilidad de nutrientes, como aminoácidos y vitaminas del complejo B. Muchas especies de *Lactobacillus* son consideradas probióticas, contribuyendo a la salud intestinal y al fortalecimiento del sistema inmunológico. La reducción del pH y la producción de bacteriocinas (compuestos antimicrobianos) durante la fermentación prolonga la vida de anaquel del producto (Benavides, 2020)

- **Importancia en la industria alimentaria**

Su uso en la fermentación de productos como el sorgo para desarrollar bebidas fermentadas no alcohólicas es un ejemplo de cómo se pueden utilizar estas bacterias para innovar y mejorar los alimentos tradicionales (Ríos, 2021)

- ***Lactobacillus plantarum***

Según (Teixeira, 2018) es un microorganismo gram positiva, no esporulada, su temperatura de crecimiento es de 30 °C hasta 35°C.

Lactobacillus plantarum es un microorganismo probiótica del género *Lactobacillus* que se encuentra en diversos alimentos fermentados, como el chucrut, los encurtidos, el kéfir y algunos productos lácteos. Su propiedades funcionales son antioxidantes, antiinflamatorias y puede ayudar en la prevención de trastornos gastrointestinales, El microorganismo *lactobacillus plantarum* actúa en el azúcar simple (glucosa) por medio de la glicolisis que produce ácido piruvato, y el cual se genera ácido láctico.

2.6.3 Marco Conceptual

Acidez: La acidez es considerada una propiedad química que indica el nivel de concentración de iones de hidrógeno (H^+) presentes en una sustancia, y determinando su pH. (Silva, 2008)

Análisis físico químico: Ayuda a determinar parámetros de aceptabilidad, inocuidad y nutrición, la cual nos brinda los lineamientos necesarios para la calificar a un producto como seguro para su consumo (Zerna, 2021)

Análisis sensorial: es una evaluación sensorial, aplicando diferentes parámetros; se utiliza principalmente en la industria alimenticia para determinar calidad sensorial de tratamientos mediante varios panelistas entrenados y seminternados. (Cuevas, 2024)

Alimento: Conjunto de sustancias que los seres vivos consumen a diario para una nutrición balanceada (Ascorbe, 2018)

Bebida fermentada: Son aquellas que contienen microorganismos vivos beneficiosos para el consumidor, como bacterias y levaduras, que ayudan a equilibrar la flora intestinal y mejorar la salud digestiva (Cuasapaz, 2021)

Concentración de Azúcar (°Brix): Esta prueba evalúa la cantidad de azúcar presente en la bebida, mediante un instrumento de medición “Refractómetro” (Chiñas, 2023)

Codex Alimentarius: Es el código de la alimentación o ley de los alimentos que contiene normas, códigos, directrices de la comisión del codex alimentarius. (Bravo, 2011)

Esencia de vainilla: La esencia de vainilla es un extracto aromático obtenido de las vainas de la planta de vainilla o elaborado de manera sintética. Se utiliza como saborizante en repostería, bebidas y otros alimentos, aportando. (Mahona, 2017)

Harina de sorgo: Es un polvo fino obtenido a partir de la molienda del grano de sorgo, un cereal sin gluten rico en fibra, proteínas y antioxidantes. Es una alternativa saludable a las harinas tradicionales y se usa en la elaboración de panes, galletas y otros productos horneados, especialmente en dietas sin gluten (Gallardo, 2018)

Inocuidad: Características de un alimento que no va a causar daño alguno, libre de microorganismos patógenos en el alimento procesado o sin procesar (Vargas, 2021)

Inóculo: Término colectivo para referirse a los microorganismos (Escalante, 2015)

Innovación: Incorporación de nuevos conocimientos científicos hacia una nueva creación de algún alimento o producto (Pérez & Moreno, 2018)

ISO: Organización Internacional para la Normalización/ estandarización de alimentos

Laboratorio: Lugar que dispone de equipos y materiales de prueba con el objetivo de medir, examinar, ensayar y determinar la composición fisicoquímica de los alimentos (INEN, 2012)

***Lactobacillus plantarum*:** Es un microorganismo beneficioso que actúa con la presencia de azúcares principalmente en la glucosa (Escalante, 2015) **NTE:** Normativa Técnica Ecuatoriana

Nutrientes: Son compuestos químicos, en general se considera a aquellos compuestos de Nitrógeno y de Fósforo como los más importantes (Pereira, 2022)

pH: Es una medida de acidez que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en sustancias líquidas o sólidas (Miranda, 2022)

Parámetros: Son la concentración inicial de adsorbente y temperatura del sistema (Ramos, 2018)

Seguridad Alimentaria: Se enfoca en mantener las normas de inocuidad alimentaria para desarrollar un producto libre de microorganismos patógenos para la salud del consumidor (Navarro, 2022)

Sorgo: El sorgo (*Sorghum vulgare*) es un cereal de importancia a nivel mundial, es resistente a la sequía y su adaptabilidad a diversos climas (Mosso, 2023)

Temperatura: Es una cantidad física que se relaciona con la energía de un sistema. (Jimenez, 2018)

Tratamiento: Parámetros en el que se analiza o transforma la información entrante para producir información saliente (Rodríguez, 2019)

2.7 Metodología de investigación según enfoque

2.7.1 Tipos de investigación

2.7.1.1 Investigación exploratoria

Se investigan estudios preliminares sobre las propiedades nutricionales del cereal, se analiza investigaciones de bebidas probióticas y así recopilar la información necesaria para iniciar con la experimentación en función a tratamientos (Morales, 2015)

2.7.1.2 Investigación experimental

Es un enfoque científico y sistemático para la recopilación de datos de un tema a investigar. Tiene como objetivo principal establecer relaciones de causa y efecto (Galarza, 2021)

2.7.1.3. Investigación teórica

Su objetivo principal es obtener información de diferente naturaleza, pero los conocimientos no son aplicados, con la única finalidad de tener conocimientos generales (Ramírez, 2022).

2.7.1.4. Investigación aplicada

La investigación aplicada se utilizó en el proceso de elaboración del proyecto, en la relación de producto y los resultados obtenidos mediante los análisis. En conclusión es la utilización de conocimientos en la práctica para aplicarlos en la investigación y elaboración del proyecto final (Lozada, 2014)

2.7.2 Métodos de Investigación

2.7.2.1 Método deductivo

Es un proceso de investigación que parte del razonamiento general para llegar a conclusiones específicas, el método se emplea en la recolección y búsqueda de información para el desarrollo de la fundamentación teórica, que ayudara a generar una conclusión con las hipótesis iniciales (Palmero, 2021)

2.7.2.2 Método inductivo

Es la investigación de enfoque ascendente que ayuda a descubrir los patrones y la secuencia de eventos que sirven como apoyo para el desarrollo de los modelos y tratamientos establecidos (Andrade, 2018)

2.7.2.3 Técnicas de investigación

- Observaciones

Observar el proceso de elaboración de la bebida fermentada, como los cambios físicos en los ingredientes, y reacciones de los consumidores al consumir la bebida. La observación es una técnica de recolección de datos necesarios en la que se examina de manera directa el comportamiento del consumidor (Creswell, 2018)

- Experimentación

Los diferentes tratamientos ayudan a determinar la composición ideal de la bebida por medio de las formulaciones, como la concentración optima de *lactobacillus plantarum*. La experimentación es un método de la investigación para la manipulación de las variables independientes para observar y analizar los efectos causales en variables dependientes (Field, 2017)

- Encuesta

Recopilación de opiniones en base a diferentes aspectos sensoriales como, olor, sabor, acidez, textura y aceptabilidad de la bebida. Es una técnica cuantitativa de recopilación de datos necesarios, implica la aplicación de cuestionarios

estructurados a una muestra representativa de personas para obtener información sobre sus opiniones que ayuden a realizar un análisis estadístico más efectivo (Fowler, 2019)

2.7.2.4. Instrumentos de la investigación

Ficha de Observación

Es una herramienta de la investigación que se utiliza en evaluación para recopilar información sobre una muestra de análisis. La ficha de observación incluye una serie de preguntas, comportamientos observables, hora, fecha, y contexto (Fernández, 2014)

Fichas sensoriales

Las fichas sensoriales estimulan sentidos y emociones mediante las percepciones sonoras, tácticas y visuales. Cada ficha sensorial se puede adaptar a las condiciones del producto a analizar, (ver anexo 11) (Mazón, 2018)

2.7.3 Metodología para el desarrollo del estudio 2.7.3.1 Metodología de análisis fisicoquímico de las harinas de sorgo malteado

y sin maltear

- Humedad

El análisis de humedad se realizó en el laboratorio de análisis de alimentos de EcuChemLab, de las dos muestras de harina (malteada y sin maltear), el análisis se basa en la pérdida de peso de la muestra por el proceso térmico que el mismo esta expuesto. (Olivares, 2013)

La fórmula de cálculo es:

$$\text{humedad}(\%) = \frac{(M - m)}{M} 100$$

DONDE:

M: Peso en g de la muestra m:

Peso en g de la muestra seca

- Materia seca

La materia seca representa el peso total de un alimento menos su contenido de agua (humedad).

- **Proteína**

El método Kjeldahl tiene como objetivo medir el contenido total en nitrógeno de los tratamientos. El contenido total de la proteína presente en el producto se calcula suponiendo una proporción de la proteína y el contenido de nitrógeno de la muestra. (Sáez, 2019)

- **Fibra**

El método de ensayo se basa en digerir la muestra sin grasa en la solución de ácido sulfurico. Seguido se calcina para la destrucción de la materia orgánica, la perdida (Sandoval, 2021)

$$F_c = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} * 100$$

DONDE:

Fc: Porcentaje de fibra cruda m: Masa en gramos de muestra

desengrasada m1: Masa en gramos del crisol con muestra m2: Masa en gramos de crisol después de la calcinación de la muestra m3:

Masa en gramos de crisol del ensayo m4: Masa en gramos de crisol de ensayo después de la incineración.

- **Grasa**

Es la extracción continua con solvente orgánico. Se calienta, muestra temporalmente para una condensación posterior. El solvente gotea constantemente a través de la muestra para producir grasa. El contenido de grasa cuantitativamente está determinado por la diferencia de peso entre la muestra o la grasa eliminada (Jácome, 2016)

- **Cenizas**

El método consiste en la calcinación de la muestra a analizar a una temperatura de 600°C.

$$\% C = \frac{100 * (P_1 - P_2)}{m}$$

P

En la que:

P: Peso en gramos de la capsula con la muestra a analizar

P1: Peso en gramos de la cápsula con las cenizas

P2: Peso en gramos de la cápsula vacía

2.7.3.2 Metodología de análisis para determinar el mejor tratamiento

Para la selección de los mejores tratamientos dependerá de los parámetros de control, pH, acidez y °Brix. Estos datos que se obtendrán servirán para determinar estadísticamente los mejores tratamientos, por consiguiente, los mejores tratamientos sean sometidos a un análisis sensorial mediante catadores, para finalmente determinar el mejor tratamiento del proceso de elaboración de la bebida fermentada no alcohólica a base de sorgo.

2.7.3.2.1 Análisis de pH

El pH es un valor importante para determinar la acidez percibida y la estabilidad microbiológica de la bebida. Generalmente, las bebidas fermentadas no alcohólicas tienen un pH bajo, entre 3.5 y 4.5.

- Medición del pH:

Colocar una pequeña cantidad de la bebida en un vaso de precipitados limpio.

Introduce el electrodo del pH-metro en la muestra y asegúrate de que esté completamente sumergido.

Agitar suavemente la muestra para asegurarte de que el pH-metro mida de manera uniforme.

Leer el valor de pH en el dispositivo y registra el resultado

(Casaubon, 2018)

2.7.3.2.2 Análisis de acidez

Se realiza mediante el proceso de titulación con NaOH al 0.1 N

Toma de la muestra de 5 a 10 ml, añadir 2-3 gotas del indicados “Fenofaleína”

Se somete a la muestra al proceso de titulación hasta que cambie de color la muestra (color incoloro a rosado) y se determinara los ml gastados de NaOH.

Cálculo de acidez:

$$\text{Acidez Total Titulable} = \frac{V * F * 100}{V_{\text{muestra}}}$$

Donde:

- **V** = volumen de NaOH usado (en litros).
- **N** = normalidad de la solución de NaOH (en este caso, 0.1 N).
- **F** = factor de conversión para el ácido predominante en la bebida (por ejemplo, para el ácido láctico, F = 90.08 g/mol).
- **V_muestra** = volumen de la muestra utilizada (en mililitros).

2.7.3.2.3 Análisis de °brix

- **Preparación de la muestra:** La muestra que va a hacer analizada debe esta homogenizada y a una temperatura alrededor de 20°C, ya que los refractómetros suelen estar calibrados para esa temperatura.
- **Aplicación de la muestra:** Tomar una pequeña cantidad de la bebida (unas pocas gotas son suficientes) y colócala sobre la lente del refractómetro.
- **Lectura del refractómetro.**

2.7.3.3 Metodología de análisis organoléptico de la bebida fermentada de sorgo

Se realizará el análisis sensorial a diferentes catadores según la ficha de cataciones.

Se evaluará parámetros como:

- Olor
- Aspecto
- Color
- Sabor
- Aceptabilidad

2.7.3.4 Metodología del análisis del mejor tratamiento

2.7.3.4.1 Análisis fisicoquímico

El análisis fisicoquímico del mejor tratamiento se lo realizó en el laboratorio de EcuChemLab:

- **Humedad**

El análisis de humedad se realiza de los dos tipos de harinas obtenidas mediante diferentes procesos, el método de obtención de la humedad de la muestra se basa en la pérdida de peso que sufre la muestra debido al calentamiento hasta obtener un peso constante. (Sandoval, 2021)

- **Materia seca**

La materia seca representa el peso total de un alimento menos su contenido de agua (humedad) (Suarez, 2020)

- **Proteína**

Se aplica el método de Kjendahl que mide el contenido de nitrógeno en la muestra. (Sáez, 2019)

- **Fibra**

El método de ensayo se basa en digerir la muestra sin grasa en la solución de ácido sulfúrico. Seguido se calcina para la destrucción de la materia orgánica, la pérdida (Sandoval, 2021)

- **Grasa**

Es la extracción continua con solvente orgánico. Se calienta, muestra temporalmente para una condensación posterior. El solvente gotea constantemente a través de la muestra para producir grasa. El contenido de grasa cuantitativamente está determinado por la diferencia de peso entre la muestra o la grasa eliminada (Jácome, 2016)

- **Cenizas**

Cociste en someter a la muestra a un proceso de calcinación a 600°C para eliminar el contenido orgánico, se llama ceniza a contenido inorgánico no destruido en el proceso (Jácome, 2016)

2.7.3.4.2 Análisis microbiológico

Al mejor tratamiento se realizó una evaluación microbiológica de Mohos y levaduras, Aerobios mesófilos, coliformes totales y Bacterias de *Lactobacillus*), en el laboratorio externo de análisis de alimentos EcuChemLab, con la finalidad de

asegurar la calidad de la bebida fermentada. Según la normativa ecuatoriana NTE INEN 2395:2011 Para Leches Fermentadas y NTE INEN 2608:2012 para bebidas fermentadas lácteas, En cuanto a las Bacterias ácido-lácticas se puede considerar un alimento probiótico según las normas INEN 2395:2011 para leches fermentadas considera que una bebida fermentada debe tener 1×10^6 UFC/g.

2.7.3.4.3 Análisis nutricional

El análisis nutricional se realiza al mejor tratamiento seleccionado previamente con los resultados del análisis sensorial, se realiza el análisis bajo los siguiente:

- Carbohidratos

Se obtiene a partir de la diferencia entre los demás componentes analizados:

$C = 100 - (\text{Grasa} + \text{Proteína} + \text{Agua} + \text{Cenizas} + \text{Fibra})$ los componentes se expresan en porcentaje (%).

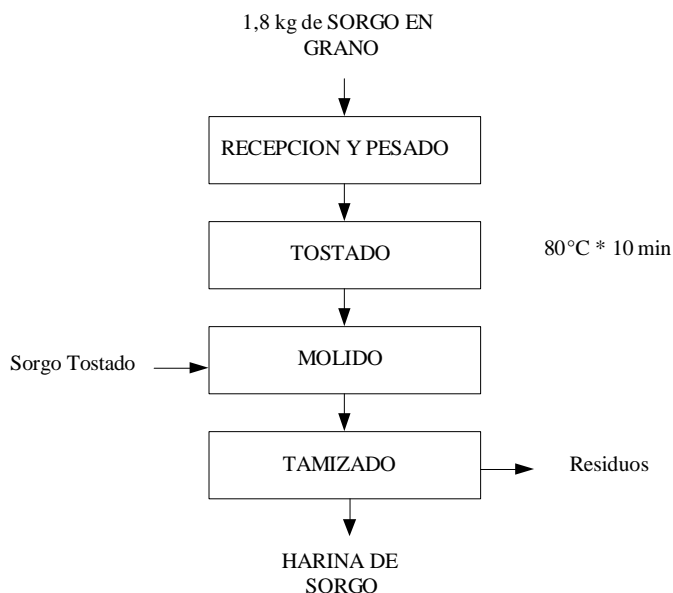
- **Análisis microbiológico de bacterias de *Lactobacillus plantarum*** Ayudará a determinar la presencia o ausencia de las bacterias probióticas en la bebida fermentada, de esto dependerá la calidad nutricional de la bebida.

2.7.3.5 Metodología de obtención de harinas

2.7.3.5.1 Harina de sorgo sin maltear

La harina de sorgo se obtendrá mediante la molienda de las semillas previamente seleccionadas. Se dará el proceso de obtención en planta agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Figura 1. Diagrama de Flujo, obtención de harina de sorgo sin maltear.

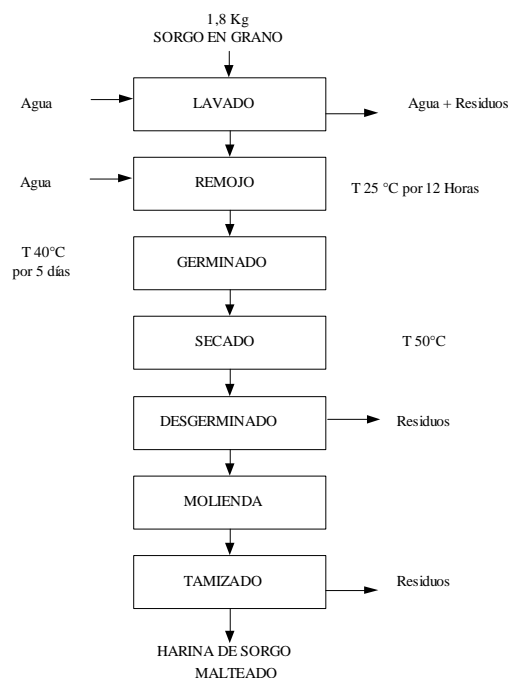


Elaborado por: (Zapata. F, 2024)

2.7.3.5.2 Harina de Sorgo malteado

La harina de sorgo malteado se obtendrá mediante un proceso de germinación por un tiempo de 6 horas, con la finalidad de obtener una harina con semillas previamente germinadas. Se dará el proceso de obtención en planta agroindustrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Figura 2. Diagrama de flujo, obtención de harina de sorgo malteado.



Elaborado por: (Zapata. F, 2024)

2.7.3.6. Metodología de elaboración de producto

Se presenta el proceso de elaboración de la bebida fermentada no alcohólica a base de sorgo (*Sorghum vulgare*), utilizando el cultivo iniciador *lactobacillus plantarum*. Este proceso se utilizará para las 6 formulaciones presentadas en la tabla 4.

2.7.3.6.1. Materias primas e insumos

Harina de Sorgo malteado y Harina de Sorgo sin maltear, se obtendrá en la planta agroindustrial y en el laboratorio de la universidad Técnica de Cotopaxi, azúcar granulada, esencia de vainilla y cultivo iniciador de *lactobacillus plantarum*.

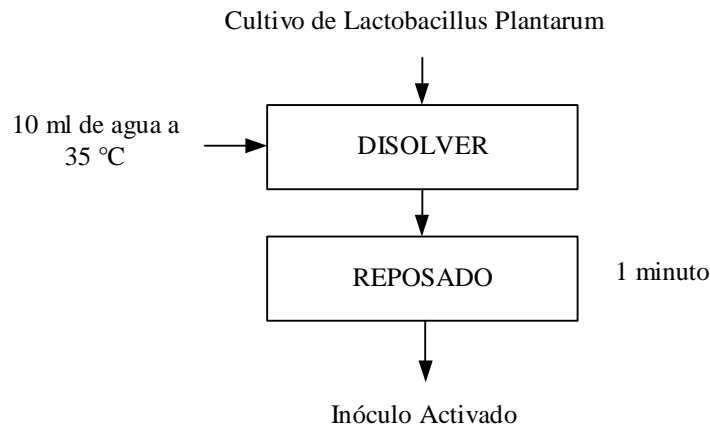
2.7.3.6.2. Formulación

En la tabla 4 se visualiza las formulaciones respectivas de cada tratamiento para la elaboración de la bebida fermentada no alcohólica a base de sorgo (*Sorghum vulgare*), utilizando el cultivo iniciador *lactobacillus plantarum*.

2.7.3.7.6.3. Preparación del cultivo iniciador

- Disolver el cultivo de *Lactobacillus plantarum* dependiendo de las concentraciones de análisis (0,01 g, 0,02 g, 0,03 g) en 10 ml de agua a una temperatura de 35 °C.
- Inoculación del Mosto: Añadir el cultivo de *Lactobacillus plantarum* al mosto de sorgo.

Figura 3. Diagrama de flujo de activación de cultivo de *Lactobacillus plantarum*.



Elaborado por: (Zapata. F, 2024)

2.7.3.6.1. Recepción y pesaje

Se receipta la harina de sorgo malteado y sorgo sin maltear en opimas condiciones para seguir con el proceso de acuerdo con la formulación establecida.



Figura 4. Recepción y pesaje

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.7.3.6.2. Maceración

Las harinas de sorgo malteado y sin maltear se mezcla con agua caliente según su formulación de la tabla 4, durante este proceso, por una hora, las enzimas de la

malta convierten las almidones en azúcares fermentables, lo que produce un líquido llamado "mosto".



Figura 5. Maceración

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.7.3.6.3. Filtrado del mosto

El mosto se filtra para separar los sólidos (restos de malta) del líquido dulce. Este líquido será la base de la bebida fermentada.



Figura 6. Filtrado del mosto

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.7.3.6.4. Cocción del mosto

El mosto se cocina a una temperatura de 45 °C por un tiempo estimado de 45 minutos.



Figura 7. Cocción del mosto

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.7.3.6.5. Enfriado

El mosto previamente cocido se deja enfriar hasta una temperatura de 37 °C aproximadamente, con la finalidad de añadir el cultivo de *Lactobacillus plantarum*, ya que este actúa a dicha temperatura.



Figura 8. Enfriado

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.7.3.6.6. Fermentación

Este es el proceso más importante para la elaboración de la bebida fermentada, se debe controlar tiempos y temperaturas. Se añade azúcar, esencia de vainilla y el cultivo iniciador. El tiempo de fermentación duró un tiempo aproximado de 6 horas, el tiempo de fermentación depende del pH y acidez requerida según la normativa para bebidas fermentadas. CODEX ALIMENTARIUS.



Figura 9. Adición del fermento

Fuente: (Zapata. F, 2025)



Figura 10. Fermentación

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.7.3.6.7. Filtrado

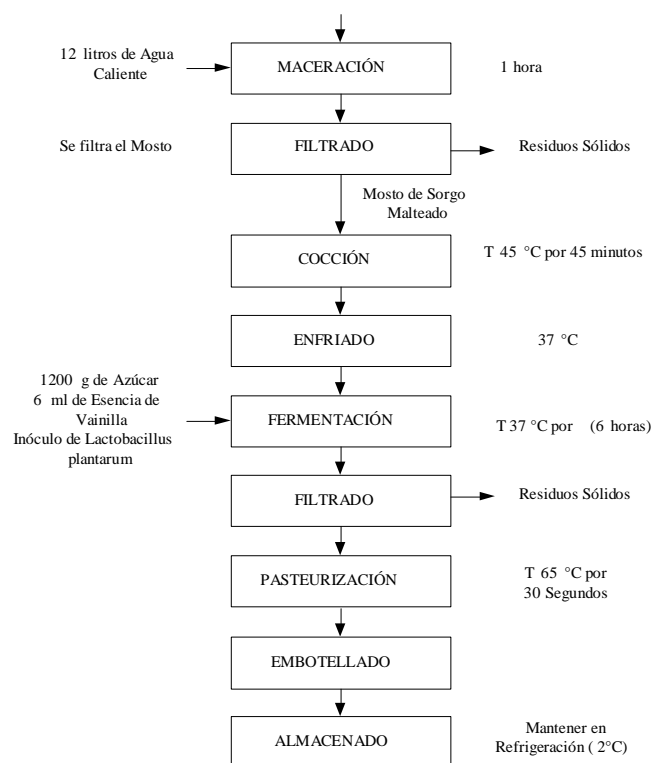
Se filtra la bebida ya fermentada para eliminar residuos sólidos presentes.



Figura 11. Filtrado

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.7.3.6.8. Pasteurización



Elaborado por: (Zapata. F, 2024)

2.8. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

2.8.1 Hipótesis Nula (H0):

La harina de sorgo (malteado y sin maltear) y la concentración del inóculo no influyen en las características fisicoquímicas de la bebida fermentada.

2.8.2 Hipótesis Alterna (H1):

La harina de sorgo (malteado y sin maltear) y la concentración del inóculo influyen en las características fisicoquímicas de la bebida fermentada.

2.8.3 Validación de la hipótesis

Los análisis estadísticos muestran que la harina de sorgo y la concentración del inóculo generan diferencias significativas en las características fisicoquímicas de la bebida, como la reducción del pH (4,5), incremento en el % de ácido láctico producido (0,261%) y a reducción de los sólidos solubles (4,95 ° brix), estos fueron los resultados obtenidos del mejor tratamiento de la bebida fermentada, entonces se rechaza H0 y se acepta H1.

2.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un diseño experimental A*B, esta conformado por 6 tratamientos, mas una replica por cada tratamiento, se evaluaron 12 tratamientos, durante el proceso fermentativo se analizaron los parámetros fisicoquímicos de pH, Acidez y °Brix.

Factor A: Mosto Sorgo Sin Maltear y Mosto de Sorgo Malteado

Factor B: Concentraciones del cultivo de *lactobacillus plantarum*. (g)

Factor de estudio: Concentración del cultivo de *lactobacillus plantarum*. (g) y Sorgo Sin Maltear y Sorgo Malteado.

Variables Respuesta: pH, acidez titulable y °Brix, que se medirán durante el proceso de fermentación.

Tabla 2 Factor de estudio

FACTORES	NIVELES
Factor A:	a1: Mosto de Sorgo sin Maltear a2: Mosto de sorgo malteado
Mosto de Sorgo sin Maltear	b1: 0,01 g/L b2: 0,02 g/L b3: 0,03 g/L
Mosto de Sorgo Malteado Factor	
B:	
Concentración del Cultivo <i>(lactobacillus plantarum)</i>	

Fuente: (Zapata. F, 2024)

- **Cálculo para la obtención del concentrado del cultivo (*lactobacillus plantarum*).**

Para obtener la concentración base del cultivo iniciador se realiza el siguiente cálculo, la ficha del fabricante indica que 5 gramos del inoculo sirve para fermentar 500 litros, a escala de laboratorio se realiza a 1 litro de muestra.

Concentrado del cultivo de (lactobacillus plantarum)

$$= \frac{5 \text{ gramos} * 1L}{500 L} = 0,01 \text{ gramos}$$

Tabla 3. Tratamientos de estudio

Tratamientos	Código	Descripción
T1	a1b1	Mosto de sorgo sin maltear + 0 01 g de (<i>lactobacillus plantarum</i>).
T2	a1b2	Mosto de sorgo sin maltear + 0 02 g de (<i>lactobacillus plantarum</i>).
T3	a1b3	Mosto de sorgo sin maltear + 0 03 g de (<i>lactobacillus plantarum</i>).
T4	a2b1	Mosto de sorgo malteado + 0 01 g de (<i>lactobacillus plantarum</i>).
T5	a2b2	Mosto de sorgo malteado + 0 02 g de (<i>lactobacillus plantarum</i>).
T6	a2b3	Mosto de sorgo malteado + 0 03 g de (<i>lactobacillus plantarum</i>).

Fuente: (Zapata. F, 2024)

2.9.1. Formulación de la bebida fermentada

Tabla 4. Formulación para la elaboración de la bebida fermentada.

		t1	%	t2	%	t3	%
Harina de Sorgo sin Maltear	g	250	18,51	250	18,51	250	18,51

Harina de sorgo malteado	g	-	-	-	-	-	-
Azúcar	g	100	7,4	100	7,4	100	7,4
Inóculo	g	0,01	0,003	0,02	0,003	0,03	0,003
Esencia de Vainilla	ml	0,5	0,037	0,5	0,037	0,5	0,037
Agua	ml	1000	74,05	1000	74,05	1000	74,05
Total	g	1350,51	100	1350,52	100	1350,53	100

Elaborado por: (Zapata. F, 2024)

Tabla 4.1. Formulación para la elaboración de la bebida fermentada.

		t4	%	t5	%	t6	%
Harina de Sorgo sin Maltear	g	-	-	-	-	-	-
Harina de sorgo malteado	g	250	18,51	250	18,51	250	18,51
Azúcar	g	100	7,4	100	7,4	100	7,4
Inóculo	g	0,01	0,003	0,02	0,003	0,03	0,003
Esencia de Vainilla	ml	0,5	0,037	0,5	0,037	0,5	0,037
Agua	ml	1000	74,05	1000	74,05	1000	74,05
Total	g	1350,51	100	1350,52	100	1350,53	100

Fuente: (Zapata. F, 2024)

2.9.2 Cuadro de Variables

Tabla 5. Análisis de Variables

VARIABLE DEPENDIENTE	VARIABLE INDEPENDIENTE	INDICADORES	MEDICIÓN
Bebida fermentada alcohólica	no Mosto: <ul style="list-style-type: none"> • Malteado • Sin Maltear Cultivo: <ul style="list-style-type: none"> • Diferentes concentraciones de <i>Lactobacillus plantarum</i> 	Análisis Físicoquímico de la materia prima	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Materia seca • Proteína • Fibra • Grasa • Cenizas • Carbohidratos
		Análisis físicoquímico de los tratamientos	<ul style="list-style-type: none"> • pH • ° Brix • Acidez titulable
		Análisis organoléptico de los mejores tratamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Olor • Acidez
			<ul style="list-style-type: none"> • Sabor • Textura • Aceptabilidad
		Análisis Físicoquímico del mejor tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Proteínas • Cenizas

		Análisis microbiológico del mejor tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales ufc/g • Recuento de E.coli ufc/g • Mohos y levaduras ufc/g
		Análisis nutricional del mejor tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Grasa • Carbohidratos • Proteína • Fibra • <i>Lactobacillus Plantarum</i>

Fuente: (Zapata. F, 2024)

2.10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.10.1 Formulas base del ANOVA

Tabla ANOVA usada para comparar medidas y determinar la significancia de cada análisis

Tabla 6. Análisis de Varianza (ANOVA).

Fuete de variación	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad	Cuadrado Medio (MC)	F calculado	P – valor

Repeticiones	SCR	$r - 1$	$CMr = \frac{SCR}{r-1}$	$\frac{CMr}{CMe}$	%
Factor A (Mosto de sorgo)	$SCFA$	$a - 1$	$MC_A = \frac{SC_A}{GL_A}$	$\frac{MC_A}{MC_{error}}$	%
Factor B (Cultivo)	$SCFB$	$b - 1$	$MC_B = \frac{SC_B}{GL_B}$	$\frac{MC_b}{MC_{error}}$	%
Error	SCE	$(t - 1)(r - 1)$	MC_{error} SC_{error} $= \frac{SC_{error}}{GL_{error}}$		
Total	SCT	$N - 1$			

Fuente: (Zapata, 2024)

2.10.2 Análisis fisicoquímico de la materia prima

El análisis fisicoquímico es un parámetro que sirve para evaluar las características y calidad del producto, en la tabla 7 se encuentran los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico realizado a las materias primas utilizadas (harina de sorgo sin maltear y harina de sorgo malteada).

Tabla 7. Resultados del análisis fisicoquímico de la harina de sorgo sin maltear y malteada

Descripción de la muestra	Materia						
	Humedad (%)	seca (%)	Proteína (%)	Fibra (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Carbohidratos (%)
Harina de sorgo Malteada	8,49	91,51	10,99	2,41	7,59	2,35	68,17
Harina de sorgo sin Maltear	11,05	88,95	9,41	2,33	7,41	3,6	66,20

Fuente: (Zapata. F, 2024)

Los resultados obtenidos en la Tabla 7 de las diferentes harinas, la harina de sorgo malteada tiene 7,59% de grasa, 10,99% de proteína, y 2,41% de fibra y en la harina de sorgo sin maltear se obtuvieron valores de grasa de 7,41%, proteína 9,41% y 2,33% de fibra.

Según (Domanski, 2019) en su estudio de la composición fisicoquímica del sorgo menciona que la calidad de la proteína y lípidos del sorgo están relacionados con satisfacer los requerimientos proteicos de la alimentación, se puede observar que hay un incremento de la proteína en la harina de sorgo malteada se debe a que durante la germinación, el grano de sorgo sintetiza proteínas específicas necesarias para el desarrollo del embrión, estas nuevas proteínas como las enzimas, aumentan la cantidad total de proteína disponible, lo cual ayuda a obtener un producto con una buena calidad nutricional para el consumidor.

Los valores obtenidos del análisis físico químico se encuentran dentro de los parámetros establecido del grano de sorgo según (Domanski, 2019) en su estudio de la composición y calidad del grano de sorgo, y de acuerdo con (CODEX ALIMENTARIUS, 2015), los valores obtenidos sobrepasan los valores estimados según la normativa internacional. Lo que indica que el sorgo tiene altos estándares de calidad.

2.10.3 Análisis fisicoquímico de los tratamientos

2.10.3.1 Variable de pH

Datos obtenidos de pH de la bebida fermentada no alcohólica de sorgo en base al tiempo de fermentación.

Para generar los datos que se encuentran en esta tabla, se utilizó un pH- metro Boeco Germany, el cual ayudo a determinar el pH de las muestras en un intervalo de tiempo de una hora.

Tabla 8. Valores obtenidos del pH durante el tiempo fermentativo

Tiempo (hora)	Tratamientos					
	a1b1	a1b2	a1b3	a2b1	a2b2	a2b3
0	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7	6,7
1	6,6	6,5	6,3	6,5	6,4	6,3

2	6,5	6,4	6,1	6,5	6,4	6
3	6,5	6,4	5,6	6,5	6,3	5,5
4	6,4	6,3	5,1	6,4	6,2	5
5	6,4	6,1	4,8	6,4	6,1	4,6
6	6,2	6,0	4,5	6,1	5,7	4,1

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Donde:

a1b1= Mosto de sorgo sin maltear y 0,01 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a1b2= Mosto de sorgo sin maltear y 0,02 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a1b3= Mosto de sorgo sin maltear y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b1= Mosto de sorgo malteada y 0,01 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b2= Mosto de sorgo malteada y 0,02 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b3= Mosto de sorgo malteada y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

Tabla 9. Cuadro de ANOVA de la variable de pH

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Modelo	8,23	4	2,06	139,32	<0,0001
Factor A	0,16	1	0,16	11,06	0,0127
Factor B	8,06	2	4,03	273	<0,0001
Réplica	3,3 E-03	1	3,3 E-03	0,23	0,6491
Error	0,1	7	0,01		
Total	17,63	11			

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En la tabla 9 se expresan los valores del análisis de varianza del factor de pH de acuerdo el proceso fermentativo, los resultados obtenidos expresan que el Factor B es el más influyente ($F = 273,00$ $p < 0,0001$), y el Factor A, aunque también significativo ($F = 11,06$ $p = 0,019$), tiene un impacto menor, se debe realizar la

prueba de tukey para determinar cuál es el factor que presenta significancia, mientras que las réplicas no generan un efecto significativo ($p = 0,6491$), lo que indica que la variabilidad entre repeticiones es baja y la fermentación fue bien controlada. El valor bajo de la suma de cuadrados del error (**0,1**) representa la confiabilidad del análisis.

Tabla 10. Cuadro de test: Tukey factor A

Factor A	Medias	n	E. E	
2	5,33	6	0,05	A
1	5,57	6	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) *

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Tabla 11. Cuadro de test: Tukey factor B

Factor B	Medias	n	E. E	
3	4,3	4	0,06	A
2	5,9	4	0,06	B
1	6,15	4	0,06	B

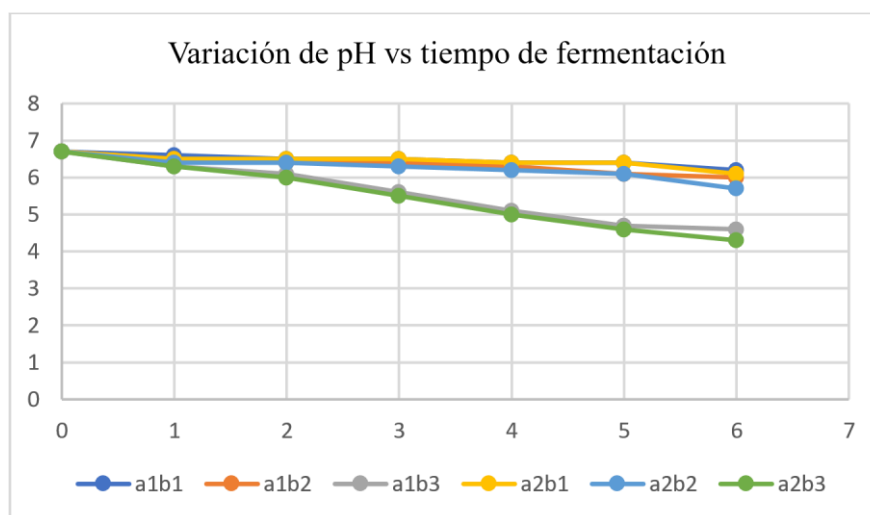
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) *

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En el resultado de la prueba de tukey se identifica los factores que sobresalen en la experimentación, lo que se concluye que la reducción de pH se debe al factor a2 el cual representa la harina de sorgo malteado, y el factor b3 es considerado a la concentración de 0,03g de cultivo *Lactobacillus plantarum*. Se realiza la selección del mejor tratamiento de acuerdo con el análisis estadístico de pH al tratamiento a2b3 (Harina de sorgo malteada y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*)).

Para realizar el análisis sensorial a diferentes catadores, se procedió a elegir al segundo mejor tratamiento de acuerdo con el rango de pH según la normativa para leches fermentada. Se elige al tratamiento a1b3 (Harina de sorgo sin maltear y 0,03

g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*), presenta un pH de 4,5 el cual se encuentra dentro del rango según normativa ecuatoriana.



Grafica 1. Variación de pH vs tiempo de fermentación de la bebida

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En conclusión, el pH de la bebida fermentada no alcohólica de sorgo disminuye por la actuación del *Lactobacillus plantarum*, como otros lactobacilos, según (Teixeira, 2018) el *lactobacillus planarum* es una bacteria ácido-láctica, la cual convierten los azúcares presentes en el sorgo (como la glucosa) en ácido láctico durante el proceso de fermentación. Este proceso de fermentación láctica genera una acumulación de ácido láctico, lo que provoca una disminución del pH de la bebida, un pH bajo (3,5 – 4.5) es característico de muchas bebidas fermentadas, ya que ayuda a preservar su calidad y evitar el crecimiento de patógenos. Los datos obtenidos mediante los tratamientos realizados arrojan dos tratamientos que se encuentran en los pH adecuados a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*), pH de 4,1 y 4,3 respectivamente, según (NTE INEN 389) menciona que los rangos de pH para bebidas fermentadas suelen estar entre 3,5 y 4,5 lo que indica que el pH de los tratamientos se encuentran dentro de los rangos establecido por la normativa ecuatoriana.

2.10.3.2 Variable de grados brix

Datos obtenidos de grados brix de la bebida fermentada no alcohólica de sorgo en función del tiempo de fermentación.

Para generar los datos que se encuentran en esta tabla, se utilizó un refractómetro Milwaukee MA884, el cual ayudo a determinar los grados Brix de las muestras en un intervalo de tiempo de una hora.

Tabla 12. Valores obtenidos del °Brix vs tiempo de fermentación

Tiempo (hora)	Tratamientos							
	a1b1	a1b2	a1b3	a2b1	a2b2	a2b3		
0	8,85	8,85	8,85	9,9	9,9	9,9		
1	8,8	8,7	8,65	9,6	9,5	9,3		
2	8,6	8,5	8,2	9,4	9,05	8,65		
3	8,2	8,35	7,9	9,15	8,65	8		
4	8,15	8,2	7,2	8,8	8,15	7,5		
		5	8	7,85	6,5	8,45	7,6	6,2
		6	7,9	7,5	4,95	8	6,9	5,3

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Donde:

a1b1= Mosto de sorgo sin maltear y 0,01 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a1b2= Mosto de sorgo sin maltear y 0,02 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a1b3= Mosto de sorgo sin maltear y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b1= Mosto de sorgo malteada y 0,01 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b2= Mosto de sorgo malteada y 0,02 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b3= Mosto de sorgo malteada y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

Tabla 13. Cuadro de ANOVA de la variable de ° Brix

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Modelo	17,14	4	4,29	61,32	<0,0001
Factor A	0,01	1	0,01	0,11	0,7528
Factor B	17,13	2	8,57	122,58	<0,0001
Réplica	8,3 E-04	1	8,3 E-04	0,01	0,9161
Error	0,49	7	0,07		

Total	17,63	11
-------	-------	----

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En la tabla 13 se expresan los valores del análisis de varianza de la variable de °brix de acuerdo el proceso fermentativo, los resultados obtenidos expresan que el “factor a” no tiene un efecto significativo ($F = 0,11$, $p = 0,7528$), por otro lado, el “factor b” es altamente significativo ($F = 122,58$, $p < 0,0001$), esto demuestra que los niveles influyen considerablemente en el resultado. Las réplicas no muestran un efecto significativo ($F = 0,01$, $p = 0,9161$), presenta una mínima variabilidad entre repeticiones.

Tabla 14. Cuadro de test: Tukey factor A

Factor A	Medias	n	E. E	
2	6,73	6	0,11	A
1	6,78	6	0,11	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) *

Fuente: (Zapata. F, 2025)

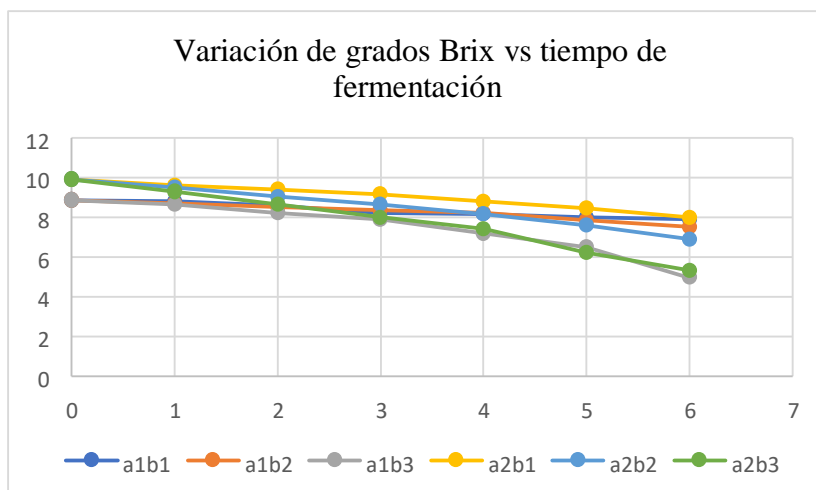
Tabla 15. Cuadro de test: Tukey factor B

Factor B	Medias	n	E. E	
3	5,13	4	0,13	A
2	7,2	4	0,13	B
1	7,95	4	0,13	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$) *

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En el resultado de la prueba de tukey se identifica los factores que sobresalen en la experimentación, lo que se concluye que la reducción de los °brix se debe al factor b3 que es la concentración de 0,03g de cultivo *Lactobacillus plantarum*. Se realiza la selección del mejor tratamiento de acuerdo con el análisis estadístico de los °brix al tratamiento a2b3 (Harina de sorgo malteada y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*)).



Grafica 2. Variación de grados Brix vs tiempo de fermentación de la bebida

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Los resultados presentados muestran cómo los °Brix van disminuyendo con el tiempo en todos los 6 tratamientos analizados. Este comportamiento es consistente con lo que se espera en una fermentación, donde los azúcares son consumidos por el inóculo de *Lactobacillus plantarum* para la producción de ácido láctico. A lo largo de las 6 horas, todos los tratamientos muestran una tendencia a la disminución de los °Brix, lo que indica que la fermentación está ocurriendo en todos los casos. Al comparar los diferentes tratamientos, se observa que los tratamientos a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*), muestran la mayor disminución en los grados Brix a las 6 horas con valores de 5,3 y 4,95, respectivamente. Según (Pérez, 2020) en su investigación de la “Utilización de probióticos (*Lactobacillus plantarum*) en la elaboración de una bebida de soya, presenta valores de reducción de los grados brix iniciales, se debe a la reproducción del inóculo inmerso en la bebida, los sólidos solubles presentes ayudan a la alimentación y reproducción de los microorganismos.

2.10.3.3 Variable de acidez

Datos obtenidos de acidez de la bebida fermentada no alcohólica de sorgo vs tiempo de fermentación

Para generar los datos que se encuentran en esta tabla, se determinó la acidez por titulación, con la ayuda de un acidómetro con una solución de Hidróxido de sodio 0,1 N, y 3 gotas de fenolftaleína y 10ml de muestra en un intervalo de tiempo de una hora. Se realizó el cálculo del porcentaje de ácido láctico presente en la bebida según la fórmula:

$$\text{Acidez (\% ácido láctico)} = \frac{V_{\text{NaOH}} * PE}{V_m} * 100$$

Donde:

VNaOH: Volumen consumido de NaOH

PE: Peso molar del ácido láctico (0,009)

Vm: Volumen de muestra analizada

Tabla 16. Valores obtenidos del % de ácido láctico producido vs tiempo de fermentación

Tiempo (hora)	Tratamientos					
	a1b1	a1b2	a1b3	a2b1	a2b2	a2b3
0	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
1	0,072	0,076	0,081	0,075	0,086	0,09
2	0,090	0,108	0,126	0,104	0,122	0,126
3	0,090	0,117	0,162	0,1035	0,135	0,166
4	0,090	0,117	0,189	0,117	0,162	0,225
5	0,108	0,135	0,225	0,117	0,171	0,288
6	0,108	0,153	0,261	0,130	0,216	0,333

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Donde:

a1b1= Mosto de sorgo sin maltear y 0,01 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a1b2= Mosto de sorgo sin maltear y 0,02 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a1b3= Mosto de sorgo sin maltear y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b1= Mosto de sorgo malteada y 0,01 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b2= Mosto de sorgo malteada y 0,02 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

a2b3= Mosto de sorgo malteada y 0,03 g de inóculo (*Lactobacillus plantarum*).

Tabla 17. Cuadro de ANOVA de la variable de % de ácido láctico

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
Modelo	0,07	4	0,02	81,95	<0,0001
Factor A	0,01	1	0,01	34,81	0,0006
Factor B	0,06	2	0,03	146,36	<0,0001
Réplica	6,1 E-03	1	6,1 E-03	0,29	0,6083
Error	1,5 E-03	7	1,5 E-03		
Total	0,07	11			

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En la tabla 17 se expresan los valores del análisis de varianza del porcentaje de ácido láctico producido durante la fermentación, los resultados obtenidos expresan que el “factor b” tiene mayor impacto ($F = 146,36$, $p < 0,0001$), demuestra una fuerte influencia sobre la variable del estudio. Por otro lado, el “Factor a” también expresa un grado de significancia ($F = 34,81$, $p = 0,0006$), pero su efecto es menor en relación con el “factos b”. Las réplicas no presentan un efecto significativo ($F = 0,29$, $p = 0,6083$), e indica que la variabilidad entre repeticiones es mínima.

Tabla 18. Cuadro de test: Tukey factor A

Factor A	Medias	n	E. E	
2	0,22	6	0,01	A
1	0,17	6	0,01	B
Medias con letra igual no son significativamente diferentes $p > 0,05$				

Fuente: (Zapata. F, 2025)

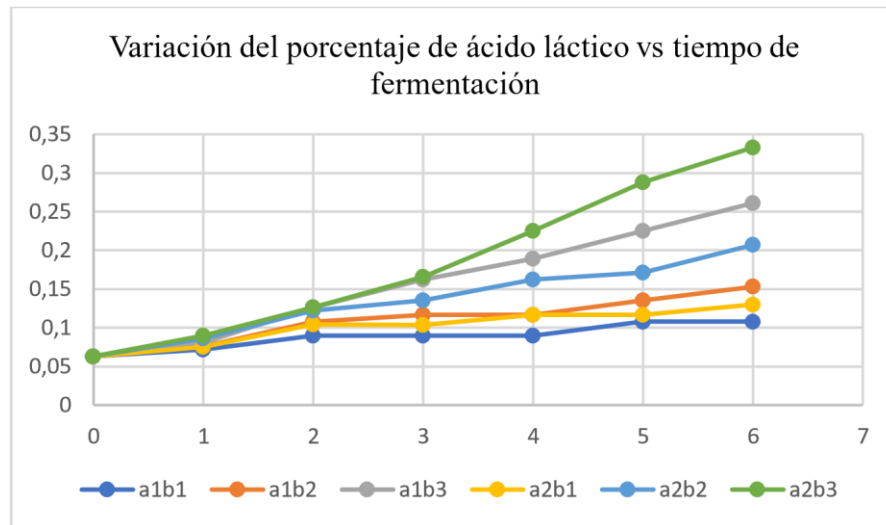
Tabla 19. Cuadro de test: Tukey factor B

Factor B	Medias	n	E. E	
3	0,29	4	0,01	A
2	0,18	4	0,01	B
1	0,12	4	0,01	B
Medias con letra igual no son significativamente diferentes $p > 0,05$				

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En el resultado de la prueba de tukey se identifica los factores que sobresalen en la experimentación, lo que se concluye que el incremento del % de ácido láctico se debe a los factores a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03

g de *lactobacillus plantarum*) el cual es el tratamiento que sobresale en el incremento de ácido láctico producido en el proceso fermentativo de la bebida, en este caso se realiza la prueba de media para determinar el mejor tratamiento.



Grafica 3. Variación del porcentaje de ácido láctico vs tiempo de fermentación

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Según los datos obtenidos del análisis del porcentaje de ácido láctico, observamos un aumento progresivo en la concentración de ácido láctico en todos los tratamientos a medida que transcurre el tiempo de fermentación. Este comportamiento es esperado ya que el *Lactobacillus plantarum* consumen azúcares y los convierten en ácido láctico. A lo largo de las 6 horas de fermentación, la producción de ácido láctico es cada vez mayor en diferentes tratamientos. La acumulación de ácido láctico es crucial para determinar el sabor y la acidez de las bebidas fermentadas.

Se determina observa dos tratamientos más eficientes en la producción de ácido láctico a lo largo de las 6 horas de fermentación. Esto se debe a una mayor actividad bacteriana y condiciones más favorables en estos dos tratamientos a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*). con un porcentaje de ácido láctico de 0,333 y 0,261 respectivamente, lo que indica una acidez moderada en comparación con otras bebidas fermentadas de cereales. Según (CODEX ALIMENTARIUS, 2015) , menciona que las bebidas

fermentadas a base de cereales presentan generalmente entre 0,2% y 1,2% de ácido láctico, dependiendo del tipo de fermentación y las cepas microbianas utilizadas. El porcentaje de ácido láctico obtenido en la bebida fermentada de sorgo se encuentra dentro de este rango, es denominada una fermentación láctica leve. Esto influyó en el perfil sensorial del producto, proporcionando una acidez suave y equilibrada.

2.10.4 Análisis sensorial de los mejores tratamientos

Es una técnica estadística que se utilizó para comparar las medias de los resultados del análisis sensorial de cada tratamiento, para determinar las variaciones significativas entre los tratamientos.

2.10.4.1 Olor

En la Tabla 20 se muestra los resultados del análisis de varianza de la determinación del olor de los dos tratamientos, a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*). **Tabla 20.** Cuadro de ANOVA de la variable de olor

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
TRATAMIENTOS	1,065	1	1,065	1,884	0,183
CATADORES	9,913	22	0,450	0,797	0,700
Error	12,434	22	0,565		
Total	23,413	45			
C.V	16,185				

p-valor: Probabilidad

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Mediane el parámetro de análisis sensorial del olor, que observa que en los tratamientos no existen diferencias significativas entre ellos, por lo que el valor de la probabilidad es mayor que 0,05, por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa, se obtuvo el coeficiente de variación de 16,185% lo cual expresa que el 83,815% de observaciones serán confiables, se puede determinar que el coeficiente de variación llega a tener un valor elevado debido a que los catadores con los que se realizó el análisis sensorial no se encuentran lo suficientemente entrenados.

Por ende, el parámetro del olor varía según el tipo de harina que se utilizó al momento de realizar la bebida.

Tabla 21. Cuadro de Test: Tukey

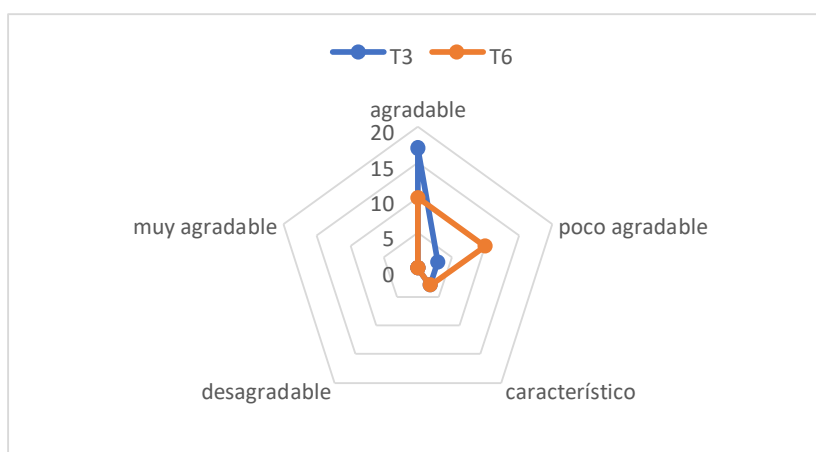
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	
a1b3	4,608	23	0,025	A
a2b3	4,304	23	0,025	A

Medias con letra igual no son significativamente diferentes $p > 0,05$

Test; Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,459

Fuente: (Zapata. F, 2025)

De acuerdo con los datos obtenidos y de medias analizadas, se concluye que el mejor tratamiento para el atributo del olor de acuerdo con la valorización del análisis sensorial realizado a 23 estudiantes de la Carrera de Agroindustria de sexto semestres, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es a1b3 (*harina de sorgo sin maltear y 0,03 g de lactobacillus plantarum*). Según (Mendez, 2018) con el tema de “Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea de sorgo, arroz y soya de alimentación escolar” expresa que no hay diferencias significativas de acuerdo con el aspecto de olor.



Grafica 4. Olor

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Según el Gráfico 4 se determina que el tratamiento a1b3 está dentro de la categoría de agradable, esto indica que el olor de la bebida de sorgo sin maltear cumple con sus expectativas, según la escala hedónica. El resultado se atribuye a las características propias del sorgo, lo cual fue bien recibida por los evaluadores.

2.10.4.2 Acidez

En la Tabla 22 se muestra los resultados del análisis de varianza de la determinación de la acidez de los dos tratamientos, a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*). **Tabla 22.** Cuadro de ANOVA de la variable de Acidez

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
TRATAMIENTOS	14,696	1	14,696	34,748	<0,0001
CATADORES	17,652	22	0,802	1,897	0,070
Error	9,304	22	0,423		
Total	41,652	45			
C.V	33,027				

p-valor: Probabilidad

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En la Tabla 22, esta expresado el coeficiente de variación de 33,027% lo cual indica que existe alta dispersión entre los dos tratamientos, lo que significa que solo el 66,9% de los datos son confiables, es decir, en el análisis sensorial de la acidez va a depender de la concentración del *lactobacillus plantarum* y del tipo de harina de sorgo, en el proceso fermentativo actúa el inóculo con la presencia de azúcares del cereal, el sorgo malteado tiene mayor presencia de azúcares por el proceso germinativo que este tuvo, lo cual los microorganismos probióticos generan mayor ácido láctico.

En conclusión, en el proceso de elaboración de la bebida a base de sorgo, va a influir el tipo de harina de sorgo sobre la variable de acidez.

Tabla 23. Cuadro de Test: Tukey

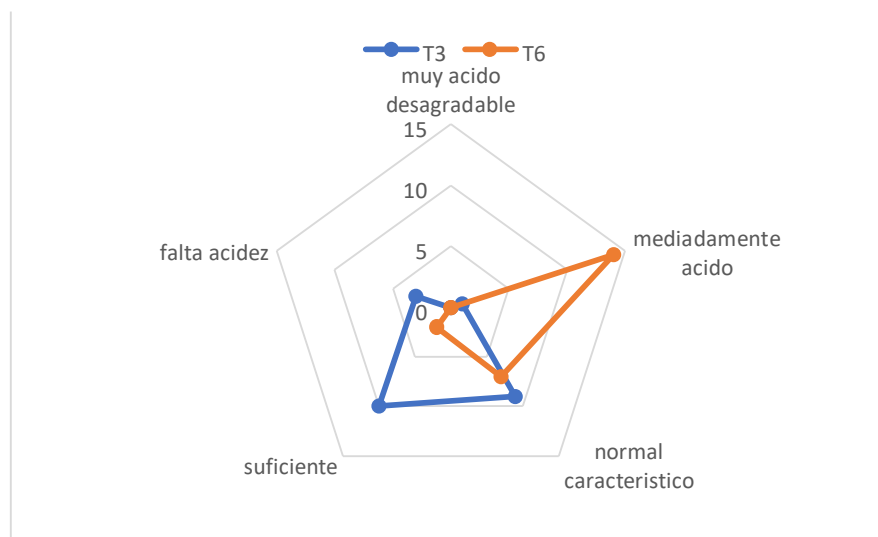
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	
a2b3	3,478	23	0,018	A
a1b3	2,348	23	0,018	B
Medias con letra igual no son significativamente diferentes $p > 0,05$				

Test; Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,397

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En la tabla 23 se expresa los datos obtenidos de la prueba de tukey, y se determina el promedio más relevante para el atributo analizado es de 3,478 que corresponde al tratamiento a2b3 (harina de sorgo malteada y 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).

Según (Gallardo, 2018) la cantidad de acidez presente en la bebida corresponde al proceso fermentativo de las bacterias de *lactobacillus plantarum* con los azúcares presentes en la harina de sorgo, la harina de sorgo malteado presenta mayor cantidad de azúcares por su proceso germinativo, lo cual las bacterias tienden a tener mayor alimento para producir ácido láctico.



Grafica 5. Acidez

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Se determina que para el mejor tratamiento a2b3 (harina de sorgo malteada y 0,03 g de *lactobacillus plantarum*), en escala hedónica se interpreta como “medianamente ácido”.

2.10.4.3 Sabor

En la Tabla 24 se muestra los resultados del análisis de varianza de la determinación del sabor de los dos tratamientos, a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).

Tabla 24. Cuadro de ANOVA de la variable de sabor

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
TRATAMIENTOS	5,565	1	5,565	27,608	<0,0001
CATADORES	17,478	22	0,794	3,941	0,001
Error	4,435	22	0,202		
Total	27,478	45			
C.V	22,189				

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Se observa en los tratamientos que existen diferencias significativas en donde pvalor es <0,05, lo cual se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, se aplica la prueba de significación de tukey, esta variación del aspecto del sabor dependerá del tipo de harina que se utilizó para el proceso de elaboración de la bebida fermentada.

En conclusión, cada harina utilizada en el proceso, presentan diferentes características organolépticas, una de ella es el sabor, por lo cual va a existir variación entre los dos tratamientos establecidos.

Según (Guevara, 2019) menciona que en su proceso de elaboración de una bebida de sorgo existe valores significantes de acuerdo con el sabor, por el proceso de germinado y malteado que presenta el cereal.

Tabla 25. Cuadro de Test: Tukey

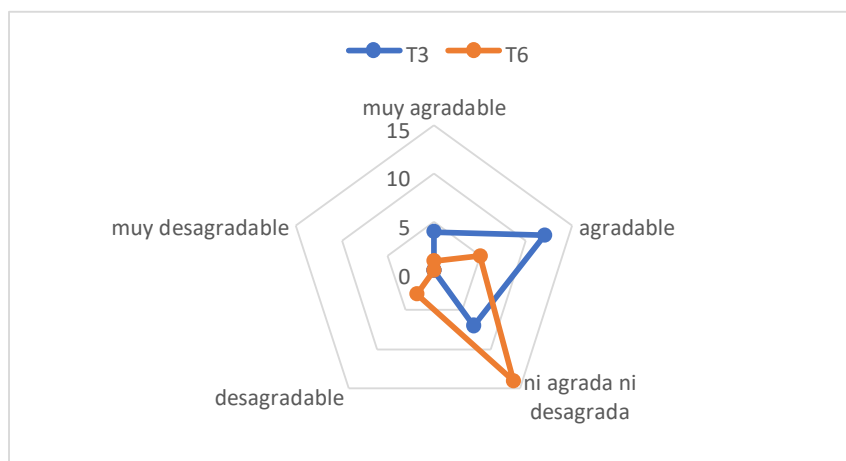
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	
a1b3	3,870	23	0,009	A
a2b3	3,174	23	0,009	B

Medias con letra igual no son significativamente diferentes $p>0,05$

Test; Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,274

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Se determina por la prueba de tukey que el valor promedio más elevado es el tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).



Grafica 6. Sabor

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Se observa en el Gráfico 6 el tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) en la escala hedónica se interpreta como “agradable”, según la degustación de los catadores.

2.10.4.4 Textura

En la Tabla 26 se muestra los resultados del análisis de varianza de la determinación de la textura de los dos tratamientos, a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).

Tabla 26. Cuadro de ANOVA de la variable de textura

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
TRATAMIENTOS	1,065	1	1,065	2,484	0,129
CATADORES	6,652	22	0,302	0,705	0,791
Error	9,435	22	0,429		
Total	17,152	45			
C.V	17,212				

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En la Tabla 26 del análisis de varianza del atributo sensorial de textura no existen diferencias significativas entre los tratamientos, el p-valor es $>0,05$, se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

Mediante el cálculo del coeficiente de variación de 17,212% solo el 82,78% de los resultados obtenidos mediante los catadores son confiables, no existen variaciones en la textura por el uso de las harinas en la producción de la bebida en los diferentes tratamientos.

Tabla 27. Cuadro de Test: Tukey

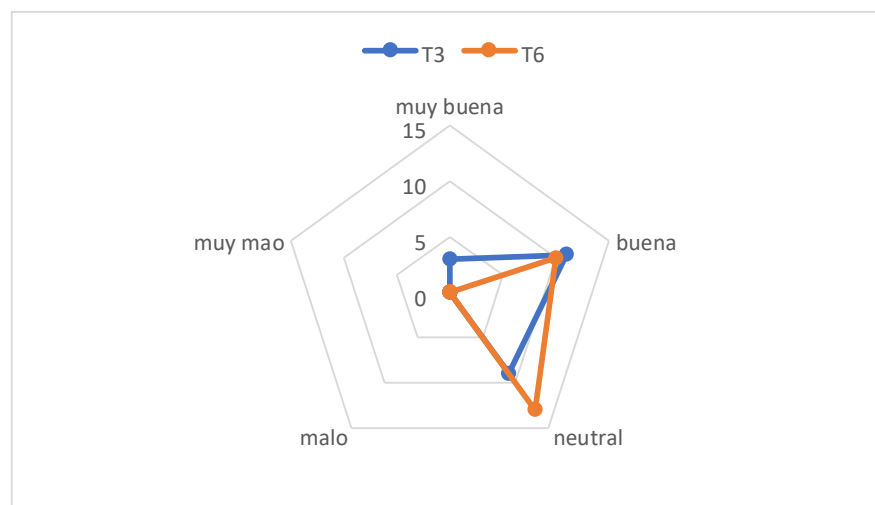
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	
a1b3	3,739	23	0,019	A
a2b3	3,435	23	0,019	A

Medias con letra igual no son significativamente diferentes $p>0,05$

Test; Tukey Alfa= 0,05 DMS= 0,400

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Se realizó la prueba de tukey para determinar el mejor tratamiento, analizando el valor promedio más alto para el atributo de estudio, es de 3,739 que corresponde a a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).



Grafica 7. Textura

Fuente: (Zapata. F, 2025)

En el Grafico 7 está representado según la escala hedónica que se interpreta como

“buena” al tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).

2.10.5.5 Aceptabilidad

En la Tabla 28 se muestra los resultados del análisis de varianza de la determinación de la textura de los dos tratamientos, a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*) y a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).

Tabla 28. Cuadro de ANOVA de la variable de aceptabilidad

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	F	p-valor
TRATAMIENTOS	15,848	1	15,848	95,464	<0,0001
CATADORES	10,435	22	0,474	2,857	0,009
Error	3,652	22	0,166		
Total	29,935	45			
C.V	21,197				

Fuente: (Zapata. F, 2025)

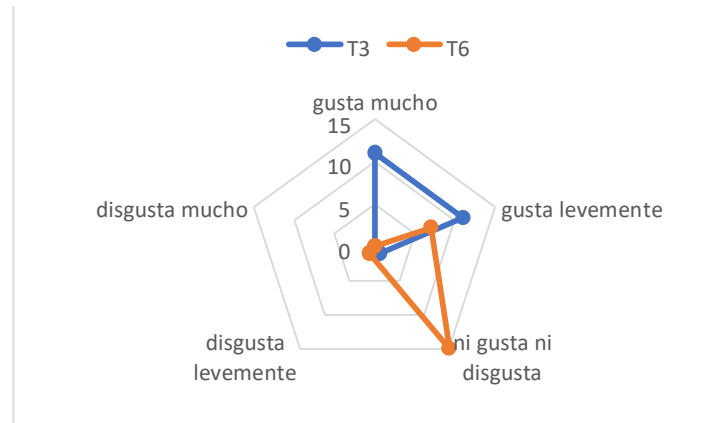
Se observa que existen diferencias significativas entre los tratamientos, de acuerdo al valor de la probabilidad ya que es menor a 0,05, por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, es necesario aplicar la prueba de tukey para determinar el mejor tratamiento, el coeficiente de variación es de 21,197% lo cual son valores bajos de confianza con respecto al análisis de aceptabilidad, en conclusión si existen diferencias significativas de acuerdo al análisis sensorial realizado a los panelistas quienes fueron los estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Tabla 29. Cuadro de Test: Tukey

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E	
a1b3	4,435	23	0,007	A
a2b3	3,261	23	0,007	B
Medias con letra igual no son significativamente diferentes $p > 0,05$				

Fuente: (Zapata. F, 2025)

El análisis de varianza expresado en la tabla 29 determina que existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos a nivel de 0,05, lo cual se realiza la prueba de tukey para determinar que el mejor tratamiento es la muestra a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*), según la comparación de los promedios.



Grafica 8. Aceptabilidad

Fuente: (Zapata. F, 2025)

El mejor tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*), mediante la escala hedónica esta expresada como “gusta mucho”.

2.10.4.6 Determinación del mejor tratamiento

Los resultados obtenidos del mejor tratamiento se encuentran expresados en la tabla 30 de acuerdo al análisis sensorial. El cual se denomina de acuerdo la mayor cantidad de aspectos aceptados por los catadores.

Tabla 30. Resultados del análisis para determinar el mejor tratamiento

Olor	Acidez	Sabor	Textura	Aceptabilidad
a1b3		a1b3	a1b3	a1b3
	a2b3			

T3(a1b3)= Bebida de sorgo malteada, concentración de *lactobacillus plantarum* 0,03g

Fuente: (Zapata. F, 2025)

De acuerdo con los valores obtenidos en la Tabla 30, el análisis sensorial genera el valor tratamiento con los 5 aspectos analizados, olor, sabor, acidez, textura y

aceptabilidad, la muestra que más aceptabilidad género en los catadores es a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*).

Tabla 31. Formulación del mejor tratamiento

Formulación del mejor tratamiento	
Harina de Sorgo sin Maltear	250 g
Azúcar	100 g
Inóculo	0,03 g
Esencia de Vainilla	0,5 ml
Agua	1000 ml

Fuente: (Zapata. F, 2025)

2.10.5 Análisis fisicoquímicos del mejor tratamiento

En la tabla 32 se presenta los resultados fisicoquímicos obtenidos del mejor tratamiento - a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*).

Tabla 32. Resultados fisicoquímicos del mejor tratamiento.

Parámetros	Tratamiento de la bebida a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de <i>Lactobacillus plantarum</i>).
Humedad (%)	87,57
Proteína (%)	0,33
Cenizas (%)	0,02

Fuente: (Zapata. F, 2025)

La bebida de sorgo sin maltear con *Lactobacillus plantarum* muestra diferencias en su composición comparada con la harina de sorgo inicial. La bebida tiene un alto contenido de humedad (87,57%) y una reducción significativa en los nutrientes como grasas (0,45%), proteínas (0,33%) y carbohidratos (11,63%), lo que la hace más ligera. La fibra se elimina casi por completo debido al proceso de fermentación y dilución afectó la estructura original de la harina. Esta bebida es refrescante, pero con un perfil nutricional.

2.10.6 Análisis microbiológicos del mejor tratamiento

Se presenta los resultados microbiológicos obtenidos en la Tabla 33 del mejor tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*). comparados con la NORMA NTE INEN 2395:2011

Tabla 33 Resultados microbiológicos del mejor tratamiento vs los requisitos dentro de las normas INEN.

Parámetros	Tratamiento de la bebida a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de <i>lactobacillus plantarum</i>).	NORMA NTE INEN 2395:2011	
		min	Max
Coliformes totales UFC/g	AUSENCIA	10	100
Recuento de <i>E. coli</i> UFC/g	AUSENCIA	<1	-
Recuento de mohos UFC/g	<10	200	500
Levaduras UFC/g	AUSENCIA	200	500

Fuente: (Zapata. F, 2025)

Los resultados microbiológicos obtenidos del tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*). indican un producto seguro y de alta calidad. La ausencia de coliformes totales, *E. coli* y levaduras, junto con un recuento de mohos menor a 10 UFC/g, cumple con las normativas sanitarias para bebidas fermentadas. Esto sugiere que el proceso de fermentación, manipulación e higiene fue adecuado, minimizando riesgos de contaminación.

2.10.7 Análisis nutricional del mejor tratamiento

Tabla 34 Resultado del análisis nutricional sobre el mejor tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *lactobacillus plantarum*).

Parámetros	Resultados (%)	(UFC/ml)
Grasa	0,45	-
Carbohidratos	11,63	-
Proteína	0,33	-
Fibra	0,00	-
<i>Lactobacillus Plantarum</i>	-	70x10 ⁷

Fuente: (Zapata. F, 2025)

De acuerdo con los valores obtenidos del análisis nutricional el tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*) con 70×10^7 UFC/mL de *Lactobacillus plantarum* supera los requisitos normativos para bebidas fermentadas NORMA NTE INEN 2395:2011, garantizando una alta viabilidad probiótica y potenciales beneficios para la salud. Su concentración es adecuada para su funcionalidad. Los valores obtenidos de los carbohidratos pueden deberse a la presencia de azúcares añadidos. Pero se encuentra dentro del rango esperado para bebidas fermentadas con edulcorantes naturales y añadidos.

Según los análisis presentan una reducción significativa en grasa, proteínas, fibra y carbohidratos en comparación con la harina de sorgo original. Esto se debe a la dilución y el proceso de fermentación, que transforma parcialmente los nutrientes. La bebida es ligera, pero baja en valor nutricional, especialmente en proteínas y fibra.

3. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS

Al evaluar los impactos del proyecto de producción de una bebida fermentada de sorgo utilizando un cultivo iniciador de *Lactobacillus*, es importante considerar diversas dimensiones, incluyendo los aspectos técnicos, sociales y económicos

3.1 Impacto técnico

La investigación sobre formular una bebida fermentada aporta con información técnica sobre la misma, ya que en función a la NORMA NTE INEN 2395:2011 para bebidas fermentadas, en este caso la bebida fermentada aporta un valor agregado a la misma, puesto que al utilizar innovadoras materias primas como el cereal (sorgo) le da un impacto positivo, y mediante eso se da paso a producir futuros productos y subproductos a corto, mediano y largo plazo.

3.2 Impacto social

El proyecto genera un impacto positivo en la sociedad al desarrollar la bebida fermentada de sorgo ya que impulsa a los agricultores del cultivo de sorgo y a empresas dedicadas a la producción de bebidas probióticas desarrollen nuevas

formulaciones y mecanismos de uso de esta materia prima en productos alimenticios que sean innovadores en el mercado.

3.3 Impacto Económico

Mediante la investigación del presente proyecto el impacto económico es positivo, ya que genera nuevas alternativas de negocio dentro de la innovación de nuevos productos, en este caso la bebida fermentada de sorgo genera una regeneración intestinal y mejor digestión lo cual hace que exista mayor consumo de gente que lo necesite, generando ingresos positivos, y así genera mayor cantidad de fuentes de trabajo en empresas que producen la bebida.

3.4 Impacto ambiental

En la producción de la bebida fermentada de sorgo, no afectan al medio ambiente, ya que el procesamiento y obtención de las materias primas no incrementan la contaminación ambiental, y no se desperdician los recursos naturales de planeta, por lo contrario, son bien aprovechados.

4. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Tabla 35 Presupuesto para el proyecto de investigación

Costos de Materia prima				
Recursos	Cantidad	Unidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
Sorgo	4	kg	12	48
Azúcar	2	lb	0,60	1,20
Esencia de vainilla	1	unidad	1,25	1,25
Inoculo (<i>lactobacillus plantarum</i>)	5	g	1,25	6,25
Agua	12000	ml	0,50	6
Subtotal				62,70
Materiales				
Envases de Plástico	14	U	0,35	4,9
Cedazo	1	U	4	4
Jarras	1	U	5,50	5,50

Etiquetas	1	u	5	5
Subtotal				19,4
Otros gastos				
Impresiones	600	Hojas	0,05	30
Anillados y Empastados	8	U	2	16
Subtotal				46
Análisis fisicoquímico de las harinas de sorgo				
Grasa	2 análisis		72,45	144,90
Proteína				
Fibra				
Carbohidratos				
Grasa				
Cenizas				
Humedad				
Materia Seca				
Materia Orgánica				
Subtotal				144,90
Análisis fisicoquímico del mejor tratamiento				
Humedad	1 análisis		85	85
Grasa				
Ceniza				
Proteína				
Fibra				
Carbohidratos				
Subtotal				85
Análisis microbiológico del mejor tratamiento				
Mohos y levaduras				
Aerobios mesófilos				
Coliformes totales UFC/g				

Bacterias lácticas (<i>Lactobacillus plantarum</i>)	1 análisis	51	51
Subtotal			51
TOTAL			409
Imprevistos del 15%			61,35
TOTAL			470,35

Fuente: (Zapata. F, 2025)

5. CONCLUSIONES Y RECOENDACIONES

CONCLUSIONES

Se obtuvo una bebida fermentada de sorgo con 70×10^7 UFC/ml de *Lactobacillus plantarum*, este resultado es positivo porque supera la cantidad mínima según (Aguirre, 2018) la normativa NORMA NTE INEN 2395:2011 para bebidas fermentadas, este valor es positivo para considerar a este producto una bebida fermentada y funcional para el consumidor, este resultado subraya la importancia de las concentraciones añadidas en la formulación inicial de la bebida y esto garantiza la viabilidad del producto final.

Se caracterizó la harina de sorgo malteado mediante un análisis fisicoquímico, presenta valores de humedad 8,49%, materia seca 91,51%, proteína 10,99%, fibra 2,41%, grasa 7,59%, cenizas 2,35% y carbohidratos 68,17% y los datos de harina de sorgo sin maltear humedad 11,05%, materia seca 88,95%, proteína 9,41%, fibra 2,33%, grasa 7,42%, cenizas 3,6% y carbohidratos 66,20% esto permitió identificar las diferencias en su composición fisicoquímica.

Se desarrolló una formulación para la elaboración de la bebida fermentada de sorgo, utilizando harina de sorgo malteado y harina de sorgo sin maltear, se emplearon diferentes concentraciones de *Lactobacillus plantarum* (0,01g, 0,02g y 0,03g), como endulzante se utilizó la sacarosa, y saborizante esencia de vainilla. Se establecieron seis formulaciones diferentes con una réplica, en total se analizaron 12 muestras.

Se evaluaron a los seis tratamientos los 3 parámetros fundamentales (pH, °Brix, Acidez) para determinar los mejores tratamientos, se seleccionaron 2 mejores tratamientos en base a los parámetros establecidos, los cuales fueron a2b3 (bebida de sorgo malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*) y

a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*), estos tratamientos que cumplieron con los estándares de calidad fueron sometidos al análisis sensorial, la evaluación de estos factores garantizó un equilibrio entre la estabilidad del producto, su perfil organoléptico y su potencial probiótico.

Mediante un análisis estadístico con valores obtenidos de la prueba sensorial de los dos mejores tratamientos, es denominado el mejor tratamiento a1b3 (bebida de sorgo sin malteada con una concentración de 0,03 g de *Lactobacillus plantarum*), y se realizó un análisis fisicoquímico, microbiológico, y nutricional lo cual permitió confirmar la calidad y viabilidad de la bebida fermentada a base de sorgo. Los resultados obtenidos aseguraron que el producto cumple con los parámetros óptimos de acidez, pH y °Brix, además de garantizar la presencia de microorganismos benéficos y la seguridad microbiológica.

5.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda tomar en cuenta el tiempo de remojo del sorgo (tiempo de remojo 12 horas) para el proceso germinativo, el cual es primordial para obtener una germinación estable

Controlar la temperatura de fermentación (35-40 °C) para optimizar el desarrollo del cultivo.

Definir la concentración adecuada del inóculo (0,03 g de *Lactobacillus plantarum*) para garantizar una fermentación eficiente y la producción de microorganismos beneficiosos.

Realizar mediciones constantes de pH, acidez y °Brix para evaluar el progreso de la fermentación y garantizar la estabilidad del producto, evaluación con intervalo de una hora.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aguirre Naranjo, A. L. (2018). Verificación del cumplimiento de los requisitos según norma INEN NTE INEN 2395: 2011 y NTE INEN 2564: 2011 en yogures y bebidas lácteas envasados en fundas de polietileno de baja densidad, comercializados en bares escolares de las unidades educativas

públicas de la ciudad de Riobamba (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Aldana, M. E. (2022). Elaboración de una bebida energética a base de malta de cebada (*Hordeum vulgare*) con sorgo (*Sorghum bicolor* L.) (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2022).

Alimentarius, C. (2015). codex Stan 192, 1995. Norme générale Codex pour les additifs alimentaires.

Andrade Zamora, F., Alejo Machado, O. J., & Armendariz Zambrano, C. R. (2018). Método inductivo y su refutación deductista. Conrado.

Ascorbe Landa, C. (2018). Alimentos y gastronomía de cercanía: un valor en alza. Nutrición Hospitalaria.

Bolletta, A. I., Marinissen, J., Gigón, R., Forjan, H. J., Lagrange, S. P., Campos, P. E., & Cicchino, M. A. (2011). Manual de sorgo. Ediciones INTA.

Bosch Gallego, M., Espadaler Mazo, J., Méndez Sánchez, M., Pérez Carre, M., Farrán Codina, A., Audivert Brugué, S., ... & Cuñé Castellana, J. (2011). El consumo del probiótico *Lactobacillus plantarum* CECT 7315/7316 mejora el estado de salud general en personas de edad avanzada. Nutrición Hospitalaria

Bravo, H. B. Z. (2011). MANUAL PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE INOCUIDAD EN PLANTAS PRODUCTORAS DE ALIMENTOS (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL).

Chiñas, F. A. I., & Guillén, B. J. S. (2023). Análisis de Alimentos. Fundamentos y Técnicas. UNAM, Facultad de Química.

Cuasapaz Guacales, G. J., & Zambrano Tapia, I. G. (2021). Estudio de almacenamiento y reología de la bebida de chonta fermentada con kéfir y levadura (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

- Cuevas Guevara, M. D. L., & Mendoza Gamiño, H. (2024). Comparación sensorial de una bebida fermentada de Maíz (Tejuino) y una bebida fermentada de sorgo rojo.
- Domanski, C., Giorda, L. M., & Feresin, O. (2012). Composición y calidad del grano de sorgo. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Escalante, WD, Kumaran AP, K., Dutta, S. y Rodríguez-Best, A. (2015). Producción de ácido láctico por *Lactobacillus plantarum* L10 en cultivo continuo con retención de células bajo diferentes estrategias de cultivo. *Biotecnología Aplicada*.
- Falcon Romero, P. E. (2017). Determinación de los parámetros óptimos para la elaboración de una bebida fermentada a partir de arándano (*Vaccinium Myrtillus* L) al estado maduro.
- Fernández, S. M. D. (2014). Desarrollo de una ficha de observación para el análisis y evaluación de experiencias educativas en mundos virtuales. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*.
- Fernández, S. M. D. (2014). Desarrollo de una ficha de observación para el análisis y evaluación de experiencias educativas en mundos virtuales. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*.
- Galarza, C. A. R. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 10(1), 1-7.
- Gallardo Aguilar, I., Boffill Rodríguez, Y., Rega López, L., Pino Hurtado, M. S., Rodríguez Padrón, Y., & Pérez Pentón, M. (2018). Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo UDG-110 en la elaboración de bebidas para enfermos celíacos. *Centro Azúcar*, 45(2), 46-58.
- Godinez, N. G. H. (2017). Elaboración de tamal a base de sorgo blanco (*Sorghum bicolor* L. moench) y moringa (*M. oleífera*) como alimento funcional.
- Gómez Pamies, L. C., & Benítez, E. I. (2019). Utilización de enzimas exógenas para mejorar el contenido de FAN en la maceración de granos de sorgo sin maltear para la elaboración de una bebida fermentada.

- Guevara, R. E. (2019). Desarrollo de una cerveza artesanal American Pale Ale utilizando como malta base sorgo (*Sorghum bicolor*) con cebada (*Hordeum vulgare*) y endulzada con miel de abeja (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2019.).
- Hernández, E. B. (2011). ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA.
- Jácome Mena, J. A. (2016). Validación del Método Gravimétrico para la determinación de grasa en el Laboratorio ECUACHEMLAB Cía. Ltda (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- Jimenez-Carballo, C. A. (2018). Temperatura y expansión térmica.
- Klaenhammer, T., Altermann, E., Arigoni, F., Bolotin, A., Breidt, F., Broadbent, J., y Siezen, R. (2002). Descubrimiento de bacterias de ácido láctico mediante genómica. En *Bacterias de ácido láctico: genética, metabolismo y aplicaciones: Actas del séptimo simposio sobre bacterias de ácido láctico: genética, metabolismo y aplicaciones*, 1-5 de septiembre de 2002, Egmond aan Zee, Países Bajos
- León-López, A., Mendoza-Wilson, A. M., & Balandrán-Quintana, R. R. (2022). Propiedades nutricionales, funcionales y bioactivas de alimentos a base de sorgo: Avances y oportunidades para su aprovechamiento integral: Nutritional, functional and bioactive properties of sorghum-based foods: Advances and opportunities for its integral exploitation. *Tecnociencia Chihuahua*, 16(2), 912-912.
- Lozada, J. (2014). Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 3(1), 47-50.
- Mazón, N. V. C., Hermida, C. E. C., Yacelga, J. C. S., Machado, E. R. R., Murillo, P. L. G., & Mena, M. E. C. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 253-263.

- Méndez-Cárcamo, M. E., Alfaro-Medina, R. A., García-Martínez, J. B., LópezLandaverde, R. A., López-de Esquivel, P. M., & Rodríguez-Guardado, A. M. (2018). Desarrollo de una bebida nutritiva instantánea a base de sorgo, arroz y soya en apoyo a los programas de alimentación escolar en El Salvador. *Revista Agrociencia*, 1(04), 14-23.
- Miranda Vega, J. V., & Rodríguez Aguilar, B. P. (2022). Manual de funcionamiento, mantenimiento y aplicaciones pedagógicas del equipo (pH metro multiparamétrico benchtop pH/conductivity meter y del Lactodensímetro) en el Laboratorio de Investigación en Lácteos de la Carrera de Agroindustria de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Morales, N. (2015). Investigación exploratoria: tipos, metodología y ejemplos. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacionexploratoria>.
- Mosso, A. L., Jimenez, M. D., & Samman, N. C. (2023). Revisión de los aspectos regulatorios sobre granos enteros y recomendaciones en América Latina.
- Nieblas Morfa, C., Gallardo Aguilar, I., Rodríguez Rodríguez, L., Carvajal Mena, N., González Chávez, J. F., & Pérez Pentón, M. (2016). Obtención de bebidas y otros productos alimenticios a partir de dos variedades de sorgo. *Centro Azúcar*, 43(3), 66-78.
- Olaoye, OA, Ndife, J., y Raymond, VI (2017). Uso de lactobacillus plantarum como cultivo iniciador y su influencia en las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de Kunnu-Aya producida a partir de sorgo y chufa. *Journal of Food Quality* , 2017 (1), 6738137.
- Olivares Quincho, Y., & Ricaldi Yapiash, K. G. (2013). Efecto del proceso de malteado en las características fisicoquímicas y químicas en la obtención de harina de maíz (*Zea mays*).
- Olivarez, F. O. (2021). Producción de ácido láctico por medio de fermentación anaerobia y su polimerización a partir de reacciones de apertura de anillo. CICY., Merida-Yutacan.
- Palmero Suárez, S. (2021). La enseñanza del componente gramatical: El método deductivo e inductivo.

- Pereira-Crespo, S., Botana, A., Veiga, M., Resch, C., González, L., Lorenzana, R., & Flores-Calvete, G. (2022). Predicción del valor nutricional de sorgo para forraje mediante espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS) y ecuaciones empíricas. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 10(3), 249-260.
- Pérez Lavalle, L. (2010). Evaluación de las fracciones granulométricas de la harina de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) para la elaboración de una pasta alimenticia. Departamento de Química.
- Pérez Padrón, S., & Moreno Méndez, F. R. (2018). La innovación tecnológica y la investigación de mercado en el sistema empresarial cubano. *Revista Universidad y Sociedad*, 10(1), 367-373.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., & Milián, I. (2015). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y forrajes*
- Pérez-Chabela, M., Yenizey, M., Soriano-Santos, J., & Pérez-Hernández, M. A. (2020). Los probióticos y sus metabolitos en la acuicultura. Una Revisión The probiotics and their metabolites in aquaculture. A review. *Hidrobiológica*, 30(1), 93-105.
- RAMIREZ RAMIREZ, J. C., Rosas Ulloa, P. E. T. R. A., VELAZQUEZ GONZALEZ, M. Y., Ulloa, J. A., & Arce Romero, F. (2011). Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud. CONACYT.
- Rios Moyano, D. K., Conde Pulgarín, A., & Rios Moyano, C. F. (2021). Productividad y sostenibilidad del cultivo de sorgo forrajero como alternativa para la alimentación de rumiantes.
- Ríos, C., Maldonado, L., & Caballero, L. (2016). Bebida fermentada a base de arroz con adición de probióticos. *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*,
- Rodríguez, A. R. (2019). Contenido nutricional de harinas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) RCV y De Leche, harina de trigo (*Triticum aestivum*) y su uso en la elaboración de un muffin (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2012).

- Rollan, G. C. (2020). Fermentación láctica de cereales y granos ancestrales andinos.
- Rondon, L., Añez Zavala, M., Salvatierra Hidalgo, A., Meneses Barrios, R. T., & Heredia Rodriguez, M. T. (2015). Probióticos: generalidades. Archivos venezolanos de puericultura y pediatría, 78(4), 123-128.
- Sáez Plaza, P., García Asuero, A., & Martín Bueno, J. (2019). Una anotación sobre el método de Kjeldahl. Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia.
- Sarabia, F. G., & De Guadalupe, A. M. (2012). Desarrollo y caracterización de cervezas tipo artesanal utilizando como adjuntos producto de origen endémico mexicano y otros subproductos de la Industria Alimentaria como suero de leche.
- Segovia Muñoz, S. A. (2019). Evaluación del malteado y fermentación en el proceso de cerveza artesanal tipo ALE, utilizando el sorgo (*Sorghum vulgare*) como materia prima.
- Suárez Conforme, S. J. (2022). Control químico de malezas en el cultivo de Sorgo (*Sorghum spp.*) y su incidencia en la producción (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022).
- Talens Oliag, P. (2020). Determinación experimental de densidad y porosidad en alimentos sólidos y líquidos.
- TARON, A., ESPITIA, C., FUENTES, L., & MARTINEZ, D. (2012). ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA ALCOHÓLICA DESTILADA A PARTIR DE SORGO DULCE (*SORGHUM SACCHARATUM*) CON LAS CARACTERÍSTICAS CONGENÉRICAS DEL CEREAL. *Vitae*, 19(1), S267-S269.
- Teixeira, P. (2018). *Lactobacillus: Lactobacillus brevis*.
- Vargas-Martínez, E., Trejo-Morales, K. Y., Pérez-Atilano, Y., López-Soto, D., & Huerta-Pioquinto, A. (2021). Variabilidad del pH en bebidas frecuentemente consumidas, Por qué debemos evitar su consumo en el cuidado de nuestra salud. *Uno Sapiens Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 1*, 4(7), 24-27.

- Velázquez-López, A., Covatzin-Jirón, D., Toledo-Meza, M. D., & Vela-Gutiérrez, G. (2018). Bebida fermentada elaborada con bacterias ácido-lácticas aisladas del pozol tradicional chiapaneco. *CienciaUAT*, 13(1), 165-178.
- Villamar Alvarado, M. (2014). Evaluación agronómica de 10 híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) en la zona de Julio Moreno, provincia de Santa Elena (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2015.).