UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieras Agroindustriales

Autoras:

Cholango Farinango Nataly Soraya

Guamba Arteaga Jennyfer Mishell

Tutora:

Moreano Terán Nancy Fabiola

LATACUNGA - ECUADOR

Agosto - 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Cholango Farinango Nataly Soraya, con cédula de ciudadanía No. 1728294800 y Guamba Arteaga Jennyfer Mishell, con cédula de ciudadanía No. 1754223582, declaramos ser autoras del presente Proyecto de Investigación: **"CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)"**, siendo la Ingeniera Mg. Nancy Fabiola Moreano Terán, Tutora del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 3 de agosto del 2026

Nataly Soraya Cholango Farinango
C.C: 1728294800
ESTUDIANTE

Jennyfer Mishell Guamba Arteaga
C.C: 1754223582
ESTUDIANTE

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTORA

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CHOLANGO FARINANGO NATALY SORAYA**, identificada con cédula de ciudadanía **1728294800** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA 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. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **"CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)"**, 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 - Marzo 2023

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026

Tutora: Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg.

Tema: **"CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)"**

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, **LA 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 **LA 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 **LA 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 **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

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 3 días del mes de agosto de 2026.

Nataly Soraya Cholango Farinango	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CEDENTE	**LA CESIONARIA**

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTORA

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **GUAMBA ARTEAGA JENNYFER MISHELL**, identificada con cédula de ciudadanía 1754223582 de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA 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. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado: **"CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)"**, 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 – Marzo 2023

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026

Tutora: Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán

Tema: **"CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)"**

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, **LA 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 **LA 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 **LA 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 **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

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 3 días del mes de agosto del 2026.

Jennyfer Mishell Guamba Arteaga	Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D.
LA CEDENTE	**LA CESIONARIA**

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

"**CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)**", de Cholango Farinango Nataly Soraya y Guamba Arteaga Jennyfer Mishell, 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 han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 3 de agosto del 2026

Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán, Mg.
C.C: 0503352122
DOCENTE TUTORA

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, las postulantes: Cholango Farinango Nataly Soraya y Guamba Arteaga Jennyfer Mishell, con el título del Proyecto de Investigación: "**CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)",** han 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, 3 de agosto del 2026

Ing. Gabriela Beatriz Arias Palma, Mg.
C.C: 1714592746
LECTOR 1 (PRESIDENTE)

Ing. Renato Agustin Romero Corral, Mg.
C.C: 1717122483
LECTOR 2 (MIEMBRO)

Ing. María Monserrath Morales Padilla, Mg.
C.C: 1803691144
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser la guía inquebrantable en cada paso de este camino. Por regalarnos sabiduría, salud, paciencia y amor para poder culminar esta hermosa etapa, anhelada desde el inicio de nuestras vidas académicas.

A mis padres César Cholango y María Farinango y mis hermanas Mayra, Helen y Kenny, quienes han sido el motor principal de este logro. Gracias por su apoyo incondicional, económico y moral por sus palabras de aliento, por el amor infinito y por enseñarme a no rendirme.

A la prestigiosa Universidad Técnica de Cotopaxi, por ser el espacio donde nuestros sueños comenzaron a hacerse realidad.

A nuestros docentes, por su entrega, dedicación y vocación. Gracias por compartir con nosotros no solo su valioso conocimiento, sino también su experiencia y ejemplo. Ustedes sembraron en nosotras las bases para iniciar esta nueva etapa profesional.

Nataly Soraya Cholango Farinango

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, mi Padre amado, por ser mi guía, mi fortaleza y mi refugio en cada etapa de mi vida. Le doy infinitas gracias por el regalo de la vida, la salud, las bendiciones recibidas y por permitirme culminar esta importante etapa de mi formación universitaria. Cada experiencia vivida, tanto los momentos de alegría como las dificultades, han sido enseñanzas que me han permitido crecer, fortalecer mi fe y valorar cada instante de la vida. Como lo expresa Filipenses 4:6: "No se preocupen por nada; más bien, en toda ocasión, con oración y ruego, presenten sus peticiones a Dios y denle gracias." Este versículo ha sido un recordatorio constante de confiar en su voluntad y agradecer siempre por sus bendiciones. Toda la honra y la gloria sean siempre para Él.

También quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi madre Mayra Arteaga y a mis hermanos Sebastián y Leonel, quienes han sido el motor fundamental para continuar y alcanzar esta meta. Gracias por su amor incondicional, por sus palabras de ánimo, por sus consejos, por la confianza que siempre depositaron en mí y por acompañarme en cada momento de este camino. Su apoyo constante, paciencia y cariño fueron pilares esenciales que me dieron la fuerza para persistir ante los desafíos y no rendirme hasta culminar esta etapa universitaria.

De igual manera, expreso mi agradecimiento a mis docentes lectores por su paciencia y enseñanza en el trascurso de este reto académico.

Jennyfer Mishell Guamba Arteaga

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo y logro a Dios, por ser mi guía, mi fortaleza y mi mayor bendición en cada paso de este camino. Gracias por regalarme sabiduría, salud y la fe necesaria para no rendirme.

A mis padres, por ser el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por cada sacrificio, por cada palabra de aliento y por enseñarme con su ejemplo que los sueños se alcanzan con trabajo y perseverancia.

A mis hermanas, por ser mis amigas, mis confidentes y mi mayor soporte. Gracias por acompañarme en las noches de estudio, por celebrar mis triunfos y sostenerme en los momentos difíciles.

Y a mis sobrinas, por ser la alegría de mi vida y la inspiración para ser un mejor ejemplo para ellas. Ustedes son el motor que impulsa cada una de mis metas.

Este triunfo es tanto mío como de ustedes. Los amo con todo mi corazón.

Nataly Soraya Cholango Farinango

DEDICATORIA

A Dios, mi Padre amado, dedico este logro por ser mi guía y mi fortaleza durante todo este camino. Gracias por regalarme la vida, la salud y la sabiduría necesaria para superar cada desafío y permitirme alcanzar esta meta tan importante. En cada momento encontré en Ti la fuerza para continuar, la esperanza para no rendirme y la fe para confiar en que tus planes siempre tienen un propósito. Este logro es una muestra de tu amor y tus infinitas bendiciones en mi vida.

A mi querida madre Mayra, y a mis hermanos Sebastián y Leonel, les dedico este triunfo con todo mi amor y gratitud. Gracias por ser mi apoyo incondicional, por creer en mí, por sus palabras de ánimo y por acompañarme en cada etapa de este proceso. Su amor, confianza y esfuerzo fueron la motivación que me impulsó a seguir adelante y perseverar hasta cumplir este sueño.

A ustedes, mi familia, les entrego este logro porque también forma parte de su historia. Cada sacrificio, cada consejo y cada muestra de cariño fueron fundamentales para llegar hasta aquí. Gracias por ser mi inspiración y por recordarme siempre que, con fe, amor y perseverancia, los sueños podían hacerse realidad.

Jennyfer Mishell Guamba Arteaga

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: "CARACTERIZACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA A BASE DE OCA (*Oxalis tuberosa*)"

Autoras:
Cholango Farinango Nataly Soraya

Guamba Arteaga Jennyfer Mishell

RESUMEN

La investigación actual tuvo como finalidad caracterizar una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*), analizando el efecto de tres concentraciones de pulpa de oca y dos tipos de cepas probióticas. Para ello se aplicó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial A × B, donde el Factor A correspondió a la concentración de pulpa de oca en niveles de (10%, 20% y 30%), mientras que el Factor B estuvo conformado por el tipo de cepa probiótica: *L. acidophilus* y *L. plantarum*. A partir de la combinación de ambos factores se obtuvieron seis tratamientos, con tres repeticiones, generando un total de 18 unidades experimentales. Las formulaciones fueron inoculadas con cultivo probiótico y se mantuvo la fermentación a 37 °C durante 25 minutos hasta alcanzar un pH objetivo de 4,5; los tratamientos fueron envasados asépticamente y almacenados a 4 °C durante tres semanas. La combinación (30% de concentración de pulpa de oca + *L. plantarum*) con 14 días de almacenamiento (t_6) fue seleccionada como el mejor tratamiento al presentar los valores más adecuados de recuento microbiológico $4{,}035 \times 10^8$, sólidos solubles 8,08°(Brix), pH 3,8, acidez titulable 0,91, turbidez 885,9, viscosidad 240,95 NTU, en la evaluación sensorial la mayor aceptación correspondió al tratamiento (t_2)

Palabras clave: Oca (*Oxalis tuberosa)*, bebida probiótica, *L. acidophilus*, *L. plantarum*, fermentación, caracterización.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "CHARACTERIZATION OF AN OCA (*Oxalis tuberosa*)-BASED PROBIOTIC BEVERAGE"

Author:
Cholango Farinango Nataly Soraya

Guamba Arteaga Jennyfer Mishell

ABSTRACT

The purpose of this study was to characterize a probiotic beverage made from oca (Oxalis tuberosa) by analyzing the effect of three concentrations of oca pulp and two types of probiotic strains. To this end, a completely randomized design with an A × B factorial arrangement was applied, where Factor A corresponded to the concentration of oca pulp at levels of (10%, 20%, and 30%), while Factor B consisted of the type of probiotic strain: *L. acidophilus and L. plantarum*. The combination of these two factors resulted in six treatments, each with three replications, yielding a total of 18 experimental units. The formulations were inoculated with the probiotic culture and fermented at 37 °C for 25 minutes until a target pH of 4.5 was reached; the treatments were aseptically packaged and stored at 4 °C for three weeks. The combination (30% goose pulp concentration + *L. plantarum*) with 14 days of storage (t_6) was selected as the best treatment, as it exhibited the most suitable values for microbiological count (4.035×10^8), soluble solids (8.08° Brix), pH 3.8, titratable acidity 0.91, turbidity 885.9, and viscosity 240.95 NTU. In the sensory evaluation, the highest acceptability.

Keywords: Oca (Oxalis tuberosa), probiotic beverage, L. acidophilus, L. plantarum, fermentation, characterization.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA ii

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR..... iii

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR..... v

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN..... vii

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN viii

AGRADECIMIENTO..... ix

AGRADECIMIENTO..... x

DEDICATORIA..... xi

DEDICATORIA..... xii

RESUMEN..... xiii

ABSTRACT xiv

ÍNDICE DE CONTENIDOS..... xv

ÍNDICE DE TABLAS..... xxi

ÍNDICE DE FIGURAS xxiii

Introducción..... 1

1. Información general..... 3

2. Título del Proyecto: Caracterización de una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*)..... 3

3. OBJETIVOS..... 4

3.1. General..... 4

3.2. Específicos..... 4

4. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS..... 5

5. El problema de investigación 1

5.1. Formulación del problema..... 1

6. Justificación del proyecto..... 2

7. Fundamentación teórica 2
7.1. (Oxalis tuberosa) 2
7.1.1. Clasificación taxonómica de la Oca (Oxalis tuberosa) 3
7.1.2. Variedades de la oca 3
7.1.3. Composición fisicoquímica de la oca (Oxalis tuberosa) 4
7.2. Características de los probióticos 5
7.2.1. Beneficios de los probióticos en la salud 5
7.2.2. Bacterias ácido lácticas 5
7.2.3. Criterios para alimentos probióticos 6
7.2.4. Viabilidad y supervivencia en alimentos 6
7.3. Microorganismos probióticos utilizados para la elaboración de una bebida probiótica a base de oca (*oxalis tuberosa*) 6
7.3.1. Lactobacillus acidophilus 6
7.3.2. Lactobacillus plantarum 7
7.4. Fermentación en bebidas probióticos 8
7.4.1. Tipos de fermentación 8
7.5. Bebidas probióticas de origen vegetal 8
7.5.1. Tepache 9
7.5.2. Chucrut 9
7.5.3. Kombucha 10
7.6. Insumos e ingredientes para elaboración de bebidas probiótica 10
7.6.1. Canela 10
7.6.2. Clavo de olor 10
7.6.3. Panela 11
7.7. Aditivos utilizados en la bebida a base de oca 11
7.7.1. CMC 11
7.7.2. Goma xantana 11

7.7.3. Ácido cítrico 11
7.7.4. Sorbato de potasio 11
8. Metodología del proceso de investigación 12
8.1. Investigación aplicada 12
8.1.1. Investigación bibliográfica 12
8.1.2. Investigación descriptiva 12
8.1.3. Investigación exploratoria 12
8.1.4. Métodos de investigación 12
8.1.5. Método científico 12
8.1.6. Método inductivo 13
8.2. Técnicas de investigación 13
8.2.1. Revisión bibliográfica 13
8.2.2. Registro de datos 13
8.2.3. Revisión bibliográfica 13
8.3. Materiales, reactivos y equipos 13
8.3.1. Materiales 13
8.3.2. Reactivos 14
8.3.3. Equipos 14
8.4. Metodología de caracterización de la materia prima en estado fresco 15
8.4.1. Determinación de humedad por el método: AOAC 925.10 15
Ecuación 1. Contenido de humedad 15
8.4.2. Determinación de proteína cruda (kjeldahl) por el método: AOAC 978.04 15
Ecuación 2. Contenido de proteína 16
8.4.3. Determinación de grasa (soxhlet) por el método: AOAC 920.39 16
Ecuación 3. Contenido de grasa 16
8.4.4. Determinación de fibra cruda por el método: AOAC 985.29 17
Ecuación 4. Contenido de fibra 17

8.4.5. Determinación de cenizas por el método: AOAC 923.03 17

Ecuación 5. Contenido de cenizas 17

8.4.6. Determinación de almidón por el método: AOAC 996.11 18

8.4.7. Determinación de sólidos solubles totales por medio de refractometría 19

8.5. Metodología para la extracción de la pulpa de oca (*Oxalis tuberosa*): (Mora, 2021) primero va este después el 8.5 19

8.5.1. Recepción y selección de la materia prima 19

8.5.2. Lavado: 19

8.5.3. Cocción: 19

8.5.4. Trituración y Tamizado: 19

8.6. Metodología del proceso de elaboración de una bebida a base de oca (*Oxalis tuberosa*) 21

8.6.1. Formulación de la bebida 21

8.6.2. Tratamiento enzimático con α-amilasa a la bebida 21

8.6.3. Activación del inóculo 21

8.6.4. Inoculación 22

8.6.5. Fermentación controlada 22

8.6.6. Envasado 22

8.6.7. Almacenamiento y estudio de vida útil 22

8.7. Metodología para el recuento microbiológico de bacterias ácido lácticas viables mediante placas 3m Petrifilm: (Método alternativo validado frente a la ISO 15214:1998 conforme a AOAC PTM 041701) 24

8.7.1. Preparación de las muestras 24

8.7.2. Preparación de diluciones seriadas 24

8.7.3. Siembra en placas 3m Petrifilm para recuento de bacterias ácido lácticas 25

8.7.4. Incubación 25

8.7.5. Recuento y expresión de resultados 25

8.8. Metodología para evaluar los parámetros fisicoquímicos de la bebida 26

8.8.1. Determinación de sólidos solubles totales (°Brix) por el método: AOAC 26
8.8.2. Determinación de pH por el método: AOAC 981.12 26
8.8.3. Determinación de acidez titulable por el método: AOAC 942.15 26
8.8.4. Determinación de turbidez por el método nefelométrico: (Norma ISO 7027-1:2016) 26
8.8.5. Determinación de viscosidad por el método viscosimétrico (viscosímetro rotacional tipo brookfield): (ASTM D2196) 27
8.8.6. Metodología para el análisis sensorial: (Norma ISO 11136:2014) 27
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS 28
9.1. Hipótesis nula (h_0) 28
9.2. Hipótesis alterna (h_1) 28
10. DISEÑO EXPERIMENTAL 28
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS 30
11.1. Resultados del análisis fisicoquímico de la oca (Oxalis tuberosa) en estado fresco 30
11.1.1. Análisis del recuento microbiológico (UFC/mL) 31
11.1.2. Análisis de sólidos solubles 34
12.1.3. Análisis del pH 38
12.1.4. Análisis de acidez titulable 41
11.1.3. Análisis de la turbidez 45
11.1.4. Análisis de viscosidad 48
11.1.5. Atributo color 51
11.1.6. Atributo olor 52
11.1.7. Atributo sabor 54
11.1.8. Atributo apariencia 56
11.1.9. Variable aceptabilidad 58
11.2. Selección del mejor tratamiento 59
12. Impactos (técnicos, sociales, ambientales o económicos) 60

12.1. Técnicos 60
12.2. Sociales 60
12.3. Económicos 61
12.4. Ambientales 61
13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO 62
14. CONCLUSIONES 63
15. RECOMENDACIONES 64
16. BIBLIOGRAFÍA 65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de actividades y sistema de tareas.....5
Tabla 2. *Clasificación taxonómica de la oca (Oxalis tuberosa)* 3
Tabla 3. *Composición fisicoquímica de la oca (Oxalis tuberosa)*.....4
Tabla 4. *Características de los equipos*.....14
Tabla 5. *Formulación de la bebida a base de oca para 1 Litro de producto*.....24
Tabla 6. *Descripción del diseño experimental de la bebida a base de Oca (Oxalis tuberosa)* 28
Tabla 7. *Combinación de tratamientos del diseño experimental* 29
Tabla 8. *Tipos de variables*.....29
Tabla 9. Resultados del análisis fisicoquímico de la oca (*Oxalis tuberosa*) en estado fresco en 100 g 30
Tabla 10. Análisis del recuento microbiológico de la bebida a base de Oca (*Oxalis tuberosa*) 31
Tabla 11. Prueba de Tukey del recuento microbiológico UFC/mL de los días 0, 7 y 14.....32
Tabla 12. Análisis de varianza de los sólidos solubles del día 0, 7, 14, 21 34
Tabla 13. Prueba de Tukey de los sólidos solubles de la combinación de pulpa de oca en las diferentes concentraciones con las dos cepas probióticas en los días 0, 7, 14, 21. 36
Tabla 14. Análisis de varianza del pH del día 0, 7, 14, 21 38
Tabla 15. Prueba de Tukey del pH de la combinación de pulpa de oca en las diferentes concentraciones con las dos cepas probióticas en los días 0, 7 y 14 39
Tabla 16. Análisis de varianza de la acidez titulable del día 0, 7, 14, 21 41
Tabla 17. Prueba de Tukey de la acidez titulable de la combinación de pulpa de oca en las diferentes concentraciones con las dos cepas probióticas en los días 0, 7, 14 y 21. 43
Tabla 18. Análisis de varianza de la turbidez del día 0, 7 y 14 45
Tabla 19. Prueba de Tukey de turbidez de los días 0, 7 y 14. 46
Tabla 20. Análisis de varianza de viscosidad del día 0, 7 y 14 48
Tabla 21. Prueba de Tukey de los días 0, 7 y 14. 49
Tabla 22. Cuadro de análisis de varianza de la variable color 51
Tabla 23. Prueba de Tukey de la variable color 51
Tabla 24. Cuadro de análisis de varianza de la variable olor 52
Tabla 25. Prueba de Tukey de la variable olor 53
Tabla 26. Cuadro de análisis de varianza de la variable sabor 54

Tabla 27. Prueba de Tukey de la variable sabor 54
Tabla 28. Cuadro de análisis de varianza de la variable apariencia 56
Tabla 29. Prueba de Tukey de la variable apariencia 56
Tabla 30. Cuadro de análisis de varianza de la variable aceptabilidad 58
Tabla 31. Prueba de Tukey de la variable aceptabilidad 58
Tabla 32. Tabla de análisis de costos 62

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1. Cambios del recuento microbiológico UFC/mL de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7 y 14) 33
Ilustración 2. Cambios de los sólidos solubles de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7, 14 y 21) 37
Ilustración 3. Cambios del pH de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7, 14 y 21) 40
Ilustración 4. Cambios de la acidez titulable de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7, 14 y 21) 44
Ilustración 5. Cambios de la turbidez de los tratamientos durante el período de evaluación en los días 0, 7 y 14 47
Ilustración 6. Cambios de la viscosidad de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7 y 14) 50
Ilustración 7. Valoración del atributo color obtenida para los tratamientos 52
Ilustración 8. Valoración del atributo olor obtenida para los tratamientos 53
Ilustración 9. Valoración del atributo sabor obtenida para los tratamientos 55
Ilustración 10. Valoración del atributo apariencia obtenida para los tratamientos 57
Ilustración 11. Valoración del atributo aceptabilidad obtenida para los tratamientos 59

Introducción

En los últimos años, el interés por el desarrollo de bebidas a partir de materias primas vegetales ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por la búsqueda de alternativas innovadoras que respondan a las nuevas tendencias de consumo y al aprovechamiento sostenible de los recursos agrícolas. Dentro de este contexto, las bebidas probióticas con incorporación de bacterias ácido lácticas (BAL) representan un campo de investigación de gran relevancia, debido a la necesidad de identificar matrices vegetales que permitan mantener la viabilidad de las bacterias durante el procesamiento y el almacenamiento, garantizando las condiciones necesarias para que el producto conserve sus propiedades microbiológicas (Cuesta et al., 2022). Uno de los principales desafíos tecnológicos consiste en asegurar que las cepas probióticas permanezcan viables en concentraciones entre 10^6 y 10^8 UFC/mL hasta el final de la vida útil del producto, requisito indispensable para que una bebida pueda ser considerada probiótica (Sánchez, 2020).

La mayoría de los productos probióticos comercializados se elaboran a partir de matrices lácteas, como yogures y leches fermentadas. Sin embargo, el desarrollo de bebidas de origen vegetal ha despertado un creciente interés científico debido a la necesidad de diversificar las materias primas utilizadas, ampliar las alternativas disponibles para los consumidores y promover el aprovechamiento de cultivos con potencial agroindustrial. En este sentido, la utilización de materias primas de origen vegetal no solo representa una oportunidad para la innovación en la industria alimentaria, sino también una estrategia para incrementar el valor agregado de especies agrícolas tradicionalmente subutilizadas (Soto et al., 2020).

Ecuador posee una importante diversidad de tubérculos andinos que forman parte del patrimonio agrícola y alimentario del país. Entre ellos, la oca (*Oxalis tuberosa*) destaca por su amplia adaptación a las condiciones agroecológicas de la región andina, su resistencia al cultivo en zonas de altura y su elevado valor nutricional. Este tubérculo constituye una fuente importante de carbohidratos, principalmente almidón, además de aportar vitaminas A, del complejo B y vitamina C, así como minerales esenciales como calcio, fósforo e hierro, los cuales intervienen en diversos procesos metabólicos del organismo (Varas et al., 2026). Asimismo, presenta azúcares solubles y compuestos bioactivos con actividad antioxidante que le confieren características favorables para su utilización en procesos de fermentación (Gualoto et al., 2021).

A pesar de estas propiedades, el aprovechamiento agroindustrial de la oca continúa siendo limitado, destinándose principalmente al consumo en preparaciones tradicionales y a la

comercialización en mercados locales. Esta situación restringe las posibilidades de generar productos con mayor valor agregado y favorece las pérdidas poscosecha ocasionadas por la escasa diversificación de sus aplicaciones industriales (Campoverde & Meneses, 2025). Aunque investigaciones recientes han demostrado la factibilidad de emplear este tubérculo en la elaboración de harinas, snacks, dulces, pastas laminadas y bebidas tipo néctar, aún existe una limitada información sobre su utilización como matriz para el desarrollo de bebidas fermentadas con cepas probióticas, especialmente aquellas elaboradas con *L. acidophilus* y *L. plantarum* (Muenala, 2021).

Considerando este panorama, resulta necesario desarrollar investigaciones que permitan evaluar el comportamiento de estas bacterias en una matriz elaborada a partir de pulpa de oca, así como determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del producto obtenido. La caracterización mediante la determinación de pH, acidez titulable, sólidos solubles, turbidez y viscosidad, complementada con el recuento de bacterias ácido-lácticas viables y la evaluación de atributos sensoriales como color, aroma, sabor y aceptabilidad, proporciona información fundamental para establecer la calidad del producto y valorar su potencial como bebida elaborada con cultivos probióticos (Álvarez, 2021).

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo elaborar una bebida a base de pulpa de oca (*Oxalis tuberosa*) utilizando las cepas *L. acidophilus* y *L. plantarum* y caracterizar sus propiedades físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales. Con ello, se busca generar conocimiento científico que contribuya al aprovechamiento de un cultivo andino de alto valor nutricional mediante el desarrollo de una alternativa con mayor valor agregado, favoreciendo la diversificación de los productos derivados de la oca.

1. Información general

1.1. Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

1.2. Facultada que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

1.3. Carrera que auspicia: Agroindustria

2. Título del Proyecto: Caracterización de una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*)

2.1. Equipo de trabajo

Docente Tutor: Ing. Nancy Fabiola Moreano Terán Mg.

Autor 1: Cholango Farinango Nataly Soraya

Autor 2: Guamba Arteaga Jennyfer Mishell

2.2. Lugar de ejecución: Salache – Latacunga

2.3. Fecha de inicio: Abril 2026

2.4. Fecha de finalización: Agosto 2026

2.5. Línea de investigación: Procesos tecnológicos, bioquímica, biomateriales, desarrollo y seguridad alimentaria.

2.6. Sub línea de investigación: Generación de tecnologías para el desarrollo de productos agroindustriales

3. OBJETIVOS

3.1. General

-Elaborar una bebida fermentada a base de pulpa de oca con microorganismos probióticos.

3.2. Específicos

-Caracterizar la Oca (*Oxalis tuberosa*) como materia prima en estado fresco.

-Formular y estandarizar el proceso de elaboración y fermentación de una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*).

- Cuantificar la viabilidad de las bacterias ácido-lácticas presentes en la bebida probiótica.

-Evaluar los parámetros fisicoquímicos y sensoriales de la bebida probiótica para identificar el tratamiento que presente las mejores características.

4. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. *Cuadro de actividades y sistema de tareas*

OBJETIVO	ACTIVIDAD	METODOLOGÍA	RESULTADOS
Caracterizar la Oca (*Oxalis tuberosa*) como materia prima en estado fresco	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del estado fresco de la Oca (*Oxalis tuberosa*).	Humedad: Método AOAC: 925.10 Proteína: Método Kjeldahl AOAC 978.04 Grasa: Método AOAC: 920.39 Fibra: Método gravimétrico AOAC 985.29 Cenizas: Método AOAC: 923.03 Contenido de almidón: Método AOAC: 996.11 Sólidos solubles: Método AOAC: 932.12	Oca caracterizada.
Formular y estandarizar el proceso de elaboración de una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*)	Obtención de la pulpa de oca (*Oxalis tuberosa*). Formulación base de la bebida Fermentación controlada de la bebida	Método de cocción: a 85°C por 10 minutos (Mora, 2021) Relación de factores Factor A: Concentración de pulpa de oca A_1: 10% A_2: 20% A_3: 30% Factor B: Tipo de cepa probiótica B_1*: L.acidophilus* B_2*: L.plantarum* Activación de cepas probióticas: Acondicionamiento en leche a 37°C por 25 minutos (Según el protocolo del fabricante; (Ferlact biotech, 2026) Incubación de la bebida a 37°C por 12 horas (Akan, 2022)	Formulaciones y tratamientos de las bebidas de oca**.**
Cuantificar la viabilidad de las bacterias ácido-lácticas presentes en la bebida probiótica mediante el recuento microbiológico expresado en unidades formadoras de colonia por mililitro (UFC/mL).	Evaluación microbiológica de bacterias ácido-lácticas	Diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial A×B Recuento de bacterias ácido-lácticas viables mediante técnica de siembra en placa Petrifilm (UFC/mL) (Método alternativo validado frente a la ISO 15214:1998 conforme a AOAC PTM 041701)	Concentración de las bacterias ácido lácticas presentes en todos los tratamientos.
Evaluar los parámetros fisicoquímicos, y sensoriales de la bebida probiótica para identificar el tratamiento que presente las mejores características.	Determinación de parámetros fisicoquímicos de la bebida probiótica Evaluación sensorial mediante escala hedónica Análisis estadístico de los datos obtenidos	Diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial A×B Sólidos solubles: Método AOAC: 932.12 pH: Método AOAC: 981.12 Acidez titulable: Método AOAC: 942.15 Turbidez: Método nefelométrico (Norma ISO 7027-1:2016) Viscosidad: Método viscosimétrico rotacional (ASTM D2196) Evaluación sensorial (Norma ISO 11136:2014) Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) Atributos evaluados: Color, olor, sabor, apariencia, aceptabilidad	Caracterización de la bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*)

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026

5. El problema de investigación

En los últimos años, el mercado global de alimentos ha experimentado un cambio radical impulsado por la creciente demanda que integra nutrición y salud. La población actual no busca únicamente satisfacer su apetito, sino también prevenir y contrarrestar enfermedades crónicas a través de la dieta. Bajo este contexto, las bebidas probióticas que contienen bacterias beneficiosas, como el género *Lactobacillus,* han cobrado una relevancia sin precedentes debido a sus efectos comprobados positivos sobre el microbiota intestinal, el sistema inmunológico y la digestión (Jarro, 2026).

No obstante, el mercado tradicional de probióticos se encuentra ampliamente enfocado en productos de origen lácteo, como el yogur y las leches fermentadas. Frente a esta situación la industria alimentaria enfrenta el desafío de elaborar matrices vegetales, que actúan como vehículos viables para los microorganismos probióticos (Almeida et al., 2024).

En la región andina, y particularmente en Ecuador, existe una biodiversidad agrícola poco explotada con un enorme potencial para mitigar esta situación. Una materia prima relevante es la oca *(Oxalis tuberosa),* un tubérculo ancestral que se destaca por su alto contenido de carbohidratos digeribles, azúcares solubles y compuestos bioactivos con capacidad antioxidante (Castañeda et al., 2022)

Pese a esto propiedades, la oca sufre una limitada transformación agroindustrial y un alto índice de pérdidas postcosecha, restringiendo principalmente al autoconsumo y a mercados locales informales por falta de procesos tecnológicos de valor agregado (Campoverde & Meneses, 2025)

El mayor desafío tecnológico y científico para aprovechar la oca en una bebida probiótica se centra en asegurar la viabilidad celular de los microorganismos. Para que un producto sea clasificado formalmente como probiótico, las cepas de *Lactobacillus* deben mantenerse vivas en una concentración mínima de 10^6 a 10^8 UFC/mL hasta el final de su vida útil (Sánchez, 2020).

5.1. Formulación del problema

¿Cómo influye el tipo de cepa probiótica (*L. acidophilus y L. plantarum*) en las características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de una bebida probiótica elaborada a base de oca (*Oxalis tuberosa*)?

6. Justificación del proyecto

El proyecto surge de la necesidad de desarrollar una bebida probiótica a base de oca *(Oxalis tuberosa)* para dar valor agregado a esta matriz vegetal y mejorar el proceso de producción de la bebida, por esta razón este estudio tiene el propósito de elevar la calidad del producto final, considerando sus propiedades fisicoquímicas (pH, acidez titulable, sólidos solubles, turbidez y viscosidad), microbiológico recuento de las bacterias ácido lácticas (BAL) y atributos sensoriales. (Álvarez, 2021)

En Ecuador se producen diversos tubérculos andinos de gran importancia alimentaria y nutricional, entre los que destacan la papa (*Solanum tuberosum*), la oca (*Oxalis tuberosa*), el melloco (*Ullucus tuberosus*), la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y la jícama andina o jacón (*Smallanthus sonchifolius*). Estos cultivos poseen un elevado valor nutricional y constituyen una parte fundamental del régimen alimentario tradicional de las poblaciones de la región andina. Entre ellos, la oca (*Oxalis tuberosa*) destaca por ser una especie ampliamente cultivada y apreciada debido a su adaptabilidad a condiciones agroecológicas adversas y a su aporte nutricional. Este tubérculo se caracteriza por su contenido significativo de carbohidratos, principalmente almidón, que constituye una importante fuente de energía. Además, aporta vitaminas esenciales como vitamina A, vitaminas del complejo B (B1, B2 y B3) y vitamina C, así como minerales como calcio, fósforo e hierro, los cuales participan en diversos procesos metabólicos y contribuyen al mantenimiento de la salud humana (Varas et al., 2026).

A pesar de sus propiedades nutricionales y su adaptación a las condiciones climáticas de la zona andina, su consumo se condiciona predominantemente a recetas tradicionales, lo que restringe su uso en el desarrollo de productos agroindustriales. Sin embargo, investigaciones recientes demusetran su aplicación en harinas, snacks, dulce de leche, pasta laminada y bebidas tipo néctar, lo que demuestra su aptitud tecnológica para diferentes procesos industriales. (Muenala, 2021)

7. Fundamentación teórica

7.1. (Oxalis tuberosa)

La oca es una base principal de carbohidratos, hierro y calcio, consta de una textura granulosa con dulzor natural. Presenta diversas formas de consumo, constituye materia prima para la elaboración de confituras, panificación y sustratos alcohólicos por fermentación, debido a su enorme contenido de almidón y azúcares (Taipe et al., 2025)

7.1.1. Clasificación taxonómica de la Oca (Oxalis tuberosa)

La ubicación de la oca dentro del sistema botánico, es para facilitar su estudio y diferenciación de otras especies andinas. Este aspecto es importante porque sustenta su descripción como materia prima de interés alimentario y agroindustrial. Además, permite relacionar sus características botánicas con su adaptación a las condiciones de cultivo de la región andina (Rosero et al., 2025).

Tabla 2. *Clasificación taxonómica de la oca (Oxalis tuberosa)*

Oca *(Oxalis tuberosa)*	
Reino	Plantae
División	Equisetophyta
Clase	Equisetopsida
Subclase	Magnolidae
Superorden	Rosanae
Orden	Oxalidales
Familia	Oxalidaceae
Género	Oxalis
Especie	Oxalis tuberosa

Fuente: (Rosero et al., 2025)

7.1.2. Variedades de la oca

La categorización de la oca es muy compleja, ya que en el transcurso del tiempo se han disipado diversas variedades que en la actualidad han dejado de ser cultivadas y no se dispone de sus semillas. Posee excelentes cualidades organolépticas, los cuales presentan diversos colores: amarillo, verde, violeta, rojizo y rosado. Existen por lo menos 50 variedades

Según (Castañeta et al., 2022) determina la clasificación de la oca en el Ecuador de la siguiente manera:

-Oca de raíces amarillentas (también conocida como *zapallo oca*).
-Oca de raíces rojizas azucaradas (referida técnicamente como *Pauccar oca*).
-Oca de raíces carmín o rosáceas (identificada comúnmente como *Oca Sausiri*).
-Oca de raíces moradas (denominada también como *Nigro oca*).

En la presente investigación para la elaboración de una bebida probiótica a base de oca se decidió utilizar la variedad oca amarillas (*zapallo oca*), la cual fue seleccionada por su disponibilidad en la provincia de Cotopaxi.

7.1.3. Composición fisicoquímica de la oca (Oxalis tuberosa)

La oca *(Oxalis tuberosa)* es un tubérculo andino de origen ancestral, fundamental para la dieta local debido a su alto valor nutricional. Predomina por poseer un elevado porcentaje de almidón; además, proporciona fibra, cantidades moderadas de proteína y un nivel bajo de grasas. Dichos atributos la consolidan como un componente energético significativo y un recurso base con viabilidad para el desarrollo de nuevos alimentos. Estos nutrientes, además, contribuyen a mejorar las propiedades de transformación y las características organolépticas de los productos derivados de la oca (*Oxalis tuberosa*) (Acurio et al., 2024).

La composición fisicoquímica de la oca establece parámetros primordiales para examinar la calidad y habilidad tecnológica de la oca (*Oxalis tuberosa*) como insumo en el desarrollo de productos alimenticios. Dentro de los criterios más significativos están el contenido de humedad, los sólidos solubles y las cenizas, los cuales ayudan a determinar factores relacionados con la estabilidad, composición y comportamiento de la oca (*Oxalis tuberosa*) a lo largo del proceso (Hernández et al., 2026).

Tabla 3. *Composición fisicoquímica de la oca (Oxalis tuberosa)*

Composición nutricional	Oca fresca
Proteína	0,9%
Fibra	0,6%
Contenido de almidón	16,1%
Grasa	0,5%
Sólidos solubles	7,7%
Cenizas	5,5%
Humedad	83,2%

Fuente: (Acurio et al., 2024).

7.2. Características de los probióticos

Los probióticos constituyen microorganismos viables, fundamentalmente bacterias y levaduras, que al ser suministrados en dosis apropiadas aportan beneficios a la salud del huésped. Estos pueden adicionarse en matrices alimentarias como bebidas, medicamentos y suplementos dietéticos, conservando su viabilidad en el tracto gastrointestinal. Su rol fundamental consiste en favorecer al equilibrio del microbiota intestinal, ayudando al desarrollo de microorganismos benéficos (Almeida et al., 2024).

Los probióticos se distinguen por su capacidad de adherirse a las células de la mucosa del intestino, compitiendo con agentes patógenos e inhibiendo su colonización. Además, generan sustancias antimicrobianas como bacteriocinas, peróxido de hidrógeno y ácidos orgánicos que promueven el equilibrio del microbiota intestinal. De igual manera, favorecen la producción de ácido láctico, promoviendo el crecimiento de bacterias beneficiosas. (Cevallos 2024)

Las cepas *L. acidophilus* y *L. casei* son los microorganismos probióticos empleados con mayor frecuencia en bebidas probióticas gracias a su capacidad de resistir condiciones gastrointestinales extremas. Su rango térmico óptimo de proliferación se encuentra a 37 °C alcanzando un crecimiento favorable en medios con pH entre 4,0 y 7,0. Del mismo modo, consumen azúcares fermentables para la degradación de carbohidratos como glucosa, fructosa, sacarosa y lactosa, con la finalidad de producir ácido láctico. (Sionek et al. 2024)

7.2.1. Beneficios de los probióticos en la salud

Los probióticos proporcionan ventajas a la salud al ingerir en dosis apropiadas, ya que cumplen una función protectora en relación con los microorganismos patógenos, y además brindan beneficios nutricionales. Del mismo modo, favorecen el bienestar gracias a su inclusión en alimentos bioactivos y complementos nutricionales. También ayudan en la prevención y disminución de enfermedades, principalmente gastrointestinales. (Corrales & Arias, 2020)

7.2.2. Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) constituyen un grupo específico de microorganismos Gram-positivos que carece forma de esporas, son estáticos y anaerobios facultativos, identificados por generar ácido láctico como resultado de la fermentación de sacáridos. Su condición de microorganismos benéficos les otorga la calificación de seguros (GRAS). Esto se atribuye a su imposibilidad de sintetizar toxinas, su alta viabilidad en el tracto digestivo y su capacidad para inhibir cepas patógenas mediante agentes inhibidores. (Abdul et al, 2023)

7.2.3. Criterios para alimentos probióticos

Una bebida se reconoce como probiótica cuando contiene microorganismos vivos en cantidades suficientes para generar beneficios para la salud del consumidor. Múltiples investigaciones establecen que el producto debe conservarse al menos entre 10^6 y 10^8 UFC/mL hasta el punto de su consumo para asegurar su funcionalidad. Si el contenido es inferior a estos niveles, la bebida puede perder su condición probiótica. Este criterio es uno de los más empleados para analizar la pureza y la efectividad de bebidas fermentadas. (Binda et al. 2020)

Los microorganismos probióticos deben mantenerse vivos a lo largo de la vida útil del producto. La disminución de viabilidad durante la conservación reduce los beneficios deseados para la salud después de 7 a 21 días. Por ello, los estudios sobre bebidas probióticas suelen presentar periódicamente el recuento de microorganismos durante la refrigeración para verificar su durabilidad. (Guerrero, 2022)

El pH y la acidez son parámetros cruciales para la estabilidad de una bebida probiótica; el pH debe ajustarse entre 3,7 a 4,6, ya que influyen en la resistencia de las bacterias ácido lácticas. Durante la fermentación ocurre una reducción del pH debido a la obtención de ácidos orgánicos, lo que favorece al mantenimiento del producto y disminuye el crecimiento de microorganismos indeseables. (Cevallos 2024)

7.2.4. Viabilidad y supervivencia en alimentos

Para asegurar el impacto tecnológico positivo de las bacterias ácido lácticas (BAL) inoculadas en leche, es un requerimiento biológico que preserven una viabilidad mínima de (107 UFC/mL) hasta el preciso instante de la ingesta. La viabilidad celular está condicionada por el control de temperatura durante la conservación, exigiendo refrigeración a 4 °C para inhibir la acidificación secundaria, un proceso que deteriora la membrana citoplasmática bacteriana. Este fenómeno funciona como un vehículo protector estructural; evita que el pH bajo degrade y desestabilice a las comunidades celulares. (Morales et al, 2023)

7.3. Microorganismos probióticos utilizados para la elaboración de una bebida probiótica a base de oca (*oxalis tuberosa*)

7.3.1. *Lactobacillus acidophilus*

La cepa probiótica *L. acidophilus* fermenta carbohidratos como glucosa, maltosa, galactosa y lactosa mediante la glucólisis, produciendo ácido láctico y ATP. Puede desarrollarse en condiciones microaerófilas o anaerobias, con crecimiento óptimo entre 30 y 45 °C y en medios

de pH 4,0–5,5. Durante la fermentación, consume azúcares de la matriz, lo que provoca una disminución de sólidos solubles y del pH. En bebidas probióticas, su viabilidad suele evaluarse por el recuento celular, considerándose adecuado mantener concentraciones mínimas de 10^{6}–10^{8} UFC/mL al final de la vida útil. En condiciones favorables, esta cepa puede superar recuentos de 10^{11} UFC/mL tras la fermentación (Gonzáles et al, 2025).

Respecto al metabolismo lipídico, *L. acidophilus* no utiliza los lípidos como fuente principal de energía, pero estos son esenciales en la estructura de su membrana celular. Los ácidos grasos y fosfolípidos favorecen la resistencia frente a variaciones de temperatura, pH y estrés osmótico, permitiendo la supervivencia de la bacteria en medios fermentados. Esta estabilidad estructural le ayuda a tolerar la acidificación progresiva de la bebida durante el proceso fermentativo. En matrices fermentadas se ha reportado un descenso del pH de 5,7 a 4,2 en 48 horas, acompañado de un aumento de la acidez titulable de 0,37 % a 1,34 % de ácido láctico. Estos cambios reflejan la actividad metabólica de la cepa y su capacidad para acidificar el medio (Corrales & Arias, 2020)

L. acidophilus aporta beneficios a la salud al contribuir al equilibrio del microbiota intestinal, mejorar la digestión y favorecer la absorción de nutrientes. Además, la producción de ácido láctico y compuestos antimicrobianos limita el crecimiento de microorganismos patógenos en el tracto gastrointestinal. Su capacidad de adherirse a la mucosa intestinal prolonga su permanencia y potencia su acción probiótica. Desde el punto de vista tecnológico, se ha reportado que puede alcanzar aproximadamente 3,0 * 10^{8} UFC/mL al finalizar la fermentación y mantenerse en 2,1 *10^{8} UFC/mL después de 28 días de almacenamiento. Por ello, esta cepa es de gran interés en la formulación de bebidas fermentadas funcionales (Díaz et al, 2022).

7.3.2. *Lactobacillus plantarum*

Es una bacteria ácido láctica Gram positiva, no esporulada, con morfología bacilar corta o cocobacilar, catalasa negativa y de metabolismo predominantemente homofermentativo. Esta cepa es considerada segura y ampliamente utilizada en la fermentación de matrices lácteas y vegetales debido a su capacidad de adaptarse a medios ácidos, metabolizar azúcares y producir ácido láctico, lo que favorece la conservación y estabilidad microbiológica del alimento. En bebidas probióticas, su desempeño se evalúa principalmente mediante el recuento de células viables, expresado en unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL), así como por los cambios en pH, acidez titulable y sólidos solubles durante la fermentación. Diversos estudios indican que, para que una bebida mantenga su funcionalidad probiótica, el cultivo debe

conservar poblaciones viables cercanas o superiores a 10^6–10^7 UFC/mL al momento del consumo. Además, *L. plantarum* presenta interés biotecnológico por su efecto antagonista frente a microorganismos patógenos, su contribución a la biopreservación y su potencial en el desarrollo de bebidas fermentadas no lácteas de origen vegetal (Vinueza, 2024).

7.4. Fermentación en bebidas probióticos

La fermentación es una vía metabólica en la que los microorganismos transforman hidratos de carbono, como azúcares y almidones, en ácidos o alcoholes. Particularmente, en la fermentación láctica se procesan azúcares simples de seis carbonos (como la glucosa) y disacáridos (como la lactosa y la sacarosa) para producir energía a nivel celular y lactato como residuo metabólico (Ramos et al., 2025).

7.4.1. Tipos de fermentación

Dentro de los procesos biotecnológicos de la industria de alimentos destacan tres modalidades principales de fermentación: alcohólica, acética y láctica. Mientras que las levaduras llevan a cabo la vía alcohólica produciendo etanol y CO2, las bacterias acéticas oxidan este alcohol para transformarlo en ácido acético. Asimismo, las bacterias ácido lácticas metabolizan los hidratos de carbono en ácido láctico. Debido a sus ventajas en la preservación de la estabilidad microbiológica y en la potenciación de las propiedades funcionales, la vía láctea constituye la metodología más extendida para elaborar bebidas probiótico. (Gustaw, 2021).

En la presente investigación, la fermentación láctica predomina en el proceso de elaboración de la bebida, teniendo claro que la cepa *L. acidophilus* es una bacteria ácido láctica homofermentativa, mientras que la cepa *L. plantarum* es una bacteria ácido láctica facultativa heterofermentativa. Ambas cepas metabolizan los carbohidratos produciendo ácido láctico, el producto que se obtiene es una bebida probiótica.

7.5. Bebidas probióticas de origen vegetal

Una bebida probiótica es considerada cuando se encuentra fermentada por las bacterias ácido-lácticas, sin embargo, no todas son descritas como probióticas. Para ser enmarcadas como tales, deben crecer a un pH menor a 4,8, permanecer viable en el tracto gastrointestinal, resistir a las sales biliares y cumplir con el control sobre bacterias patógenas. Las bacterias que cumplen estas características se describen como probióticos tradicionales y suelen derivarse de alimentos fermentados o no fermentados (Pacheco et al.,2023).

Las bebidas probióticas de origen vegetal son productos procesados a partir de materias primas como frutas, cereales, pseudocereales, legumbres y tubérculos, a las que se adicionan microorganismos probióticos vivos capaces de ofrecer beneficios a la salud. Bebidas como el tepache, el chucrut y la kombucha han surgido como un sustituto de los productos lácteos. Además, se conoce que las matrices vegetales aportan nutrientes y fibra que favorecen la supervivencia de los probióticos (Almeida et al., 2024)

7.5.1. Tepache

El tepache es una bebida artesanal mexicana elaborada con cáscara de piña, agua y azúcar morena, fermentada de forma espontánea por bacterias ácido lácticas, levaduras y bacterias acéticas. Durante su fermentación, que suele durar entre 24 y 72 horas, se producen cambios físicos, químicos importantes que evidencian la actividad microbiana en la bebida. Entre ellos, se ha reportado una disminución de los azúcares totales de 123,43 a 84,70 g/L y un contenido final de 9,5 °Brix, debido al consumo de sustratos fermentables. Asimismo, se registra un incremento de los ácidos orgánicos, principalmente ácido láctico de 1,42 a 8,77 g/L y ácido acético de 0,38 a 0,54 g/L, lo que contribuye al descenso del pH y al aumento de la acidez titulable. En el tepache predominan microorganismos como *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc y Acetobacter*, además de cepas con potencial probiótico (Gutiérrez et al., 2022).

7.5.2. Chucrut

Un probiótico vegetal ampliamente consumido en Europa Central, especialmente en Alemania y Polonia, es el chucrut, obtenido por la fermentación espontánea de la col en presencia de aproximadamente 2 % de sal, lo que favorece el desarrollo de bacterias ácido lácticas. Durante este proceso predominan microorganismos como *L. mesenteroides*, *L. plantarum* y *L. brevis*, responsables de la producción de ácido láctico y ácido acético. A nivel fisicoquímico, la fermentación provoca una disminución progresiva del pH de 5,87 a 3,36 en 42 días, junto con un aumento de la acidez titulable de 0,91 a 16,9 mL de NaOH 0,1 M/10 g de materia seca. Además, los azúcares de la col son metabolizados, observándose una reducción de la glucosa de 217,9 a 124,4 mg/g de materia seca al final del proceso. Estos cambios acidifican el medio, prolongan la vida útil y mejoran la seguridad microbiológica del alimento al inhibir microorganismos alterantes y patógenos. Asimismo, la fermentación favorece la síntesis o liberación de compuestos bioactivos y vitaminas del complejo B, como folato (B9) y riboflavina (B2), además de compuestos derivados de glucosinolatos con potencial funcional. Por ello, el chucrut se considera una matriz vegetal fermentada con valor probiótico, nutricional y tecnológico (Almeida et al., 2024).

7.5.3. Kombucha

La kombucha es una bebida fermentada elaborada a partir de té endulzado de *Camellia sinensis* inoculado con un cultivo simbiótico de bacterias y levaduras (SCOBY), conformado principalmente por bacterias acéticas y levaduras osmófilas. Durante la fermentación, que suele desarrollarse entre 7 y 15 días a temperaturas cercanas a 23–28 °C, los microorganismos transforman la sacarosa en diversos compuestos bioactivos y metabolitos orgánicos. Entre los cambios fisicoquímicos más relevantes se encuentra la disminución del pH desde 3,47 hasta 2,96, acompañada por un aumento de la acidez titulable y de los ácidos orgánicos, principalmente ácido acético, glucónico y, en menor proporción, láctico. Asimismo, el contenido de sólidos solubles (°Brix) disminuye a medida que avanza la fermentación por el consumo de azúcares por parte del consorcio microbiano. La bebida también contiene polifenoles provenientes del té, aminoácidos, vitaminas hidrosolubles, etanol en baja concentración y otros compuestos con potencial antioxidante y antimicrobiano. Desde el punto de vista microbiológico, la viabilidad de los microorganismos es importante para conservar su funcionalidad, considerándose adecuada cuando se mantienen poblaciones cercanas o superiores a 10^5 - 10^6 UFC/mL al final del proceso o durante el almacenamiento. Por ello, la kombucha se reconoce como una matriz fermentada con valor tecnológico y funcional, en la que la interacción entre bacterias y levaduras determina tanto la calidad fisicoquímica como el potencial probiótico de la bebida (Dantas et al, 2020).

7.6. Insumos e ingredientes para elaboración de bebidas probiótica

7.6.1. Canela

La canela se incorpora a la bebida como saborizante natural para mejorar el aroma y la aceptabilidad sensorial. Además, contiene compuestos fenólicos como el cinamaldehído, reconocido por su actividad antioxidante y antimicrobiana, que pueden contribuir a la estabilidad de la bebida (Ríos, 2023).

7.6.2. Clavo de olor

El clavo de olor contiene propiedades antibacterianas, antiinflamatorias, expectorantes, antiespasmódicas, antioxidantes, vasodilatadoras. Además, contiene nutrientes como vitamina A, vitamina E y betacarotenos lo que ayuda a combatir algunas infecciones, aliviar molestias y dolores, mejorar la digestión y disminuir la tos (Reis, 2026).

7.6.3. Panela

La panela se produce a partir de la caña de azúcar en pequeñas fábricas rurales llamadas "trapiches". A diferencia del azúcar refinado, la panela se distingue no solo por su apariencia, sino también por su composición; además de sacarosa contiene glucosa, fructosa, diversos minerales, lípidos, compuestos proteicos y vitaminas. Esta mezcla nutricional más variada convierte a la panela en un alimento más completo que el azúcar convencional (García et al, 2018).

7.7. Aditivos utilizados en la bebida a base de oca

7.7.1. CMC

La CMC es un hidrocoloide que actúa como espesante y estabilizante; su papel principal consiste en incrementar la viscosidad y prevenir la sedimentación de partículas, lo que mejora la textura y la estabilidad física de la bebida durante su almacenamiento (Phillips & Williams, 2021).

7.7.2. Goma xantana

La goma xantana es un polisacárido utilizado como espesante y estabilizante; con concentraciones bajas aumenta la viscosidad, impide la separación de fases y contribuye a mantener la uniformidad del producto durante su almacenamiento (Mudgil & Barak, 2013).

7.7.3. Ácido cítrico

El ácido cítrico es un compuesto orgánico acidificante con acción estabilizante, utilizado para corregir la acidez y el sabor, mejorar el color y regular el pH. Además, puede actuar como emulsionante. Aunque su principal uso es como acidulante, también se emplea como agente secuestrante de iones metálicos, contribuyendo a prevenir la aparición de sabores y olores extraños en los alimentos (Juvin, 2021).

7.7.4. Sorbato de potasio

Son agentes antifúngicos, antimicrobianos que tienen la habilidad de prolongar o prevenir el desarrollo de microorganismos como bacterias, hongos y moho gracias a que favorecen a la acidez que ayudan a disminuir el agua, por lo que se usan con frecuencia como conservantes fungicidas y bactericidas, con elevada eficacia, seguridad, que al usarlo conservan características como la textura, el color, el sabor y el valor nutritivo de los alimentos (Alimentos, 2022).

8. Metodología del proceso de investigación

8.1. Investigación aplicada

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se orientó al uso de conocimientos científicos y tecnológicos para la elaboración de una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*). Este tipo de investigación busca dar respuesta a una necesidad concreta mediante el desarrollo de un producto con potencial funcional, a partir del aprovechamiento de una materia prima andina subutilizada (Moreno, 2022).

8.1.1. Investigación bibliográfica

Se fundamenta en la búsqueda, sistematización, análisis e interpretación de datos experimentales y de fuentes documentales, como artículos científicos, tesis y otros documentos. Su objetivo es registrar conocimientos, antecedentes e información que sirvan de base para el desarrollo de una investigación científica. En el presente estudio, esta metodología se aplicó a la caracterización de una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*) (Jiménez, 2020).

8.1.2. Investigación descriptiva

La investigación descriptiva tiene por objetivo caracterizar parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales de la bebida probiótica elaborada a base de oca (*Oxalis tuberosa*). Mediante este enfoque se describieron variables como pH, acidez titulable, sólidos solubles, recuento de bacterias ácido lácticas y aceptación sensorial, con el fin de conocer el comportamiento del producto durante su formulación (Guevara et al, 2020).

8.1.3. Investigación exploratoria

La investigación exploratoria permite obtener información preliminar sobre problemas poco estudiados y tiene como objetivo generar antecedentes que sirvan de base para estudios más específicos. En este trabajo, la fase exploratoria facilitó la caracterización inicial de una bebida probiótica elaborada a partir de oca (*Oxalis tuberosa*) (Ramos, 2020).

8.1.4. Métodos de investigación

8.1.5. Método científico

El método científico se empleó en la caracterización de una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*) mediante un proceso sistemático de observación, recolección y análisis de datos. Su aplicación permitió evaluar las propiedades fisicoquímicas (sólidos solubles, pH, acidez titulable, turbidez y viscosidad), microbiológicas (recuento microbiológico UFC/ml) y

sensoriales (color, olor, sabor, apariencia, aceptabilidad) de la bebida (Chicaiza & Ilaquiche, 2024).

8.1.6. Método inductivo

El método inductivo permitió obtener conclusiones a partir de los resultados de la caracterización de la bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*). Mediante la observación y el análisis de los datos experimentales se determinó el comportamiento de las variables estudiadas. (Pérez, 2024).

8.2. Técnicas de investigación

8.2.1. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica permitió recopilar y sistematizar información científica sobre la oca (*Oxalis tuberosa*), los microorganismos probióticos y las bebidas probióticas. Esta técnica proporcionó las bases teóricas necesarias para sustentar el desarrollo de la investigación (Ñaupas et al, 2024).

8.2.2. Registro de datos

El registro permitió estructurar de manera sistemática los datos obtenidos durante los análisis fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de la bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*), facilitando su interpretación (Cabezas et al., 2024).

8.2.3. Revisión bibliográfica

La revisión bibliográfica permitió recopilar y sistematizar información científica sobre la oca (*Oxalis tuberosa*), los microorganismos probióticos y las bebidas probióticas. Esta técnica proporcionó las bases teóricas necesarias para sustentar el desarrollo de la investigación (Ñaupas et al, 2024).

8.3. Materiales, reactivos y equipos

8.3.1. Materiales

Oca fresca

Leche

Vasos de precipitación de 500 ml

Ollas de acero inoxidable

Colador

Frascos herméticos de 1000 ml

8.3.2. Reactivos

Enzima α-amilasa

Hidróxido de sodio 0,01 N

Agua destilada

CMC (Carboximetilcelulosa)

Fosfato de sodio

Goma Xantan

Sorbato de potasio

8.3.3. Equipos

Balanza analítica

Estufa

Crisol

Termometro

Potenciómetro

Refractómetro

Incubadora

Cocineta

Licuadora

Tabla 4. *Características de los equipos*

Equipo	Modelo	Capacidad
Estufa	Memmert UN55	53L
Balanza digital	Tcs – 150 – ZE21	2,20 lb
Crisol	Porcelana Coors	30 mL

Termómetro	Hanna HI98509	-50 a 150 °C
Potenciómetro	Hanna HI2211	10,00 - 14,00
Refractómetro	Atago PAL-1	0 - 85 °Brix
Incubadora	Memmert IN55	53 L
Cocineta	Eléctrica	1500 W
Licuadora	Oster Industrial	25,00 L

8.4. Metodología de caracterización de la materia prima en estado fresco

La oca fue adquirida en la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga, mercado cerrado, adquirimos medio quintal de tubérculo previo a ser utilizado.

8.4.1. Determinación de humedad por el método: AOAC 925.10

La determinación de humedad se realizó mediante el método gravimétrico de secado en estufa. Se pesaron aproximadamente 5,00 g de muestra fresca en cápsulas previamente taradas. Las muestras fueron colocadas en estufa a 105 °C hasta alcanzar peso constante. Posteriormente, fueron enfriadas en desecador y pesadas nuevamente.

El contenido de humedad se determinó por la diferencia de peso entre la muestra inicial y la muestra seca, expresándose en porcentaje en la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Contenido de humedad

$$\text{Humedad } (\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

Pi = peso inicial de la muestra (g).
Pf = peso final de la muestra después del secado (g).

8.4.2. Determinación de proteína cruda (kjeldahl) por el método: AOAC 978.04

La determinación de proteína cruda se realizó mediante el método Kjeldahl, siguiendo la metodología AOAC 978.04. Se pesaron aproximadamente 1g de muestra previamente homogeneizada en un matraz de digestión. Posteriormente, se adicionó ácido sulfúrico concentrado junto con un catalizador de digestión, procediendo a la digestión a temperatura controlada hasta obtener una solución clara. Luego de la digestión, el extracto se enfrió y se procedió a la neutralización mediante la adición de hidróxido de sodio (NaOH) al 40%,

liberando el amoníaco (NH_3), el cual fue destilado y capturado en una solución de ácido bórico. (Rodríguez et al, 2020)

Finalmente, el amoníaco retenido fue cuantificado mediante titulación con ácido clorhídrico estándar. El contenido de nitrógeno obtenido fue convertido a proteína cruda utilizando un factor de conversión de 6,25. El porcentaje de proteína se calculó mediante la ecuación.

Ecuación 2. Contenido de proteína

$$\text{Proteína } (\%) = \text{N } (\%) \times 6,25 \tag{2}$$

Donde:

Proteína (%) = contenido de proteína de la muestra.
N (%) = porcentaje de nitrógeno total determinado por el método Kjeldahl.
6,25 = factor de conversión de nitrógeno a proteína.

8.4.3. Determinación de grasa (soxhlet) por el método: AOAC 920.39

La determinación de grasa se realizó mediante el método de extracción Soxhlet, siguiendo la metodología AOAC 920.39. Se pesaron aproximadamente 2g de muestra seca y molida, la cual fue colocada en un cartucho de celulosa.

La extracción se llevó a cabo utilizando como solvente éter de petróleo durante un tiempo aproximado de 6 horas de reflujo continuo. Finalizada la extracción, el solvente fué evaporado y el residuo graso obtenido fue secado en estufa hasta un peso constante. El contenido de grasa se expresó como porcentaje de la masa inicial de la muestra. El porcentaje de grasa se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 3. Contenido de grasa

$$\text{Grasa } (\%) = \frac{P_g}{P_m} \times 100 \tag{3}$$

Donde:

Pg = peso de la grasa extraída (g).
Pm = peso inicial de la muestra (g).

8.4.4. Determinación de fibra cruda por el método: AOAC 985.29

La determinación de fibra cruda se realizó siguiendo el método AOAC 978.04. Para ello, se pesaron aproximadamente 2g de muestra seca y desengrasada, la cual fue sometida a digestión secuencial con ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1,25% y posteriormente con hidróxido de sodio (NaOH) 1,25%, bajo condiciones de calentamiento controlado y agitación constante.

Finalizadas las digestiones, el residuo obtenido fue filtrado, lavado con agua caliente hasta neutralidad y secado en estufa a temperatura constante. Posteriormente, el residuo seco fue incinerado en mufla a 550 °C para la determinación de cenizas. El contenido de fibra cruda se calculó por diferencia de peso entre el residuo seco antes y después de la incineración. El cálculo porcentual de la fibra cruda se realizó utilizando la siguiente ecuación química-analítica:

Ecuación 4. Contenido de fibra

$$\text{Fibra}\ (\%) = \frac{P_r - P_c}{P_m} \times 100 \tag{4}$$

Donde:

Pr = peso del residuo seco (g).
Pc = peso de las cenizas obtenidas del residuo (g).
Pm = peso inicial de la muestra (g).

8.4.5. Determinación de cenizas por el método: AOAC 923.03

La determinación de cenizas se realizó mediante incineración directa siguiendo el método AOAC 923.03. Se pesaron aproximadamente 2g de muestra previamente secada en un crisol tarado. La muestra fue sometida a carbonización inicial en mechero y posteriormente incinerada en mufla a 550 °C durante 4 a 6 horas hasta obtener un residuo blanco o gris claro.

El crisol fue enfriado en desecador y pesado hasta obtener peso constante. El contenido de cenizas se calculó por diferencia de masa mediante la ecuación:

Ecuación 5. Contenido de cenizas

$$\text{Cenizas}\ (\%) = \frac{P_c}{P_m} \times 100 \tag{5}$$

Donde:

Pc = peso del residuo mineral o cenizas (g).
Pm = peso inicial de la muestra (g).

8.4.6. Determinación de almidón por el método: AOAC 996.11

El contenido de almidón se determinó mediante el método AOAC 996.11, basado en la hidrólisis enzimática del almidón presente en la muestra. Inicialmente, la muestra fue sometida a gelatinización y posterior tratamiento con α-amilasa termoestable y amiloglucosidasa para convertir el almidón en glucosa. La concentración de glucosa obtenida fue determinada mediante la ecuación.

Ecuación 6. Contenido de almidón

$$\%\text{Almidón} = \frac{W_1 - W_2}{\text{Peso de la muestra}} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

W_1 = peso del tubo o recipiente con el residuo después del análisis (g).
W_2 = peso del tubo o recipiente vacío (tara) (g).
Peso de la muestra = masa inicial de la muestra analizada (g).
100 = factor de conversión para expresar el resultado en porcentaje.

Una vez obtenida la cantidad de glucosa liberada durante la hidrólisis enzimática, se calculó el porcentaje de almidón mediante la ecuación 4. El contenido de almidón se determinó gravimétricamente a partir de la diferencia entre el peso final del residuo obtenido y el peso del recipiente vacío, en relación con el peso inicial de la muestra analizada.

Ecuación 7. Contenido de glucosa

$$S_i = \frac{(G_i - G_0) + (G_{i-1} - G_0)}{2} \cdot \Delta t \quad (7)$$

Donde:

S_i = área parcial bajo la curva de glucosa.
G_i = concentración de glucosa en el tiempo inicial.
G_{i-1} = concentración de glucosa en el tiempo anterior.

G_0 = concentración inicial de glucosa.

Δt = intervalo de tiempo entre mediciones.

8.4.7. Determinación de sólidos solubles totales por medio de refractometría

La determinación de sólidos solubles totales se realizó mediante refractometría, siguiendo el método AOAC 932.12. Se pesaron aproximadamente 10 g de muestra de oca fresca, la cual fue triturada y filtrada para obtener el extracto líquido. El refractómetro digital, con un rango de medición de 0 a 85 °Brix y una precisión de ±0,2 °Brix**,** fue calibrado previamente con agua destilada a 20 °C. Posteriormente, se colocó una gota del filtrado sobre el prisma del equipo, realizando la lectura directa en grados °Brix. Las mediciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron como el promedio de las lecturas obtenidas.

8.5. Metodología para la extracción de la pulpa de oca (*Oxalis tuberosa*): (Mora, 2021) primero va este después el 8.5

8.5.1. Recepción y selección de la materia prima

Se receptó 1kg de oca posterior a esto, la oca (*Oxalis tuberosa*) se sometió a una evaluación visual, en el cual se verificó que se encontrara libre de daños físicos y microbiológicos visibles. Este procedimiento garantizó que la materia prima cumpliera con los estándares de calidad requeridos, evitando alteraciones en las características físico-químicas u organolépticas finales del producto.

8.5.2. Lavado:

La oca (*Oxalis tuberosa*) seleccionada se lavó minuciosamente con agua potable con el objetivo de eliminar tierra, impurezas y cualquier residuo extraño adherido a la superficie externa después de este lavado la cantidad de oca se disminuyó a 990g.

8.5.3. Cocción:

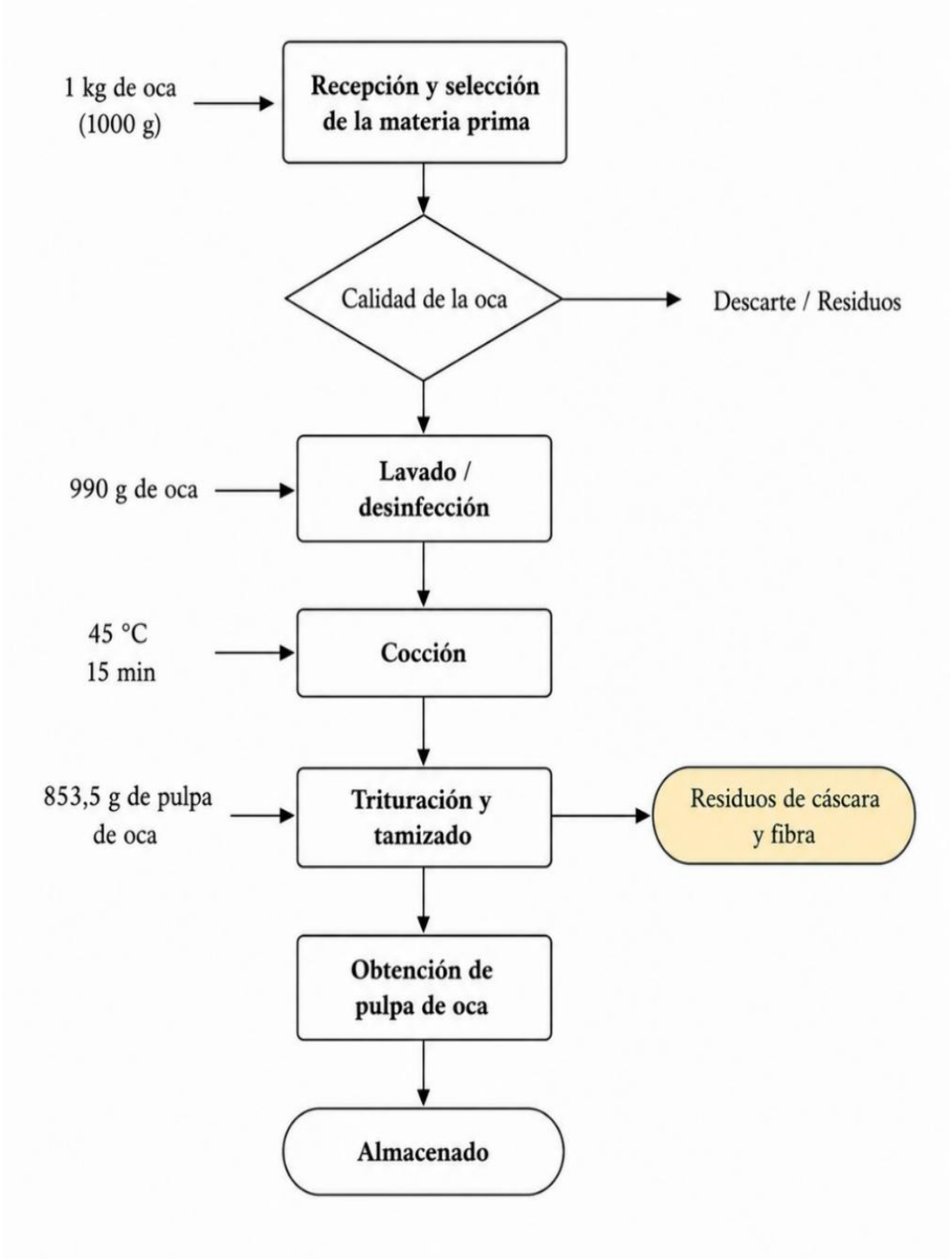
La oca (*Oxalis tuberosa*) se sometió a un proceso de tratamiento térmico por inmersión en agua potable a una temperatura controlada de 45 °C durante un periodo de 15 minutos; esta operación se realizó con la finalidad de promover la gelatinización parcial del almidón e inducir la inactivación térmica de los sistemas enzimáticos nativos.

8.5.4. Trituración y Tamizado:

Finalmente, la oca (*Oxalis tuberosa*) cocida se transfirió a una etapa de licuado mecánico para su homogeneización, seguida de un proceso de filtración a través de un tamiz de malla fina de

1mm., permitiendo separar el mosto, obteniendo una pulpa de oca de textura uniforme apta para la formulación, en este paso la cantidad de materia prima se disminuyó a 853,5g.

Diagrama de flujo 1. Obtención de la pulpa de oca (*Oxalis tuberosa*)



8.6. Metodología del proceso de elaboración de una bebida a base de oca (*Oxalis tuberosa*)

8.6.1. Formulación de la bebida

La bebida a base de oca (*Oxalis tuberosa*) fue formulada de acuerdo con un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3*2, donde el Factor A estuvo representado por la concentración de pulpa de oca (10 %, 20 % y 30 %), mientras que el Factor B estuvo representado por el tipo de cepa (*L. acidophilus* y *L. plantarum*). Para ello, se prepararon tres formulaciones diferenciadas únicamente por la concentración de pulpa de oca; la formulación al 10 % se elaboró con 103,7 g de pulpa de oca y 795,8 g de agua, la formulación al 20 % con 207,4 g de pulpa y 695,8 g de agua, mientras que la formulación al 30 % se preparó con 311,1 g de pulpa y 595,8 g de agua. En todas las formulaciones se mantuvieron constantes las cantidades de los demás ingredientes, incorporándose 90,47 g de panela molida, 3 g de canela, 0,5 g de clavo de olor, 0,01 g de carboximetilcelulosa (CMC), 0,01 g de goma xantana, 0,02 g de ácido cítrico y 0,1 g de sorbato de potasio. La composición de cada una de las formulaciones se presenta en la Tabla 5.

8.6.2. Tratamiento enzimático con α-amilasa a la bebida

Cada una de las formulaciones de la bebida de oca fue sometida a un tratamiento enzimático con el fin de hidrolizar parcialmente el almidón presente en la materia prima. Para ello, la mezcla se calentó hasta alcanzar una temperatura de 60 °C, tras lo cual se adicionaron 1,5 mL de α-amilasa. Posteriormente, la preparación se mantuvo bajo agitación constante durante 50 minutos para favorecer la acción de la enzima sobre los polisacáridos presentes en la oca. Finalizado el tratamiento enzimático, la mezcla fue sometida a la inactivación de la α-amilasa mediante calentamiento a 90°C durante 5 minutos, posteriormente se enfrió hasta 37°C para proceder con la inoculación de las cepas probióticas y el proceso de fermentación.

8.6.3. Activación del inóculo

Para la activación de las bacterias ácido lácticas (BAL), se empleó una matriz láctea (leche) como sustrato de activación. Se utilizó leche entera, la cual fue sometida a un tratamiento térmico de pasteurización a 85 °C durante 15 segundos para la eliminación de microorganismos. Una vez enfriado a 37° C el sustrato lácteo, se procedió a la inoculación individual de las cepas puras de *L. acidophilus* y *L. plantarum* en una proporción cuantitativa de 0.02 g de cepa liofilizada por cada 100 mL de leche. (en base a la instrucción de la cepa comercial) Los sistemas inoculados se trasladaron a una cámara de incubación regulada a 37 °C durante un

tiempo de 25 minutos logrando una activación metabólica óptima previo a su incorporación en la mezcla base de oca. (Ferlact biotech, 2026)

8.6.4. Inoculación

La base de la bebida de oca se estabilizó térmicamente a 37 °C. Posteriormente, se adicionó el inóculo lácteo activado en los tres niveles de concentración de pulpa correspondientes al Factor A (10%, 20% y 30%). Se procedió a agitar para asegurar la distribución homogénea de las cepas probióticas, aditivos e ingredientes en toda la bebida.

8.6.5. Fermentación controlada

Las unidades experimentales se incubaron a una temperatura constante de 37°C durante 12 horas. El proceso fermentativo se monitoreó mediante la determinación periódica de pH, estableciéndose como criterio de finalización el alcance de un valor de 4,5. Una vez concluida la fermentación, los tratamientos fueron refrigerados a 4°C para su almacenamiento y posterior evaluación de las propiedades físico, químicas, microbiológicas y sensoriales. (Akan, 2022)

8.6.6. Envasado

Finalmente, la bebida se dosificó de manera aséptica en envases de vidrio con una capacidad volumétrica de 1000 mL, procediendo al sellado hermético inmediato para conservar las condiciones microaerofílicas del producto.

8.6.7. Almacenamiento y estudio de vida útil

Los envases sellados se almacenaron bajo condiciones de refrigeración a una temperatura controlada de 4 °C. El producto final se mantuvo en estas condiciones durante un periodo cronológico de 3 semanas, con la finalidad de evaluar la estabilidad físico, química y la supervivencia de los microorganismos probióticos.

Diagrama de flujo 2. Elaboración de una bebida a base de oca *(Oxalis tuberosa)* con *L. acidophilus y L. plantarum*

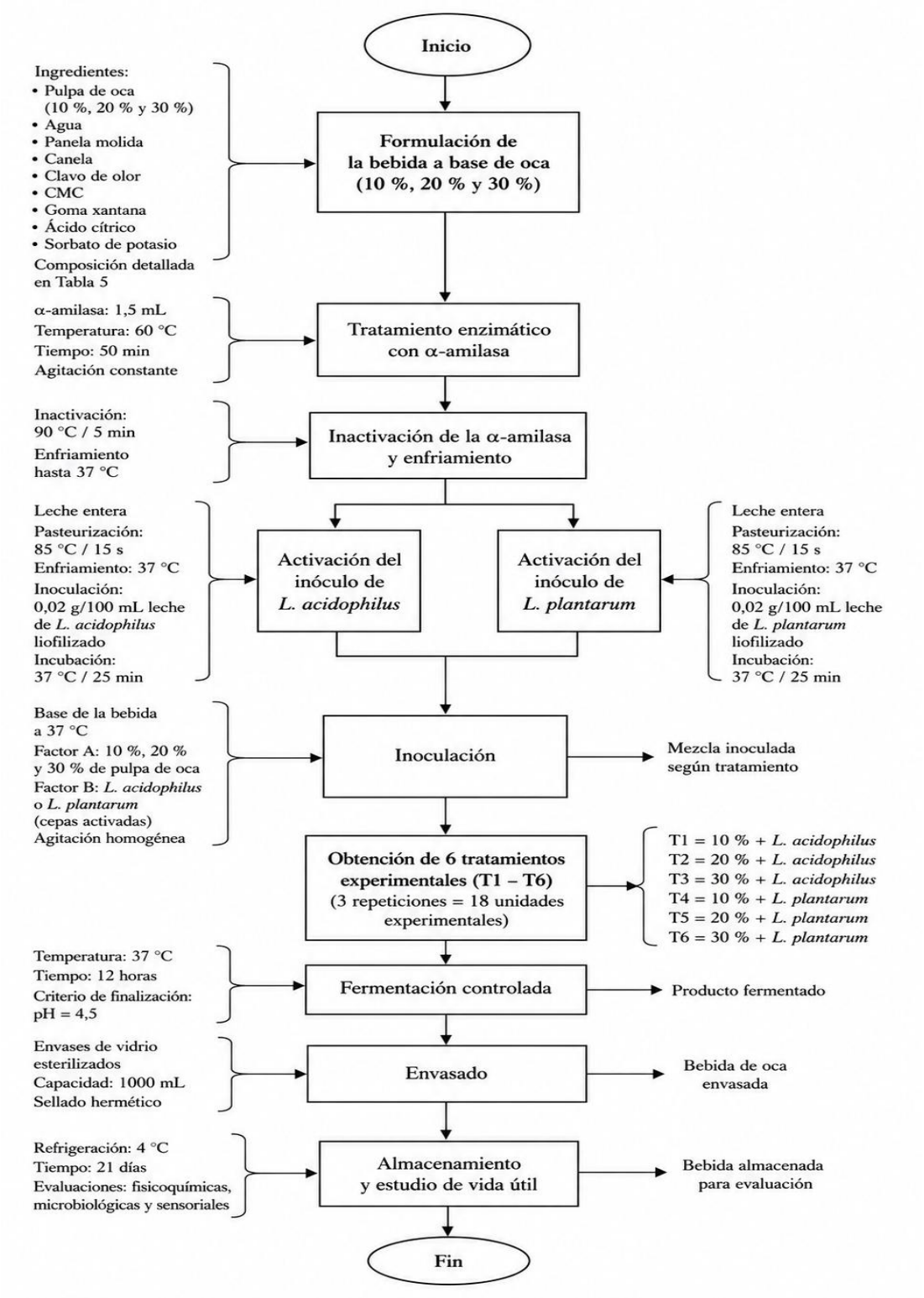


Tabla 5. *Formulación de la bebida a base de oca para 1 Litro de producto*

Insumos	**t_1 (10%)**	**t_2 (20%)**	**t_3 (30%)**
Pulpa de oca	103,7 g	207,4 g	311,1g
Agua	795,8 g	695, 8 g	595,8 g
Panela molida	90,47 g	90,47 g	90,47g
Canela	3 g	3 g	3 g
Clavo de olor	0,5g	0,5 g	0,5 g
CMC.	0,01g	0,01g	0,01g
Ácido cítrico	0,1 g	0,1 g	0,1 g
Sorbato de potasio	0,01g	0,01g	0,001g
Goma Xantan	0,02 g	0,02 g	0,02 g
Cultivo probiótico activado	10,01 g	10,01 g	10,01 g

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

Adaptado de: (Montenegro et al, 2025)

8.7. Metodología para el recuento microbiológico de bacterias ácido lácticas viables mediante placas 3m Petrifilm: (Método alternativo validado frente a la ISO 15214:1998 conforme a AOAC PTM 041701)

8.7.1. Preparación de las muestras

Para los análisis microbiológicos, las muestras de la bebida probiótica a base de oca fueron preparadas bajo condiciones asépticas para evitar contaminaciones externas. Se tomaron alícuotas representativas de cada tratamiento y se realizaron las diluciones correspondientes utilizando agua peptonada estéril. Las muestras fueron homogeneizadas cuidadosamente para asegurar una distribución uniforme de los microorganismos. Para luego ser utilizados para la siembra y cuantificación de las bacterias ácido-lácticas presentes en la bebida.

8.7.2. Preparación de diluciones seriadas

Para la preparación de las muestras destinadas al análisis microbiológico, se realizaron diluciones seriadas decimales bajo condiciones asépticas. Se colocaron 90 mL de agua peptonada estéril al 0,1 % en un frasco estéril, al cual se adicionaron 10 mL de la bebida probiótica para obtener la dilución 10^{-1}. La suspensión fue homogeneizada durante 30 segundos mediante agitación manual o vortex. A partir de esta dilución, se transfirió 1 mL a tubos estériles que contenían 9 mL de agua peptonada estéril para obtener las diluciones sucesivas hasta 10^{-6},

homogeneizando cada una durante 30 segundos y utilizando material estéril en cada transferencia para evitar contaminación cruzada.

8.7.3. Siembra en placas 3m Petrifilm para recuento de bacterias ácido lácticas

Para la siembra microbiológica, se seleccionaron las diluciones 10^{-4}, 10^{-5} y 10^{-6}, de las cuales se tomó una alícuota de 1 mL. La muestra se inoculó en el centro de las placas 3M Petrifilm para recuento de bacterias ácido lácticas, levantando cuidadosamente la lámina superior antes de la inoculación. Una vez depositada la alícuota, la muestra se distribuyó uniformemente utilizando el esparcidor plástico suministrado por el fabricante. Cada dilución fue sembrada por triplicado para garantizar la confiabilidad de los resultados. El procedimiento se realizó de la misma manera para todas las diluciones seleccionadas.

8.7.4. Incubación

Las placas 3M Petrifilm inoculadas fueron incubadas en posición horizontal a una temperatura entre 35 y 37 °C durante un periodo de 48 a 72 horas. La incubación se llevó a cabo en condiciones aerobias, siguiendo las recomendaciones establecidas por el fabricante para el recuento de bacterias ácido lácticas. Estas condiciones permitieron el adecuado crecimiento y desarrollo de los microorganismos presentes en las muestras para su posterior cuantificación.

8.7.5. Recuento y expresión de resultados

Una vez concluido el periodo de incubación, se seleccionaron las placas que presentaron entre 30 y 300 colonias, rango considerado adecuado para el recuento microbiológico. A continuación, se realizó el conteo de las colonias características de bacterias ácido lácticas presentes en cada placa. Para cada dilución analizada, se calculó el promedio de colonias a partir de las tres repeticiones realizadas. Los valores obtenidos fueron utilizados para la determinación de la concentración de bacterias ácido lácticas en la bebida probiótica.

El recuento de bacterias viables se calculará mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 8: Recuento de bacterias ácido lácticas

$$\mathrm{UFC/mL} = N \times FD \tag{8}$$

La bebida se considerará probiótica cuando el recuento final de bacterias ácido lácticas viables sea igual o superior a 10^6–108 UFC/mL al momento de la evaluación, conforme a los estándares comúnmente aceptados para alimentos. (Binda et al, 2020)

8.8. Metodología para evaluar los parámetros fisicoquímicos de la bebida

8.8.1. Determinación de sólidos solubles totales (°Brix) por el método: AOAC

Para la determinación de los sólidos solubles totales, el extracto de la muestra fue filtrado con el propósito de eliminar partículas en suspensión que pudieran interferir en la medición. Luego, se colocó una gota del filtrado sobre el prisma de un refractómetro previamente calibrado a 20 °C. La muestra se distribuyó uniformemente sobre la superficie del prisma para garantizar una medición precisa. La lectura se realizó de acuerdo con las especificaciones del equipo utilizado.

8.8.2. Determinación de pH por el método: AOAC 981.12

Para la determinación del pH de la bebida a base de oca, se preparó una suspensión de la muestra en una proporción 1:10 (m/v) utilizando agua destilada. Antes de la medición, el potenciómetro fue calibrado con soluciones buffer estándar de pH 4,0 y 7,0 para asegurar la exactitud de las lecturas. Posteriormente se registró el valor del pH obtenido para su posterior análisis e interpretación.

8.8.3. Determinación de acidez titulable por el método: AOAC 942.15

Para la determinación de la acidez titulable, se tomaron 10 mL de la muestra en un vaso de precipitación, seguido se añadieron tres gotas de fenolftaleína como indicador del punto de neutralización. La muestra fue titulada con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N bajo agitación constante. El proceso se mantuvo hasta observar un cambio de coloración rosa pálido.

La determinación de acidez titulable se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 9: Determinación de acidez titulable

$$\text{Acidez titulable (\%)} = V \times N \times F \times \frac{100}{m} \quad (9)$$

Donde

V = Volumen de NaOH gastado en la titulación (mL)
N = Normalidad del NaOH (N)
f = Factor del ácido predominante (ej.: ácido cítrico = 0.064; láctico = 0.090; etc.)
m = Masa de la muestra (g)

8.8.4. Determinación de turbidez por el método nefelométrico: (Norma ISO 7027-1:2016)

Para la determinación de la turbidez, el turbidímetro fue calibrado utilizando soluciones patrón de turbidez conocidas, siguiendo el método nefelométrico y las indicaciones del fabricante. La

muestra se homogeneizó cuidadosamente para garantizar una distribución uniforme de las partículas en suspensión y evitar la formación de burbujas. La cubeta de medición fue lavada, secada y llenada con la muestra, verificando que su superficie externa estuviera libre de residuos o marcas. Una vez preparada, la celda se colocó en el equipo para efectuar la medición de la luz dispersada. Los resultados se expresaron en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) y se obtuvieron por triplicado para su posterior análisis.

8.8.5. Determinación de viscosidad por el método viscosimétrico (viscosímetro rotacional tipo brookfield): (ASTM D2196)

Para la determinación de la viscosidad, el viscosímetro rotacional fue calibrado de acuerdo con las especificaciones del fabricante antes de iniciar las mediciones. La muestra se homogenizó y se acondicionó a una temperatura entre 20 y 25 °C, debido a la influencia de este parámetro sobre la viscosidad. A continuación, se seleccionó el husillo apropiado según la consistencia de la muestra y se sumergió en la misma. El equipo se operó a una velocidad establecida, registrándose la viscosidad en centipoise (cP) o mPa·s. Las mediciones se realizaron por triplicado y los valores obtenidos fueron promediados para el análisis de los resultados.

8.8.6. Metodología para el análisis sensorial: (Norma ISO 11136:2014)

El análisis sensorial se realizó con la participación de 24 panelistas no entrenados, seleccionados por conveniencia, quienes evaluaron las formulaciones de la bebida probiótica elaborada a partir de pulpa de oca. Previamente a la evaluación, los participantes recibieron instrucciones generales sobre el procedimiento y la forma de registrar sus respuestas.

Para la valoración de los atributos color, olor, sabor y apariencia, se empleó una escala de intensidad de cinco puntos (1–5), en la que cada panelista calificó la percepción de cada atributo de acuerdo con la intensidad observada.

Según la Norma ISO 11136:2014 La aceptabilidad general de las muestras se determinó mediante una escala hedónica estructurada de cinco puntos (1–5), donde 1 = muy baja aceptación, 2 = baja aceptación, 3 = aceptación moderada, 4 = buena aceptación y 5 = muy buena aceptación.

Entre la degustación de cada muestra, los participantes realizaron el enjuague del paladar con agua para minimizar el efecto residual entre tratamientos.

Los datos obtenidos fueron registrados en una ficha de evaluación sensorial y posteriormente sometidos al análisis estadístico correspondiente para determinar la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos.

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

9.1. Hipótesis nula (h_0)

La concentración de pulpa de oca y el tipo de cepa probiótica no influyen significativamente en los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales de la bebida.

9.2. Hipótesis alterna (h_1)

La concentración de pulpa de oca y el tipo de cepa probiótica influyen significativamente en los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales de la bebida.

10. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la bebida probiótica a base de oca (Oxalis tuberosa), se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial A*B. El Factor A correspondió a las cepas probióticas *L. acidophilus* y *L. plantarum*, mientras que el Factor B estuvo representado por las concentraciones de pulpa de oca de 10, 20 y 30 %.

El diseño experimental estuvo conformado por 6 tratamientos con 3 repeticiones, obteniéndose un total de 18 unidades experimentales.

Tabla 6. *Descripción del diseño experimental de la bebida a base de Oca (Oxalis tuberosa)*

Factores	Detalle	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Factor A	Concentración de pulpa de oca	10%	20%	30%
Factor B	Cepa probiótica	*L. acidophilus*	*L. plantarum*	

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

Tabla 7. *Combinación de tratamientos del diseño experimental*

Tratamientos	Combinaciones
t_1	*L. acidophilus* + 10 % de pulpa
t_2	*L. acidophilus* + 20 % de pulpa
t_3	*L. acidophilus* + 30 % de pulpa
t_4	*L. plantarum* + 10 % de pulpa
t_5	*L. plantarum* + 20 % de pulpa
t_6	*L. plantarum* + 30 % de pulpa

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

Tabla 8. *Tipos de variables*

Variable dependiente	Variables independientes	Indicadores	Mediciones
Propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de la bebida probiótica a base de oca	Tipo de cepa probiótica	Análisis microbiológico	Recuento de bacterias ácido-lácticas viables (UFC/mL)
	Concentración de pulpa de oca	Análisis fisicoquímicos	Sólidos solubles (°Brix), pH, Acidez titulable, (%)Turbidez (NTU), viscosidad
		Análisis sensorial	Color, olor, sabor, apariencia, aceptabilidad

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

11. Análisis y discusión de resultados

Materia prima

11.1. Resultados del análisis fisicoquímico de la oca (Oxalis tuberosa) en estado fresco

Tabla 9. Resultados del análisis fisicoquímico de la oca (*Oxalis tuberosa*) en estado fresco en 100 g

Parámetros	Oca fresca
Sólidos solubles (°Brix)	8,08
Proteína cruda (%)	0,72
Fibra cruda (%)	0,51
Almidón (%)	12,67
Grasa (%)	0,11
Cenizas (%)	2,01

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La Tabla 9, presenta la composición fisicoquímica de la oca (*Oxalis tuberosa*) en estado fresco empleada como materia prima para la elaboración de la bebida probiótica.

Estos resultados son comparables con los reportados por (Edquen & Martínez, 2025), quienes informaron valores de 8 °Brix, 1,25 % de proteína, 0,38 % de grasa y 0,73 % de cenizas en oca fresca. Las diferencias observadas entre ambos estudios se atribuyen a la variabilidad propia del cultivo, las condiciones agroecológicas, el estado de madurez y el manejo postcosecha del tubérculo. De igual manera (Valcárcel et al., 2023) señalan que la oca constituye una fuente importante de carbohidratos, principalmente almidón, cuya composición presenta variaciones según la variedad y el origen del material vegetal.

Los resultados obtenidos presentan valores superiores de sólidos solubles (8,08 °Brix) respecto a los reportados por (Castañeda, 2022) (5,6 °Brix), mientras que el contenido de proteína (0,72 %), fibra (0,51 %), almidón (12,67 %), grasa (0,11 %) y cenizas (2,01 %) evidencian una composición proximal dominada por carbohidratos y minerales. Esta composición confirma que la oca constituye una materia prima con características fisicoquímicas adecuadas para su aprovechamiento tecnológico y nutricional.

El contenido de sólidos solubles obtenido (8,08 °Brix) también supera el valor informado por (Peñarrieta, 2022) (5,9 °Brix), reflejando una mayor concentración de compuestos solubles en la materia prima evaluada. De igual manera, los porcentajes de proteína (0,72 %), fibra (0,51

%), almidón (12,67 %), grasa (0,11 %) y cenizas (2,01 %) corroboran el predominio de carbohidratos y el bajo contenido lipídico de la oca fresca, características que respaldan su aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales.

11.1.1. Análisis del recuento microbiológico (UFC/mL)

Tabla 10. Análisis del recuento microbiológico de la bebida a base de Oca (*Oxalis tuberosa*)

		Día 0		**Día 7**		**Día 14**	
F.V.	**GL**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**
Modelo		$1{,}56 \times 10^{8}$	< 0,0001	$1{,}85 \times 10^{8}$	< 0,0001	$1{,}85 \times 10^{8}$	< 0,0001
Concentración (A)	2	$5{,}39 \times 10^{7}$	0,0001 **	$7{,}39 \times 10^{7}$	0,0001 **	$7{,}41 \times 10^{8}$	< 0,0001*
Cepa (B)	1	$2{,}33 \times 10^{8}$	0,4740 ns	$3{,}33 \times 10^{8}$	0,4740 ns	$8{,}33 \times 10^{8}$	0,6376
A × B	2	$1{,}30 \times 10^{6}$	0,201	$1{,}56 \times 10^{6}$	0,201	$7{,}58 \times 10^{8}$	0,0136
Error	3	$2{,}83 \times 10^{8}$		$5{,}83 \times 10^{8}$		$3{,}06 \times 10^{8}$	
Total	17						
CV (%)		$1{,}50 \times 10^{-1}$		$1{,}60 \times 10^{-1}$		$1{,}80 \times 10^{-1}$	

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

En la presente investigación, el análisis de varianza mostró que la interacción entre la concentración de oca y la cepa probiótica únicamente fue significativa al día 14 de almacenamiento, evidenciando que la respuesta de los microorganismos probióticos depende de la combinación entre la concentración de oca y la cepa utilizada conforme avanzó el almacenamiento. Este comportamiento se atribuye a lo mencionado por (Papadimitriou, 2026) durante la refrigeración, las diferencias fisiológicas entre las cepas se manifiestan por su capacidad para aprovechar los carbohidratos fermentables y tolerar el estrés generado por la acidificación del medio. Un comportamiento similar tuvo la investigación de (Condurso et al, 2025) quienes evaluaron la viabilidad de nuevas bebidas probióticas y señalaron que la interacción entre la matriz vegetal y la cepa no genera diferencias importantes al inicio del almacenamiento; sin embargo, conforme transcurrió el período de refrigeración, las combinaciones evaluadas presentaron diferencias en la viabilidad de los probióticos debido a la distinta capacidad de cada cepa para adaptarse a la composición del sustrato y al estrés ácido.

A continuación, se presenta las tablas de Tukey de los días 0,7 y 14

Tabla 11. Prueba de Tukey del recuento microbiológico UFC/mL de los días 0, 7 y 14.

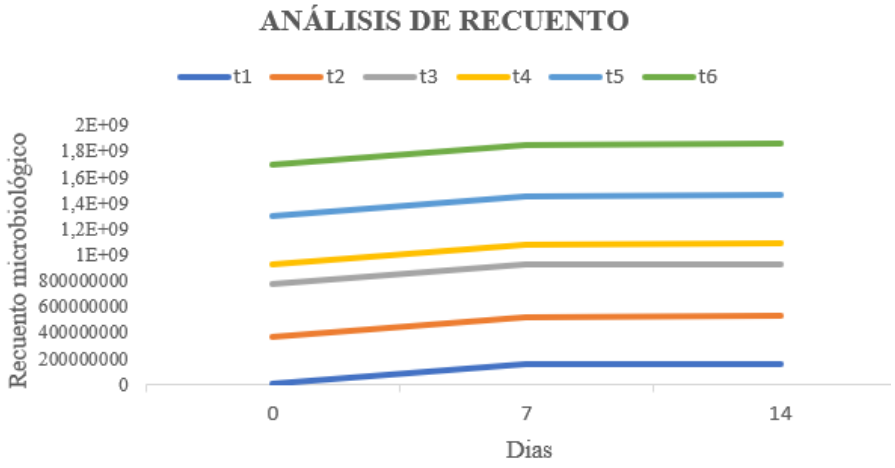
			Día 0		**Día 7**		**Día 14**		
Concentración pulpa	**Cepas**	**n**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**	
10	*Plantarum*	2	$1{,}53 \times 10^8$	A	$1{,}78 \times 10^8$	A	$2{,}55 \times 10^8$	A	
10	*Acidophilus*	2	$3{,}71 \times 10^8$	A	$4{,}34 \times 10^8$	A	$3{,}715 \times 10^8$	A	
20	*Plantarum*	2	$4{,}025 \times 10^8$	A	$4{,}14 \times 10^8$	A	$4{,}932 \times 10^8$	B	
20	*Acidophilus*	2	$1{,}525 \times 10^8$	A	$1{,}62 \times 10^8$	A	$2{,}535 \times 10^8$	B	
30	*Plantarum*	2	$3{,}715 \times 10^8$	A	$3{,}97 \times 10^8$	A	$3{,}745 \times 10^8$		C
30	*Acidophilus*	2	$4{,}015 \times 10^8$	A	$4{,}52 \times 10^8$	A	$4{,}535 \times 10^8$		C

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La prueba de Tukey evidenció que la concentración en (10%, 20% y 30%) de pulpa de oca influyó significativamente en el recuento microbiológico durante los días 7 y 14 de almacenamiento, identificándose como (A, B y C) en ambos tiempos. La concentración del 30 % presentó los mayores recuentos de bacterias ácido lácticas 4,015 × 10^8 UFC/mL al día 7 y 4,535 × 10^8 UFC/mL al día 14. Estos resultados evidencian que un mayor contenido de pulpa de oca favoreció la viabilidad de los microorganismos probióticos durante el tiempo de almacenamiento ya que aprovechan el contenido de sustrato de la bebida y hace que las UFC se multiplique en un medio de alta concentración (Chan et al, 2025).

A continuación, se presenta la gráfica del recuento microbiológico.

Ilustración 1. *Cambios del recuento microbiológico UFC/mL de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7 y 14)*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

En la ilustración 1, se presenta el recuento microbiológico con un comportamiento estable durante el almacenamiento de los días 7 y 14. Este comportamiento indica que la mayor proporción de pulpa oca se considera una matriz más favorable para la supervivencia de los microorganismos probióticos, debido al mayor aporte de nutrientes fermentables disponibles. Además, todos los tratamientos conservaron el valor de 10^8 UFC/mL**,** superando el nivel mínimo recomendado para alimentos probiótico.

11.1.2. Análisis de sólidos solubles

Tabla 12. Análisis de varianza de los sólidos solubles del día 0, 7, 14, 21

		Día 0		Día 7		Día 14		Día 21	
F.V.	**GL**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**
Modelo	5	4,14	<0,0001**	0,98	<0,0001**	0,74	<0,0120	0,28	<0,0001**
Concentración de pulpa de oca (A)	2	10,36	<0,0001**	2,45	< 0,0001*	1,86	0,0014	0,71	<0,0001**
Tipo de cepa probiótica (B)	1	$1,4 \times 10^{-4}$	0,9012	$3,6 \times 10^{-4}$	0,8934	0,001	>0,9999 ns	$4,5 \times 10^{-4}$	0,8311
A × B	2	$3,9 \times 10^{-5}$	0,9955	$1,6 \times 10^{-4}$	0,9918	0,001	>0,9999 ns	$1,2 \times 10^{-4}$	0,9373 ns
Error	12	0,01		0,02		0,15		0,01	
Total	17								
CV (%)		0,78		1,31		4,13		1,23	

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

En el presente estudio la formulación con 30 % de pulpa de oca presentó valores superiores de sólidos solubles (13,48 °Brix) durante el almacenamiento en los días 0, 7, 14 y 21), Demostrando que la concentración de pulpa favorece el contenido de sólidos solubles debido al mayor aporte de azúcares y otros compuestos solubles propios de la materia prima. Los resultados obtenidos se relacionan con los reportados por (Quishpi, 2023), quien evaluó una bebida probiótica de lactosuero saborizada con diferentes niveles de pulpa de uvilla y encontró que el tratamiento con 6% de pulpa alcanzó el mayor contenido de sólidos solubles (11,10 °Brix), diferenciándose significativamente de las formulaciones con 4 % que solo alcanzó el (9,50 °Brix).

A continuación, se presenta los resultados de las pruebas de Tukey del análisis de sólidos solubles

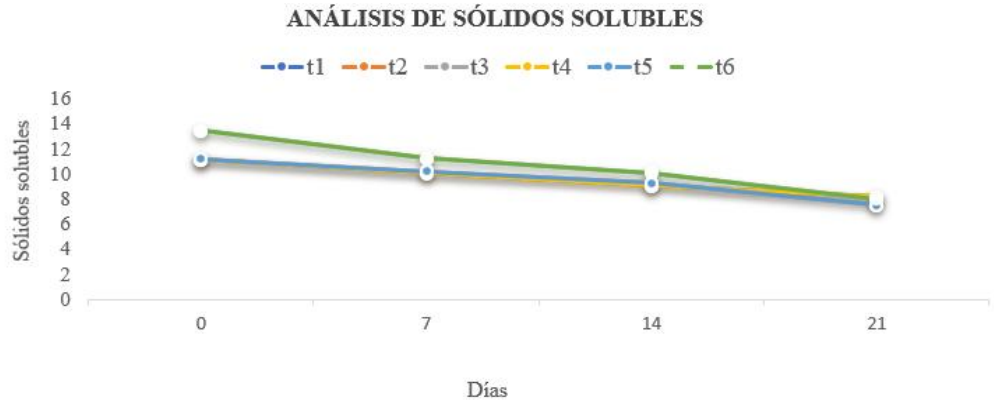
Tabla 13. Prueba de Tukey de los sólidos solubles de la combinación de pulpa de oca en las diferentes concentraciones con las dos cepas probióticas en los días 0, 7, 14, 21.

			Día 0		Día 7		Día 14		Día 21	
Concentración pulpa	**Cepas**	**N**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**
10	*Plantarum*	3	11,17	A	10,12	A	9,09	A	7,53	A
10	*Acidophilus*	3	11,17	A	10,13	A	9,09	A	7,57	A
20	*Plantarum*	3	11,24	A	10,25	A	9,30	A	8,06	B
20	*Acidophilus*	3	11,25	A	10,25	A	9,30	A	8,06	B
30	*Plantarum*	3	13,48	B	11,28	B	10,14	A	8,20	B
30	*Acidophilus*	3	13,49	B	11,30	B	10,14	A	8,20	B

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

En la tabla de Tukey se evidenció que la concentración de pulpa de oca al 30% combinada con las cepas *L. Acidophilus y L. plantarum*, presentó un comportamiento estadísticamente similar desde el día 0 hasta el día 21, evidenciando que a una mayor concentración de pulpa favorece la conservación de sólidos solubles durante el almacenamiento, ya que proporciona una mayor reserva de sustratos fermentables que no son consumidos completamente por los microorganismos. Sin embargo, durante el almacenamiento se observó una disminución progresiva de los sólidos solubles en todos los tratamientos, atribuida al consumo de azúcares fermentables por las bacterias ácido lácticas durante su actividad metabólica. (Barco 2017), menciona que la reducción de los °Brix en una bebida fermentada de quinua y soya, es debido a la utilización de los carbohidratos como fuente de energía para los microorganismos probióticos. Asimismo, esto depende de la formulación ya que conforme disminuye los azúcares, la fermentación avanza debido a la conversión en ácido láctico y otros metabolitos, estos resultados muestran un comportamiento similar en la presente investigación.

Ilustración 2. *Cambios de los sólidos solubles de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7, 14 y 21)*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

En la Ilustración 2 se evidencia la disminución progresiva de los sólidos solubles en todos los tratamientos durante los días de almacenamiento, debido a que los microorganismos probióticos *L. acidophilus y L. plantarum*, se adaptaron a la matriz vegetal, utilizando como medio los carbohidratos como fuente de energía y transformándolos en ácido láctico. Según (Vasco, 2022) señaló que las bebidas probiótica de origen vegetal presentan una reducción de los sólidos solubles (°Brix) en el transcurso de los días de almacenamiento, como consecuencia de la actividad metabólica de las bacterias que se encuentran presentes en el medio.

12.1.3. Análisis del pH

Tabla 14. Análisis de varianza del pH del día 0, 7, 14, 21

pH		Día 0		Día 7		Día 14		Día 21	
F.V.	**GL**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**
Modelo	5	0,01	<0,0001**	0,01	<0,0001**	0,01	0,0055	0,02	0,4285
Concentración de pulpa de oca (A)	2	0,02	<0,0001**	0,02	<0,0001**	0,02	0,0031	$1,8x10^{-3}$	0,9141 ns
Tipo de cepa probiótica (B)	1	$8,9\times10^{-5}$	0,5058 ns	$2,7\times 10^{-4}$	0,4994	$2,9x10^{-3}$	0,2771	0,01	0,5931 ns
A × B	2	$5,0\times10^{-3}$	<0,0001**	0,01	0,0040*	0,01	0,03663	0,05	0,1320 ns
Error	12	$1,9x10^{-3}$		$5,6 \times 10^{-4}$		$2,3 \times 10^{-3}$		0,02	
Total	17								
CV (%)		0,33		0,58		1,18		3,70	

**: Existe alta significancia,*: Existe significancia ,ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El análisis de varianza del pH presenta que la interacción entre la concentración de la pulpa de oca y las cepas probióticas son significativas en los tres primeros tiempos de evaluación, demostrando que el comportamiento del pH si depende de la combinación entre los dos factores.

Sin embargo, el día 21 ambos factores evaluados no presentaron diferencias significativas, debido a que las bacterias probióticas dejaron de producir ácido láctico al mismo ritmo que al inicio ya que los azúcares fermentables comenzaron a disminuir y el medio se volvió más ácido, limitando su actividad metabólica.

Los resultados coinciden con los reportados por (Gedik et al. 2023), quienes evaluaron una bebida probiótica fermentada y observaron la disminución del pH durante 15 días de almacenamiento refrigerado, indicando que la actividad metabólica de las bacterias ácido lácticas que se mantuvieron vivas durante el período de conservación, por lo que los autores señalaron que la composición de una matriz alimentaria influye directamente en la velocidad de acidificación.

A continuación, se presenta los resultados de las pruebas de Tukey

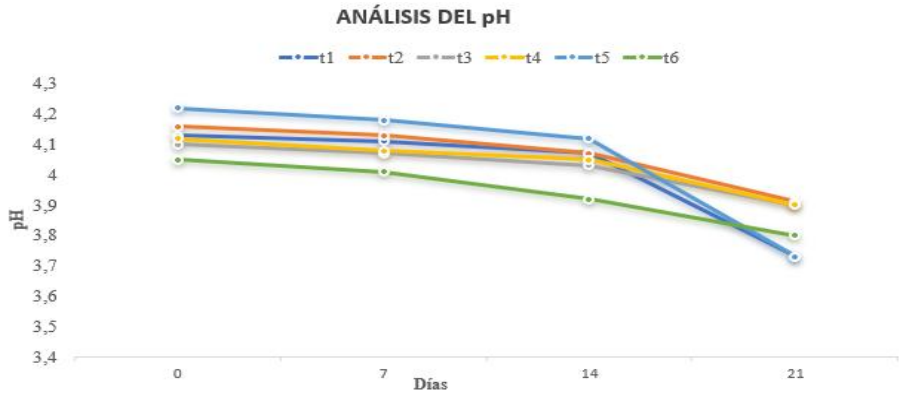
Tabla 15. Prueba de Tukey del pH de la combinación de pulpa de oca en las diferentes concentraciones con las dos cepas probióticas en los días 0, 7 y 14

			Día 0		Día 7		Día 14		Día 21	
Concentración pulpa	**Cepas**	**N**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**
10	*Plantarum*	3	4,12	B C	4,08	C	4,05	A B	3,90	A
10	*Acidophilus*	3	4,13	B C	4,11	B C	4,07	B	3,73	A
20	*Plantarum*	3	4,22	C	4,18	B	4,12	B	3,91	A
20	*Acidophilus*	3	4,16	D	4,13	B	4,07	B	3,73	A
30	*Acidophilus*	3	4,10	B	4,07	A B	4,03	A B	3,90	A
30	*Plantarum*	3	4,05	A	4,01	A	3,92	A	3,80	A

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La prueba de Tukey evidenció las diferencias significativas de la combinación de la pulpa de oca con la probiótica durante los días 0, 7 y 14 de almacenamiento. El tratamiento con 30 % de pulpa, tanto con *L. plantarum* como con *L. acidophilus*, presentó los valores de pH más bajos. Al día 21 no se observaron diferencias estadísticas entre los tratamientos, ya que todas las formulaciones pertenecieron al mismo grupo homogéneo (A). (Valero & Frutos 2017), reportaron que en bebidas a base de vegetales fermentadas con *L. plantarum* el pH disminuye progresivamente durante el almacenamiento debido a que empieza a producir el ácido láctico alimentándose de los carbohidratos disponibles que aporta el vegetal.

Ilustración 3. *Cambios del pH de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7, 14 y 21)*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

En la ilustración 3 se observa el comportamiento del pH que disminuye progresivamente conforme avanzó el tiempo de evaluación, al inicio de los días se observa estable debido al mayor aporte de carbohidratos fermentables que favorecieron la producción de ácidos orgánicos por las bacterias probióticas. No obstante, al finalizar el período de evaluación, los valores de pH se estabilizaron entre los tratamientos, evidenciando el establecimiento de un equilibrio en la actividad fermentativa durante el almacenamiento refrigerado, siendo el descenso más evidente entre los días 14 y 21. La disminución gradual del pH observada durante el almacenamiento coincide con lo reportado por (Oshiro & Tanaka, 2022), quienes atribuyen este comportamiento a la fermentación continua de los carbohidratos disponibles y a la producción de ácido láctico por las bacterias probióticas. De manera similar (Zendo, 2023) señalaron que la reducción del pH durante el almacenamiento constituye un indicador del mantenimiento de la actividad metabólica de los microorganismos, favoreciendo la estabilidad microbiológica y la conservación de bebidas fermentadas.

12.1.4. Análisis de acidez titulable

Tabla 16. Análisis de varianza de la acidez titulable del día 0, 7, 14, 21

Acidez titulable		**Día 0**		**Día 7**		**Día 14**		**Día 21**	
F.V.	**GL**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**
Modelo	5	0,01	<0,0001**	0,01	<0,0001**	0,01	<0,0001**	0,01	<0,0001**
Concentración de pulpa de oca (A)	2	$3{,}1 \times 10^{-3}$	0,0003	$4{,}3 \times 10^{-3}$	0,0143	0,01	0,0010	0,02	<0,0001**
Tipo de cepa probiótica (B)	1	0,01	<0,0001**	0,02	0,0004	0,04	<0,0001**	0,01	0,0066
A × B	2	0,01	<0,0001**	0,01	0,0005	0,01	0,0115	$3{,}3\times10^{-3}$	0,0480
Error	12	$1{,}7 \times 10^{-4}$		$6{,}9 \times 10^{-4}$		$9{,}2 \times 10^{-4}$		$8{,}3\times10^{-4}$	
Total	17								
CV (%)		4,2		4,34		4,41		3,42	

**: Existe alta significancia,*: Existe significancia ,ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

En la Tabla 16 se presenta la interacción de dos factores de la concentración de pulpa de oca, con las cepas probióticas que influyen significativamente sobre la acidez titulable durante los días de almacenamiento, indicando que el incremento de la acidez estuvo condicionado tanto por la disponibilidad de sustratos fermentables como por la capacidad metabólica de las cepas probióticas. Este comportamiento se atribuye a que las bacterias ácido lácticas utilizaron los carbohidratos presentes en la pulpa como fuente de energía, transformándolos principalmente en ácido láctico y otros ácidos orgánicos, lo que ocasionó un aumento progresivo de la acidez durante el almacenamiento.

Los resultados presentados por (Rojas et al. 2023), quienes evaluaron una bebida simbiótica elaborada con lactosuero y frutas andinas fermentada con *Lactobacillus*, reportando un incremento de la acidez titulable desde 0,41 hasta 0,89 % de ácido láctico después de 21 días de almacenamiento, acompañado de una disminución del pH. Los autores atribuyeron este comportamiento a la fermentación continua de los azúcares disponibles y a la elevada actividad metabólica de las bacterias ácido lácticas. De manera similar, en la presente investigación la acidez titulable aumentó desde valores iniciales de 0,34–0,51 % hasta 0,73–0,92 % al finalizar el almacenamiento, confirmando que la fermentación progresiva favoreció la acumulación de ácidos orgánicos.

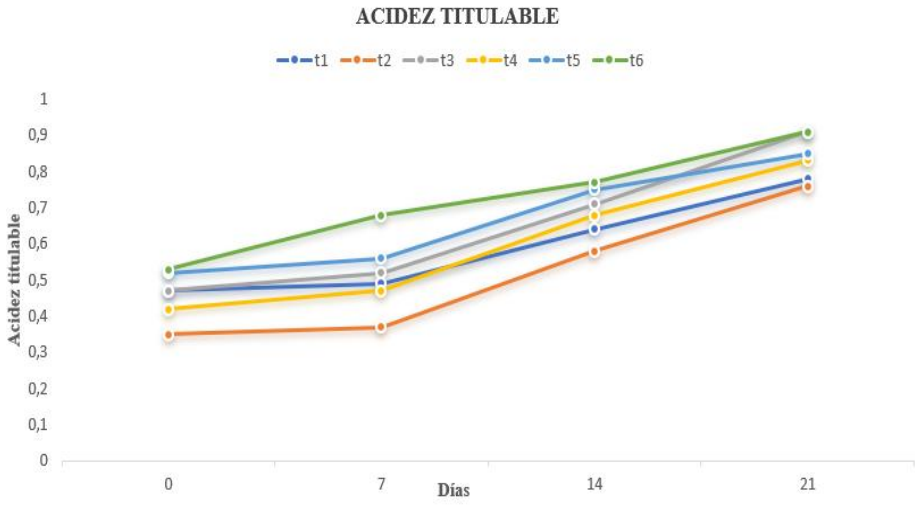
Tabla 17. Prueba de Tukey de la acidez titulable de la combinación de pulpa de oca en las diferentes concentraciones con las dos cepas probióticas en los días 0, 7, 14 y 21.

			Día 0				Día 7				Día 14				Día 21			
Concentración pulpa	**Cepas**	**N**	**Medias**	**Agrupación**			**Medias**	**Agrupación**			**Medias**	**Agrupación**			**Medias**	**Agrupación**		
10	*Acidophilus*	3	0,46		B	C	0,45		B		0,64	A	B		0,78	A	B	
10	*Plantarum*	3	0,42		B		0,48		B	C	0,68		B	C	0,83	A	B	
20	*Acidophilus*	3	0,35	A			0,37	A			0,58	A			0,76	A		
20	*Plantarum*	3	0,48			C	0,51		B	C	0,75			C D	0,85		B	C
30	*Plantarum*	3	0,49			C	0,53			C	0,77			D	0,91			C
30	*Acidophilus*	3	0,43		B		0,45		B		0,71		B	C D	0,91			C

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La prueba de Tukey evidenció que *L. plantarum* presentó los mayores valores de acidez titulable durante los días 0, 7 y 14, diferenciándose significativamente de *L. acidophilus,* cuyos valores fueron 0,41 %, 0,44 % y 0,64 %, respectivamente. Al día 21, la formulación con 30 % de pulpa de oca registró la mayor acidez titulable (0,91 %), superó significativamente a las concentraciones de 10 % y 20 %. Estos resultados indicaron que *L. plantarum* presentó una mayor capacidad acidificante durante las primeras etapas del almacenamiento y que en una mayor concentración de pulpa favoreció la producción de ácidos orgánicos al finalizar el período de conservación. Un comportamiento similar presento el autor, (Rudas 2023) que obtuvo una acidez titulable de 0,28 ± 0,01 % de ácido láctico en una bebida simbiótica elaborada con 35 % de pulpa de pitahaya roja, indicando que el contenido de pulpa influye en la disponibilidad de sustratos.

Ilustración 4. *Cambios de la acidez titulable de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7, 14 y 21)*



Elaborado por:(Cholango & Guamba, 2026).

En la ilustración 5 se presentan los tratamientos evaluados, donde el t_6 presentó los valores más elevados de acidez titulable durante todo el período de almacenamiento, mientras que t_2 registró los valores más bajos. Este comportamiento evidencia una mayor capacidad acidificante del tratamiento t_6, asociada a una mayor actividad metabólica de las bacterias ácido-lácticas presentes en la formulación. Según (Miranda, 2023) el incremento de la acidez titulable respondió a la producción de ácido láctico y otros ácidos orgánicos generados por el metabolismo de las bacterias ácido-lácticas durante el almacenamiento.

11.1.3. Análisis de la turbidez

Tabla 18. Análisis de varianza de la turbidez del día 0, 7 y 14

		Día 0		Día 7		Día 14	
F.V.	**GL**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**
Modelo	5	64450,78	< 0,0001**	76807,43	< 0,0001**	76678,70	< 0,0001**
Concentración (A)	2	16066,83	0,0001**	192010,88	0,0001**	191691,53	< 0,0001**
Cepa (B)	1	139,61	0,6872 ns	12,61	0,0004**	0,65	0,5086 ns
A × B	2	90,32	0,8928 ns	1,40	0,0440*	4,91	0,0895 ns
Error	3	1,46		0,25		1,32	
Total	17						
CV (%)		2,15		1,8		3,16	

**: Existe alta significancia,*: Existe significancia ,ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El análisis de varianza mostró que la concentración de pulpa de oca fue el único factor que influyó significativamente sobre la turbidez de la bebida durante los días 7 y 14 de almacenamiento, mientras que la cepa probiótica no presentó diferencias significativas. La investigación que muestra datos similares fue (Souza et al. 2023), quienes evaluaron las bebidas lácteas fermentadas con adición de pulpas de frutas y reportaron diferencias significativas en las propiedades fisicoquímicas durante el almacenamiento, indicando que la fermentación y la actividad de los microorganismos modifican la estabilidad física y la apariencia de la bebida. Asimismo, (Cerero & Calvo et al. 2022) señalaron que la actividad de las bacterias ácido lácticas en bebidas fermentadas favorece cambios en las características físicas de la matriz, debido a la producción de metabolitos y compuestos extracelulares que influyen en la estabilidad del producto.

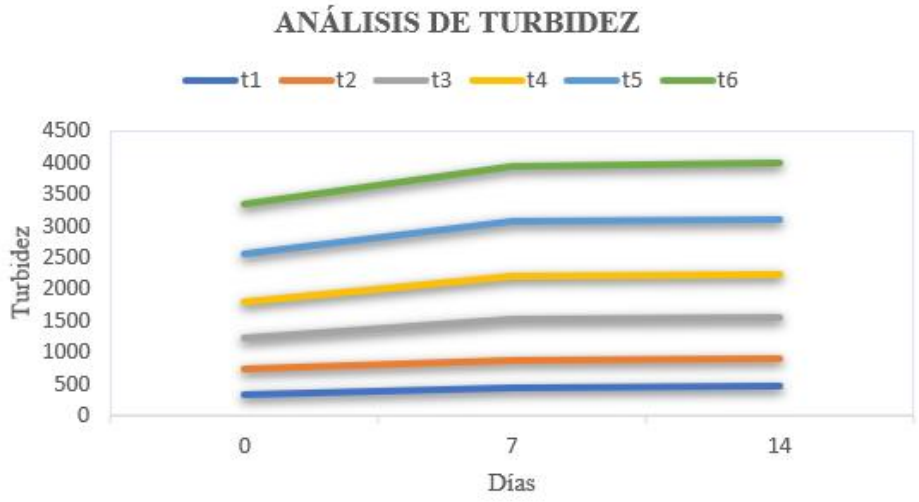
Tabla 19. Prueba de Tukey de turbidez de los días 0, 7 y 14.

			Día 0				Día 7				Día 14			
Concentración pulpa	**Cepas**	**N**	**Medias**	**Agrupación**			**Medias**	**Agrupación**			**Medias**	**Agrupación**		
10%	*Acidophilus*	2	367,15	A			433,35	A			435,25	A		
10%	*Plantarum*	2	384,80	A			434,9	A			436,2	A		
20%	*Acidophilus*	2	530,45		B		655,8		B		657,55		B	
20%	*Plantarum*	2	533,40		B		657,00		B		659,95		B	
30%	*Acidophilus*	2	774,02			C	870,60			C	872,55			C
30%	*Plantarum*	2	774,15			C	874,00			D	874,50			C

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La prueba de Tukey mostró que la formulación con 30 % de pulpa de oca presentó la mayor turbidez (872,3 NTU), diferenciándose significativamente de las formulaciones con 20 % (656,4 NTU) y 10 % (434,13 NTU). Este comportamiento indica que el incremento de la concentración de pulpa favoreció la presencia de partículas suspendidas y compuestos coloidales, aumentando la turbidez de la bebida. Estos resultados coinciden con lo reportado por (Morales, 2023), quienes señalaron que la incorporación de materias primas ricas en almidón y fibra, junto con la fermentación láctica, incrementa la cantidad de sólidos suspendidos y modifica las propiedades físicas de las bebidas fermentadas.

Ilustración 5. *Cambios de la turbidez de los tratamientos durante el período de evaluación en los días 0, 7 y 14*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La evaluación de la turbidez mostró que las formulaciones mantuvieron un comportamiento estable entre los días 7 y 14 de almacenamiento, sin evidenciar cambios importantes en los valores registrados. Asimismo, se observó que los tratamientos con mayor concentración de pulpa de oca presentaron los mayores niveles de turbidez, siendo la formulación con 30 % de pulpa la que alcanzó el valor más elevado durante todo el período de evaluación. Este comportamiento se evidencia con (Villaroel et al, 2018) indica que el incremento de la concentración de pulpa favoreció la permanencia de partículas suspendidas en la bebida, debido al mayor aporte de almidón, fibra y otros sólidos insolubles propios de la oca.

11.1.4. Análisis de viscosidad

Tabla 20. Análisis de varianza de viscosidad del día 0, 7 y 14

		Día 0		Día 7		Día 14	
F.V.	**GL**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**	**CM**	**p-valor**
Modelo	5	10,63	0,5618 ns	5464,15	< 0,0001**	5473,53	< 0,0001**
Concentración (A)	2	25,49	0,2114 ns	21852,8	0,0001 **	21889,3	< 0,0001**
Cepa (B)	1	1,44	0,7459 ns	4,20	0,0046**	3	0,0734 ns
A × B	2	0,36	0,9715 ns	1,56	0,0161*	2,87	0,0741 ns
Error	6	12,52		0,07		0,41	
Total	11						
CV (%)		0,18		0,36		0,39	

**: Existe alta significancia, *: Existe significancia, ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

análisis de varianza evidenció que el tipo de cepa probiótica influyó significativamente sobre la viscosidad de la bebida durante los días 7 y 14 de almacenamiento, mientras que la concentración de pulpa de oca y la interacción entre ambos factores no presentaron un efecto estadísticamente significativo. Asimismo, (Benavides & Guevara et al., 2023) indicaron que la fermentación con bacterias ácido lácticas puede generar cambios tecnológicos en la matriz alimentaria, incluyendo variaciones en la viscosidad y la textura asociadas a la producción de metabolitos y compuestos extracelulares. En conjunto, estos antecedentes respaldan que la cepa probiótica fue el principal factor responsable de las variaciones de viscosidad observadas en la presente investigación entre ambos factores no presentaron un efecto estadísticamente significativo. Asimismo, (Benavides & Guevara et al., 2023) indicaron que la fermentación con bacterias ácido lácticas puede generar cambios tecnológicos en la matriz alimentaria, incluyendo variaciones en la viscosidad y la textura, asociadas a la producción de metabolitos y compuestos extracelulares. En conjunto, estos antecedentes respaldan que la cepa probiótica fue el principal factor responsable de las variaciones de viscosidad observadas en la presente investigación.

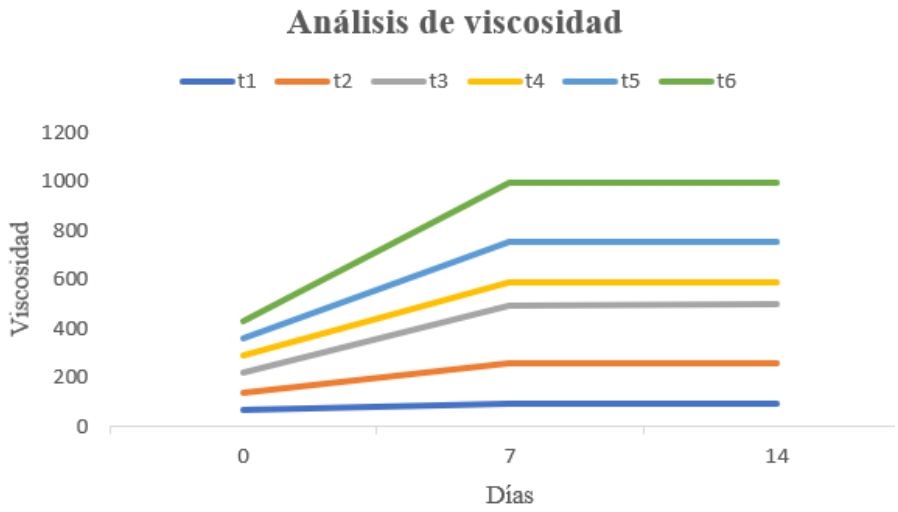
Tabla 21. Prueba de Tukey de los días 0, 7 y 14.

			Día 0		Día 7			Día 14		
Concentración pulpa	**Cepas**	**N**	**Medias**	**Agrupación**	**Medias**	**Agrupación**		**Medias**	**Agrupación**	
10%	Acidophilus	2	70,34	A	90,45	A		62,21	A	
10%	Plantarum	2	70,72	A	93,00		B	65,41	A	
20%	Acidophilus	2	75,20	A	164,95		C	109,23		B
20%	Plantarum	2	75,65	A	165,05		C	110,52		B
30%	Acidophilus	2	70,95	A	239,1		D	200,12		C
30%	Plantarum	2	71,20	A	240,00		D	197,41		C

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026).

La prueba de Tukey evidenció que la formulación con 30 % de pulpa de oca presentó la mayor viscosidad tanto al día 7, como en el día 14, diferenciándose significativamente de las formulaciones con 20 % y 10 % de pulpa. Este comportamiento indica que el incremento de la concentración de pulpa favoreció el aumento de la viscosidad debido al mayor contenido de almidón, fibra y sólidos solubles presentes en la oca. Estos se asimilan con lo señalado por (Cañón Rodríguez et al. 2022), quienes reportaron que la incorporación de extracto de quinua y pulpa de mango modificó significativamente las propiedades fisicoquímicas de una bebida fermentada, mejorando su consistencia.

Ilustración 6. *Cambios de la viscosidad de los tratamientos durante el período de evaluación (días 0, 7 y 14)*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026).

La Ilustración 8 muestra que la viscosidad presentó un comportamiento estable entre los días 7 y 14 de almacenamiento, sin evidenciar cambios importantes en los tratamientos evaluados. Asimismo, las formulaciones con mayor concentración de pulpa de oca mantuvieron los valores más elevados de viscosidad durante todo el período de evaluación, destacando el tratamiento con 30 % de pulpa.

11.1.5. Atributo color

Se presenta el cuadro de análisis de varianza en la variable color:

Tabla 22. Cuadro de análisis de varianza de la variable color

F.V.	GL	CM	p-valor
Modelo	28	2,26	0,0001 **
Bloques	23	1,9	0,0001 **
Tratamientos	5	3,93	0,0001 **
Error	115	0,36	
Total		143	
CV (%)		20,66	

**: Existe alta significancia, *: Existe significancia, ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La Tabla 24 presenta el análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al atributo sensorial color de la bebida probiótica a base de oca. Los resultados demuestran que todos los tratamientos son altamente significativos, con el coeficiente de variación 20,66 %, valor que es considerable para pruebas sensoriales realizadas con panelistas no entrenados, (Acurio et al. 2023), señalaron que el color presente después del proceso térmico es causado por el perfil químico natural presentes en los tubérculos.

Tabla 23. Prueba de Tukey de la variable color

Tratamientos	Medias	N	Grupo
1	3,25	24	A
2	3,17	24	A
3	3,04	24	A
4	2,96	24	A
5	2,88	24	A
6	2,13	24	B

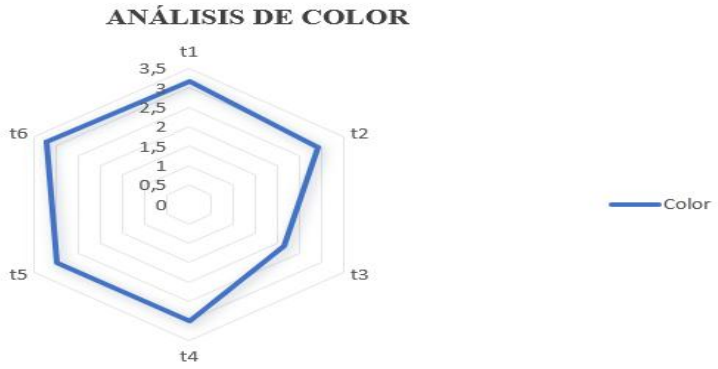
Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La Tabla 25 presenta la de comparación de Tukey para el atributo sensorial color. Todos los tratamientos se ubicaron en el mismo grupo (A), demostrando que no existe diferencias significativas entres sus medias, pero el tratamiento t_6 (pulpa de oca al 30% co la cepa *L plantarum*) se ubicó en el grupo B, siendo altamente significativa entre los demás tratamientos expuestas con diferentes concentraciones y cepas. Por lo que es considerado el aceptable por los penalistas no entrenados

Los resultados son comparables con los reportados por (Souza et al. 2024), quienes evaluaron la aceptación sensorial de una bebida fermentada con características probióticas utilizando la prueba de Tukey, reportando que la formulación F2 alcanzó la mayor aceptación sensorial con

una puntuación de 7,63 ± 1,42, mientras que las demás formulaciones presentaron valores muy bajos en este atributo.

Ilustración 7. *Valoración del atributo color obtenida para los tratamientos*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El tratamiento t_6 presentó la mayor aceptación para el atributo color, caracterizándose por un amarillo crema uniforme y agradable, con tendencia hacia un tono más homogéneo y brillante, lo que favoreció su percepción visual por parte de los panelistas. Los tratamientos t_1 y t_4 mostraron características similares, conservando un color uniforme y agradable propio de la formulación. En el caso de t_5 y t_2, el color mantuvo una tonalidad amarillo crema con una ligera disminución en la intensidad visual, sin afectar su aceptabilidad. Por otra parte, t_3 registró la menor valoración, presentando un amarillo claro con ligera opacidad, lo que disminuyó su atractivo visual en comparación con los demás tratamientos. Conjuntamente las formulaciones exhibieron tonalidades comprendidas entre amarillo claro y amarillo crema, evidenciando que el color de la bebida se mantuvo dentro de características visuales aceptables para los consumidores.

11.1.6. Atributo olor

Se presenta el cuadro de análisis de varianza en la variable olor:

Tabla 24. Cuadro de análisis de varianza de la variable olor

F.V.	GL	CM	p-valor
Modelo	28	1,61	0,0006 **
Bloques	23	1,88	0,0001 **
Tratamientos	5	0,39	0,7065 ns
Error	115	0,67	
CV (%)		26,97	
Total	143		

**: Existe alta significancia, *: Existe significancia, ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La Tabla 26 presenta el análisis de varianza (ANOVA) para el atributo sensorial olor de la bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*). Demostrando que los tratamientos no fueron significativos, debido a que las formulaciones no produjeron ningún cambio en la percepción de los penalistas no entrenados. Según los reportes por los autores (Correa, 2020), las bebidas enriquecidas con probióticos no generaron diferencias significativas en la aceptación sensorial ($p > 0,05$), debido a que los consumidores no perciben las de la manera correcta o existe una confusión sensorial.

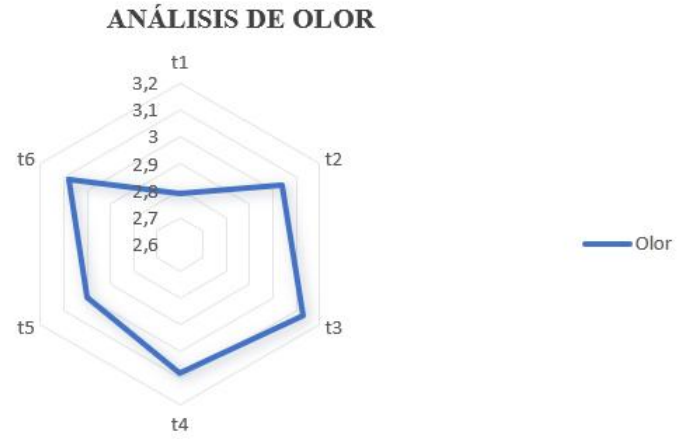
Tabla 25. Prueba de Tukey de la variable olor

Tratamientos	Medias	N	Grupo
1	3,21	24	A
2	3,08	24	A
3	3,08	24	A
4	3	24	A
5	2,96	24	A
6	2,83	24	A

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El análisis de Tukey evidenció que todos los tratamientos evaluados formaron un solo grupo (A), demostrando que ningún tratamiento presento significancia entre sus medias. A pesar se aquello el tratamiento t_1 registró un promedio alto de 3,21, pero según el análisis tampoco fue significativo, por lo que no se comparar con los demás tratamientos. (Morales, 2020) manifiesta que al formarse un mismo grupo homogéneo refleja equivalencia estadística entre tratamientos, por lo que ninguno puede considerarse superior bajo las condiciones experimentales evaluadas.

Ilustración 8. *Valoración del atributo olor obtenida para los tratamientos*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El tratamiento t_6 presentó la mayor aceptación para el atributo olor, se menciona que presenta un olor dulce, equilibrado con especies y algo fermentado propio de una bebida probiótico, Esta

percepción sugiere que la combinación de la pulpa de oca, más panela, canela y el clavo de olor, contribuyen a un perfil sensorial agradable, adicional las bacterias lácticas contribuyeron a la fermentación por lo que permitieron tener una buena aceptación en la percepción de los penalistas no entrenados.

11.1.7. Atributo sabor

Se presenta el cuadro de análisis de varianza en la variable sabor:

Tabla 26. Cuadro de análisis de varianza de la variable sabor

F.V.	GL	CM	p-valor
Modelo	28	1,38	0,0011 **
Bloques	23	1,53	0,0006 **
Tratamientos	5	0,72	0,3170 ns
Error	115	0,6	
CV (%)		29,53	
Total	143		

**: Existe alta significancia, *: Existe significancia, ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El análisis de varianza evidenció que los tratamientos no presentaron efectos significativos, demostrando la variación entre las medias, por lo que no se rechazó la hipótesis nula. Así mismo se verifico que el efecto de los bloques fue altamente significativo, confirmando que el diseño experimental aplicada fue favorable ya que ayudo a mejorar la precisión de las estimaciones. Estos resultados se relacionan con los reportados por (Orozco, 2018), quien encontró diferencias significativas entre bloques en un diseño completamente al azar, entonces menciono que las combinaciones experimentales y los microorganismos presentan el efecto de las variables que influyen directamente a las diferencias estadísticas

Tabla 27. Prueba de Tukey de la variable sabor

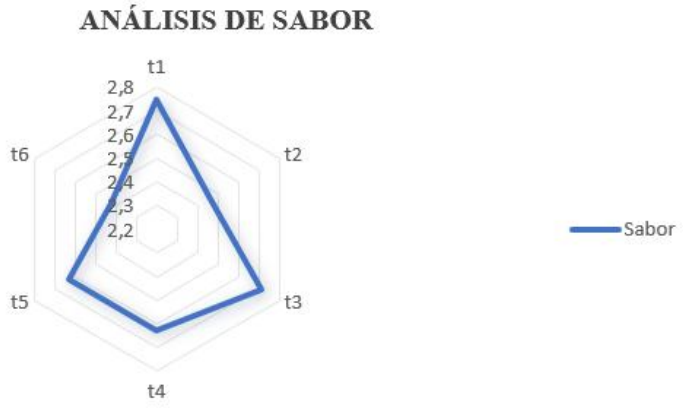
Tratamientos	Medias	N	Grupo
1	2,88	24	A
2	2,71	24	A
3	2,71	24	A
4	2,58	24	A
5	2,46	24	A
6	2,42	24	A

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La prueba de comparación de medias manifesto que los seis tratamientos se incorporaron al grupo homogéneo (A), constatando la ausencia de las diferencias significativas ($p > 0,05$) a través de sus medias. A pesar que el tratamiento t1 registró el promedio más alto (2,88), las

diferencias fueron insuficientes para demostrar un efecto significativo. Este comportamiento sugiere que la respuesta experimental fue uniforme y que la variabilidad residual superó la variación atribuible a los tratamientos. Estos resultados contrastan con los reportados por Orozco (2018), quien encontró diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,0085$), atribuidas al efecto de los tratamientos sobre la variable de estudio. La desigualdad se puede explicar por diferencias en las condiciones experimentales.

Ilustración 9. *Valoración del atributo sabor obtenida para los tratamientos*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El tratamiento t_3 presentó la mayor aceptación para el atributo sabor, caracterizándose por un dulzor estable con ligera acidez propia de la fermentación y notas suaves de canela y clavo, lo que aporto un perfil gustativo agradable para los panelistas. Los tratamientos t_1 y t_4 mostraron una percepción similar, conservando un sabor dulce con ligeras notas especiadas y una incipiente sensación ácida asociada al proceso de fermentación. Por su parte, t_5, t_6 y t_2 obtuvieron valoraciones ligeramente inferiores, predominando un dulzor agradable con ligeras notas especiadas, sin que la acidez fermentativa alcanzara una intensidad suficiente para ser percibida de forma más evidente. En conjunto, las formulaciones desarrollaron un sabor caracterizado por el equilibrio entre el dulzor y las notas especiadas, manteniendo una aceptabilidad moderada entre los panelistas.

11.1.8. Atributo apariencia

Se presenta el cuadro de análisis de varianza en la variable apariencia:

Tabla 28. Cuadro de análisis de varianza de la variable apariencia

F.V.	GL	CM	p-valor
Modelo	28	2,12	0,0001 **
Bloques	23	2,38	0,0001 **
Tratamientos	5	0,93	0,2106 ns
Error	115	0,64	
Total		143	
CV (%)		30,22	

**: Existe alta significancia, *: Existe significancia, ns: No hay ninguna significancia

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El estudio de varianza muestra que las diferencias en la cantidad de pulpa de oca y el tipo de probiótico utilizado no alteraron de manera significativa la apreciación sensorial de la bebida. Estos hallazgos son consistentes con los de (Ramos et al. 2022), quienes crearon una bebida probiótica hecha de frutas y descubrieron que las distintas recetas no presentaron variaciones importantes en la aceptación sensorial ($p > 0,05$), lo que sugiere que agregar cultivos probióticos no influyó en las preferencias de los consumidores. De manera parecida, (Quispe et al. 2023), al analizar una bebida fermentada hecha con tubérculos andinos, llegaron a la conclusión de que las diferencias en la formulación no provocaron diferencias estadísticas en la aceptabilidad global, ya que las características sensoriales permanecieron en un rango que los panelistas consideraron agradable.

Tabla 29. Prueba de Tukey de la variable apariencia

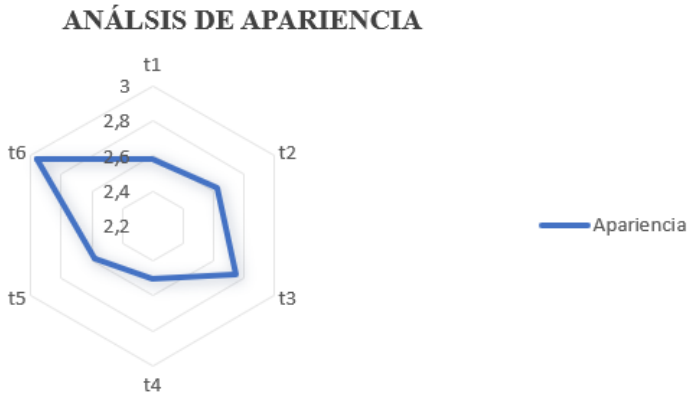
Tratamientos	Medias	N	Grupo
1	2,92	24	A
2	2,76	24	A
3	2,71	24	A
4	2,54	24	A
5	2,54	24	A
6	2,38	24	A

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La prueba de comparación de medias mostró que los seis tratamientos analizados pertenecen al mismo grupo estadístico (A), lo que indica que no hay diferencias significativas entre sus medias ($p > 0,05$). Este resultado sugiere que las diferentes combinaciones de concentración de pulpa de oca y cepa probiótica produjeron una respuesta sensorial similar entre los evaluadores, logrando un nivel de aceptación uniforme en todas las formulaciones.

La semejanza observada entre los tratamientos se puede explicar por el hecho de que las modificaciones aplicadas en la formulación no resultaron en cambios significativos en las características organolépticas de la bebida. En productos fermentados que contienen cultivos probióticos, los compuestos que afectan el sabor, aroma y aspecto suelen formarse dentro de rangos bastante constantes. Estos hallazgos son coherentes con lo que reportaron (Quispe et al. 2023) sobre una bebida fermentada hecha con tubérculos andinos, donde las formulaciones analizadas mostraron medias que eran estadísticamente equivalentes en cuanto a aceptabilidad general ($p > 0,05$).

Ilustración 10. *Valoración del atributo apariencia obtenida para los tratamientos*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El tratamiento t_6 presentó la mayor aceptación para el atributo apariencia, caracterizando por una apariencia homogénea con pequeñas partículas propias de la pulpa, lo que favoreció una percepción visual adecuada de la bebida. Los tratamientos t_3 y t_2 mostraron características similares, conservando una distribución uniforme de las partículas sin evidenciar defectos visuales que afectan su aceptación. Por su parte, t_5 y t_1 presentaron una ligera presencia de partículas visibles, manteniendo una apariencia aceptable para los panelistas. En contraste, t_4 registró la menor valoración, observándose una ligera separación de fases o partículas visibles, lo que redujo su atractivo visual en comparación con los demás tratamientos. En conjunto, las formulaciones conservaron características visuales propias de una bebida elaborada con pulpa de oca, donde la presencia de pequeñas partículas en suspensión fue percibida como un atributo normal y aceptable por los evaluadores.

11.1.9. Variable aceptabilidad

Se presenta el cuadro de análisis de varianza en la variable aceptabilidad:

Tabla 30. Cuadro de análisis de varianza de la variable aceptabilidad

F.V.	GL	CM	p-valor
Modelo	28	1,88	0,0001 **
Bloques	23	2,17	0,0001 **
Tratamientos	5	0,57	0,5539 ns
Error	115	0,64	
Total		143	
CV (%)		23,61	

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026).

**: Existe alta significancia

*: Existe significancia

ns: No hay ninguna significancia

El tratamiento 2 tiene mayor aceptación sensorial por parte de los panelistas no entrenados con una combinación de (20% de pulpa de oca + L. *acidphilus*), el análisis de varianza realizado para el atributo aceptabilidad evidenció que no existireorn diferencias significativas entre los tratamientos evaluados (p > 0,05). Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por (Guilcapi, 2023), quien evalúo la aceptabilidad de una bebida probiótica a base de jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) y Stevia utilizando panelistas no entrenados, encontrando diferencias significativas, esto se relaciona con el hecho de que la aceptabilidad depende de la percepción integral del producto donde intervienen atributos como olor, color, sabor y apariencia.

Tabla 31. Prueba de Tukey de la variable aceptabilidad

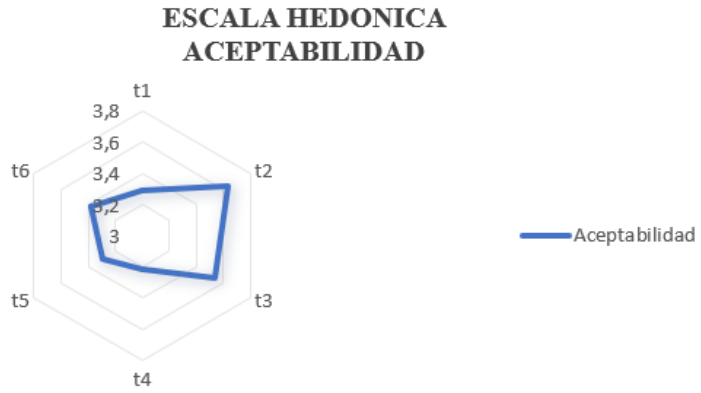
Tratamientos	Medias	N	Grupo
1	3,63	24	A
2	3,5	24	A
3	3,42	24	A
4	3,29	24	A
5	3,29	24	A
6	3,25	24	A

Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

La prueba de comparación de medias comprueba que los 6 tratamientos evaluados pertenecen al mismo grupo estadístico (A) los que indica que no hay diferencias significativas entre sus medias (p > 0,05). Estos resultados difieren de los reportados por (Chillagana & Quilapanta, 2022) quien mediante la prueba de Tukey para la variable aceptabilidad obtuvo dos grupos

estadísticos (A y B), evidenciando diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Esta diferencia significa se atribuye a las distintas formulaciones empleadas, tal como las características sensoriales propias de cada producto y la propia percepción de los panelistas no entrenados.

Ilustración 11. *Valoración del atributo aceptabilidad obtenida para los tratamientos*



Elaborado por: (Cholango & Guamba, 2026)

El gráfico de aceptabilidad evidencia que el tratamiento 2 obtuvo mayor promedio de aceptablidad, las diferencias entre tratamientos fueron reducidas, lo que concuerda con la prueba de Tukey en la cual todos los tratamientos pertenecieron al mismo grupo estadístico. Estos resultados difieren con lo reportado por (Chillagana & Quilapanta, 2022) quienes identificaron un tratamiento con mayor aceptabilidad sensorial y concluyen que se atribuye a la formulación del producto y a las características sensoriales percibidas por los panelistas no entrenados.

11.2. Selección del mejor tratamiento

El tratamiento t_6, correspondiente a la formulación con 30 % de pulpa de oca inoculada con *L. plantarum*, presentó el mejor desempeño global durante la investigación, al destacar por su estabilidad fisicoquímica y microbiológica durante el almacenamiento. Esta formulación registró los mayores valores de viscosidad, turbidez, sólidos solubles y acidez titulable, además de mantener una adecuada viabilidad de las bacterias ácido lácticas, evidenciando una mayor capacidad de adaptación de *L. plantarum* a la matriz de oca y un aprovechamiento más eficiente de los sustratos fermentables disponibles. Tecnológicamente, estos resultados indican que la mayor concentración de pulpa proporcionó una matriz con mayor contenido de carbohidratos, almidón y fibra, favoreciendo tanto la actividad fermentativa como la estabilidad del producto

La Norma ISO 11136:2014 señala que las pruebas hedónicas o de aceptabilidad sensorial tienen como finalidad medir el grado de agrado o preferencia del consumidor, constituyendo una herramienta para evaluar la aceptación del producto, pero no un criterio para verificar su funcionalidad. En consecuencia, la selección del tratamiento t_6 se sustentó en su mayor estabilidad fisicoquímica y en el mantenimiento de una elevada viabilidad de bacterias ácido lácticas, sin dejar de considerar que su aceptabilidad sensorial se mantuvo dentro de un rango adecuado.

12. Impactos (técnicos, sociales, ambientales o económicos)

12.1. Técnicos

El presente proyecto generó un impacto técnico al desarrollar y caracterizar una bebida probiótica a base de oca (*Oxalis tuberosa*), demostrando que este tubérculo constituye un sustrato adecuado para el crecimiento de bacterias ácido lácticas debido a su contenido de almidón y azúcares fermentables, los cuales, mediante la hidrólisis enzimática, favorecen el proceso de fermentación. Del mismo modo, se estableció un protocolo de elaboración a escala de laboratorio que comprendió la formulación de la bebida, la hidrólisis enzimática, la inoculación del cultivo probiótico, la fermentación y la evaluación de parámetros físico, químicos y sensoriales, generando información científica útil para futuras investigaciones en el desarrollo de alimentos probióticos. Los resultados obtenidos permitieron identificar que el tratamiento con 30% de pulpa de oca inoculado con Lactiplantibacillus plantarum presentó las mejores características físico-químicas y sensoriales, constituyendo una base técnica para optimizar procesos de elaboración y promover el aprovechamiento de la oca como materia prima en el desarrollo de nuevos productos alimenticios con valor agregado.

12.2. Sociales

El proyecto produjo un impacto social al promover la revalorización de la oca como un cultivo andino de importancia nutricional y cultural, demostrando su potencial para la elaboración de alimentos funcionales innovadores. El desarrollo de una bebida probiótica elaborada con esta materia prima representa una alternativa para diversificar la oferta de alimentos con valor agregado, fomentando hábitos de alimentación más saludables mediante el consumo de productos que incorporan bacterias beneficiosas. Asimismo, la investigación contribuye al fortalecimiento de la cultura alimentaria basada en recursos agrícolas locales y genera conocimiento que puede incentivar el aprovechamiento de cultivos tradicionales en beneficio de la seguridad alimentaria y del bienestar de la población.

12.3. Económicos

El presente estudio genera un impacto económico al evidenciar el potencial de la oca como materia prima para la obtención de un producto con mayor valor agregado, ampliando las posibilidades de aprovechamiento agroindustrial de este cultivo andino. Los resultados obtenidos permiten establecer una base científica para el desarrollo futuro de bebidas funcionales con potencial de comercialización, lo que podría favorecer la diversificación de productos derivados de la oca, incrementar su valor comercial y generar nuevas oportunidades de emprendimiento para productores y pequeñas industrias del sector alimentario. Además, el aprovechamiento de materias primas de producción local contribuye al fortalecimiento de las cadenas productivas nacionales y promueve el desarrollo de alternativas agroindustriales innovadoras.

12.4. Ambientales

El proyecto genera un impacto ambiental al fomentar el aprovechamiento sostenible de la oca como materia prima de origen local para la elaboración de alimentos funcionales, promoviendo una utilización más eficiente de los recursos agrícolas disponibles. La transformación de este cultivo andino en una bebida probiótica con valor agregado contribuye a diversificar sus formas de aprovechamiento y favorece el desarrollo de alternativas agroindustriales orientadas hacia el uso responsable de los recursos naturales. Asimismo, la investigación impulsa la valorización de cultivos tradicionales, incentivando prácticas que promueven una producción alimentaria más sostenible y el aprovechamiento integral de materias primas de origen vegetal.

13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En la tabla 45 se presenta los recursos económicos necesarios para desarrollar las actividades propuestas en el proyecto:

Tabla 32. Tabla de análisis de costos

Análisis	Cantidad	Unidad	Valor unitario $	Valor total $
Oca fresca	1/2	qq	1	7,5
Análisis fisicoquímico del tubérculo Oca Oca (Oxalis tuberosa)	1	u	60	60
Análisis fisicoquímico y microbiológico de las Bebidas a base de Oca (Oxalis tuberosa)	24	u	10	730
TOTAL				**797,5**
Materiales				
Canela	5	u	0,2	1
Panela	3	u	1	3
Clavo de olor	2	u	0,2	3
Termómetro	1	u	7,8	7,8
Vaso de precipitación	1	u	4,6	4,6
Envases herméticos	24	u	1.15	27,6
Cepa probiótica	0.28	u	28	28
Agua	3	u	1,75	5,25
TOTAL				**80,25**
Reactivos				
CMC	300	g	0,7	2,2
Ácido cítrico	300	g	0,7	2,2
Sorbato de potasio	300	g	0,86	2,58
Goma xantana	300	g	0,7	2,2
TOTAL				**9,18**

14. CONCLUSIONES

-La caracterización de la oca (*Oxalis tuberosa*) en estado fresco permitió determinar sus principales propiedades fisicoquímicas mediante el análisis de humedad, proteína, grasa, fibra, cenizas, almidón y sólidos solubles (°Brix), utilizando metodologías oficiales AOAC. Los resultados obtenidos evidenciaron que estos parámetros se encontraron dentro de los rangos reportados para la especie, confirmando la calidad de la materia prima y su idoneidad para el procesamiento agroindustrial.

-Estableciendo una formulación base y las condiciones de procesamiento que comprendieron el tratamiento enzimático con α-amilasa, la incorporación de tres concentraciones de pulpa (10, 20 y 30 %), la inoculación con las cepas *L. acidophilus* y *L. plantarum* y la fermentación controlada hasta alcanzar un pH de 4,5. Entre las concentraciones evaluadas, el tratamiento con 30 % de pulpa de oca presentó el mejor comportamiento fisicoquímico durante el almacenamiento, evidenciando mayor estabilidad en los parámetros evaluados, garantizando condiciones adecuadas para el desarrollo de los cultivos probióticos y constituyendo la base experimental para la evaluación de las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del producto.

-Mediante el recuento microbiológico expresado UFC/mL permitió verificar que las cepas probióticas mantuvieron su capacidad de supervivencia durante el período de evaluación. Los recuentos obtenidos evidenciaron diferencias entre los tratamientos evaluados, identificándose que todos los tratamientos inoculados con *L. acidophilus* y *L. plantarum* presentaron la mayor viabilidad celular, manteniendo concentraciones compatibles con los valores mínimos establecidos para alimentos probióticos. Estos resultados demostraron que la matriz elaborada a base de oca proporcionó condiciones favorables para la supervivencia de las bacterias ácido-lácticas, preservando el potencial probiótico de la bebida durante el almacenamiento.

-En los análisis fisicoquímicos, el tratamiento t_6 presentó las características más favorables al evidenciar mayor estabilidad en los valores de pH, acidez titulable, sólidos solubles, viscosidad y turbidez. Por su parte, en la evaluación sensorial, el tratamiento t_6 obtuvo la mayor aceptación por parte de los panelistas no entrenados, en los atributos de color, olor, sabor, apariencia y aceptabilidad. Estos resultados evidencian que la formulación con mejor estabilidad fisicoquímica no necesariamente coincide con la de mayor aceptación sensorial, por lo que la selección del tratamiento dependerá del objetivo de desarrollo del producto.

-Se logró elaborar una bebida probiótica a base de pulpa de oca (Oxalis tuberosa) mediante la estandarización de un proceso tecnológico que comprendió la obtención de la pulpa de oca, el tratamiento enzimático con α-amilasa, la inoculación de cepas probióticas y la fermentación controlada. La aplicación de estas operaciones permitió obtener una matriz vegetal apta para el desarrollo de bacterias ácido-lácticas, conservando las condiciones necesarias para su estabilidad durante el procesamiento. Asimismo, el proceso establecido demostró la viabilidad tecnológica de utilizar la oca como materia prima en el desarrollo de bebidas fermentadas funcionales, constituyendo una alternativa de valor agregado para el aprovechamiento agroindustrial de este tubérculo andino.

15. RECOMENDACIONES

-Se recomienda evaluar el efecto de diferentes condiciones de almacenamiento refrigerado y materiales de envasado sobre la estabilidad de la bebida probiótica, con la finalidad de incrementar su vida útil más allá de los 14 días obtenidos en esta investigación, preservando las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del producto.

-Se recomienda optimizar la formulación de la bebida mediante la incorporación de estabilizantes naturales o el ajuste de la proporción de ingredientes, con el propósito de reducir la separación de fases y mejorar la estabilidad física durante el almacenamiento.

-Realizar estudios de estabilidad bajo diferentes condiciones de almacenamiento, tiempos de conservación y envasado, con el fin de minimizar la separación de fases, prolongar la vida útil del producto y garantizar la calidad durante su comercialización.

-Mantener la bebida en condiciones de refrigeración (4 ± 2 °C), ya que estas favorecen la conservación de las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales, además de preservar la viabilidad de las bacterias probióticas.

-Considerar el tratamiento t6 como referencia para futuras investigaciones orientadas a optimizar la estabilidad fisicoquímica de la bebida, mientras que el tratamiento t2 es capaz de utilizarse como base para el desarrollo de formulaciones con mayor aceptación sensorial.

-Se recomienda estandarizar las condiciones de la evaluación sensorial, proporcionando instrucciones claras a los panelistas no entrenados y realizando las pruebas en un ambiente controlado, libre de estímulos externos que puedan influir en la percepción de los atributos sensoriales, con el fin de mejorar la objetividad y reproducibilidad de los resultados.

16. BIBLIOGRAFÍA

Acurio, L., Salazar, D., Castillo, B., Santiana, C., Martínez-Monzó, J., & Igual, M. (2023). *Characterization of second-generation snacks manufactured from andean tubers and tuberous root flours. Foods, 13(1), 51.*

Abedi-Vinueza, J. E. (2020). *Metabolismo de las bacterias ácido lácticas sobre los carbohidratosfermentables. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799315000508*

Akan, E. (2022). *The effect of fermentation time and yogurt bacteria on the physicochemical, microbiological and antioxidant properties of probiotic goat yogurts*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências, 94*(3), e20210875. *https://www.scielo.br/j/aabc/a/VwF5ZGZYnFPMw8Fj88XLF4g/?lang=en*

Aviles-Rivera, Y. A., Hernández-Mendoza, A., Heredia, J. B., Mata-Haro, V., Santiago-López, L., & Muy-Rangel, M. D. (2024). *Capacidad fermentativa de cepas específicas de Lactiplantibacillus plantarum utilizando mango como materia base. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 15(5), e3719. https://doi.org/10.29312/remexca.v15i5.3719*

Al-Kharousi, Z. S. (2025). *Highlighting lactic acid bacteria in beverages: Diversity, fermentation, challenges, and future perspectives. Foods, 14(12), Article 2043. https://doi.org/10.3390/foods14122043*

Barco, L. M. (2017). *Elaboración de bebida fermentada a base del extracto de quinua (Chenopodium quinoa Willd) y soya (Glycine max) con la aplicación de probióticos (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2017.). https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f1513f28-bad5-497e-a9d5-0182afee25f1/content*

Bernal Castro, C. A., Díaz-Moreno, C., & Gutiérrez-Cortés, C. (2017). *Probióticos y prebióticos en matrices de origen vegetal: Avances en el desarrollo de bebidas de frutas. Revista Chilena de Nutrición, 44(4), 383–392. https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000400383*

Benavides & Guevara, R. M., Rodríguez-González, I., & Inampués-Charfuelan, M. L. (2023). *Potencial funcional, nutricional y tecnológico de la quinua a través de la fermentación ácido láctica: Una revisión. Ingeniería y Competitividad, 25(3). https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.12693*

Caicedo, D. (2021). *Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la extracción de harina de oca por el método tacho abierto. https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/article/view/1039/2058*

Calva Beltrán, C. I., (2016). *Caracterización etnobotánica de tres especies andinas: melloco (ullucus tuberosus), oca (oxalis tuberosa) y mashua (tropaeolaceae tuberosum), domesticadas en el cantón Saraguro. https://dspace.unl.edu.ec/server/api/core/bitstreams/46d1d973-58e4-46a7-8555-dd23792ccd0c/content*

Campoverde Caicedo, A., & Meneses Quelal, O. (2025). *Challenges and opportunities of Oxalis tuberosa Molina cultivation, from an Andean agroecological and biocultural perspective. Sustainability, 17(14), 6470. https://doi.org/10.3390/su17146470*

Carbonero-Tlapanco, F. (2026). *Fracción de azúcares presentes en alimentos, los cuales son utilizados como fuente de carbono y energía para microorganismos. https://academic.oup.com/femsre/article/3/3/221/592875*

Castañeta, G., Castañeta, R., & Peñarrieta, J. M. (2022). *Cambios fisicoquímicos por exposición a la radiación solar en tubérculos de Oxalis tuberosa cultivados en Bolivia. Revista Boliviana de Química, 39(2), 44–55.*

Castillo, C. S. H., & Morales, J. G. J. (2023). *Preparation of a probiotic quinoa beverage by enzymatic hydrolysis of its starches and subsequent lactic acid fermentation. Revista Vitae, 30(2). https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v30n2a352397*

Cañón Rodríguez, D. F., Benavides Guevara, R. M., Rodríguez González, I., & Inampués Charfuelan, M. L. (2022*). Aprovechamiento de la quinua cultivada en Cundinamarca: evaluación de las propiedades fisicoquímicas de una bebida fermentada con extracto de quinua, lactosuero y pulpa de mango. Publicaciones e Investigación. https://doi.org/10.22490/25394088.5595*

Correa, A. R., & Cuenca, M., (2022). *Evaluación de la fermentación láctica en una bebida láctea y no láctea usando dos cultivos iniciadores comerciales,doi: https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v29n2a347447*

Correa, S. A. C., Guzmán, C. V. B., & Castillo, Y. N. C. (2020). *Viscosidad de los alimentos con la influencia de la concentración de sólidos suspendidos y disueltos. https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/medi/article/view/1269*

Cerero & Calvo, C., Sánchez-Medina, M. A., Pérez-Santiago, A. D., Matías-Pérez, D., & García-Montalvo, I. A. (2022). *Probióticos presentes en bebidas fermentadas mexicanas. TIP. Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas, 25, e436. https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.436*

Cuán, M. A. C. (2023). *Asociación de los sólidos solubles totales con la composición y percepción sensorial de tomates tipo "Grape" producidos en dos sustratos orgánicos.https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/9868*

D'Almeida, A. P., Neta, A. A. I., De Andrade-Lima, M., & De Albuquerque, T. L. (2024). *Plant-based probiotic foods: current state and future trends. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11525375/*

García - Zandal, R. R. (2021), *Incremento progresivo del Alcides titulable en productos fermentables asociados a la producción y acumulación de ácidos orgánicos.*

Gedik, O., & Karahan, AG (2023). *Propiedades fisicoquímicas y evaluación de la supervivencia de probióticos potenciales en una nueva bebida láctea durante el almacenamiento. Food Science & Nutrition , 11 (12), 7803-7815.*

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/fsn3.3697

González García, Y., Meza Contreras, J. C., Anzaldo Hernández, J., & Sanjuán Dueñas, R. (2020). *Obtención de azúcares fermentables desde residuos de cartón para cultivar levaduras de interés biotecnológico. Revista mexicana de ciencias forestales, 6(28), 88-105 https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214799315000508*

Gualoto Lata, J. A., Baño Ayala, D. J., & Ramos Flores, J. M. (2021). *Evaluación análisis muesli.*

https://agris.fao.org/search/en/providers/125028/records/674898277625988a371e3873

Guilcapi, S. (2023). *"Elaboración de una bebida Probiótica a base de Jackfruit (Artocarpus Heterophyllus) y Stevia".*

Hernández, B. G., Guerrero, C. A. C., Guillermo, A. A. E., & Rodríguez, M. de los A. (2026). *Evaluación del Impacto Térmico en la Deshidratación y Caracterización Fisicoquímica y Nutricional de Harinas de Mashua (Tropaeolum tuberosum) y Oca (Oxalis tuberosa). Dominio de las Ciencias, 12(1), 1281-1299. https://doi.org/10.23857/dc.v12i1.4734*

Hernández Guerrero, C. Y., Blanco Paz, A. J., & Quicazán, M. C. (2016). *Establecimiento de las condiciones de elaboración de hidromiel mediante diseño de experimentos. file:///C:/Users/PC/Downloads/Establecimientodelascondicionesdeelaboracindehidromiel mediantediseodeexperimentos.pdf*

International Organization for Standardization. (2014). ISO 11136:2014. *Sensory analysis—Methodology—General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area. ISO.*

Jarro Calle, D. R., (2026). *Elaboración de bebidas probióticas con fermentos de kéfir de agua (tibicos) y con base en frutos nativos del Ecuador: Guanábana (Annona muricata), Taxo (Passiflora tripartita) y Mora (Rubus fruticosus). https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/96b21a4f-97ce-4cd1-8536-149606db0aec/content*

Marín-Arriojas, B. (2020). *Turbidez y presencia de partículas suspendidas como sólidos insolubles, polisacáridos, proteínas y otros componentes. https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering*

Montenegro, A., Meléndez, D., Espinoza, K., Espinoza, M., & Montenegro, J. (2025). *Formulación de una bebida funcional probiótica, proteica y energética a base de pulpa de mango y lactosuero. Revista Científica Dékamu Agropec, 6(2), 19-29.*

Muenala, N. (2021). *Uso de la oca (Oxalis tuberosa) para la elaboración de néctar. Repositorio Institucional UPEC. https://repositorio.upec.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9f09350f-7216-48ca-*

Molero-Méndez, M., Aiello-Mazzarri, C., Araujo-Morillo, J., & Briñez-Zambrano, W. (2017). *Calidad fisico-quimica, microbiológica y vida útil de bebidas probióticas fermentadas a base de lactosuero. Revista Científica, 27(5), 265-269.9cf6-77f039b7eb9d/content*

Muñoz Ccencho, R. V. (2023). *Bebida funcional del extracto del tallo de Oxalis tuberosa Mol. y zumo de Gaultheria glomerata (Cav.) Sleumer y evaluación fisicoquímica [Trabajo de titulación]. https://hdl.handle.net/20.500.14597/6017*

Navarro - Cuesta, Sh. K, (2024). *Rango de Sólidos solubles en bebidas probióticas. https://www.frontiersin.org/journals/bioengineering-and biotechnology/articles/10.3389/fbioe.2021.612285/full*

Papadimitriou, K., Alegría, Á., Bron, P. A., de Angelis, M., Gobbetti, M., Kleerebezem, M., Lemos, J. A., Linares, D. M., Ross, P., Stanton, C., Turroni, F., van Sinderen, D., Varmanen, P., Ventura, M., Zúñiga, M., Tsakalidou, E., & Kok, J. (2016). Stress physiology of lactic acid bacteria. Microbiology and Molecular Biology Reviews, 80(3), 837–890.

https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4981675/

Oshiro, M., & Tanaka, M. (2020). *Impact of pH on succession of sourdough lactic acid bacteria communities and their fermentation properties. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7392915/*

Quispi, Guevara, E. L. (2023). *Elaboración de una bebida probiótica de lactosuero con lactobacillus casei saborizada con diferentes niveles de uvilla (Physalis peruviana). https://dspae.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/4fa85aea-3a95-4dbe-bcdf-c62a9dcd596e/content*

Remache Yausen, R. N. (2024). *Elaboración de una bebida probiótica con suero de leche y pulpa de mashua (Tropaeolum tuberosum). https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/d4f3fae6-7a5f-4c7b-bbc3-30da462eedd0/content.*

Rosero-Alpala, M. G., Rosero, D. A., & Tapie, W. A. (2025). *Conservación in situ y variabilidad morfológica de la oca (Oxalis tuberosa Mol.) en agroecosistemas tradicionales de Nariño, Colombia. Revista Peruana de Biología, 32(4), e30838. https://doi.org/10.15381/rpb.v32i4.30838*

Rojas Vásquez, V. H. (2023). *Determinación de la vida útil de la bebida simbiótica a base de pulpa de pitahaya roja (Hylocereus monacanthus) durante el almacenamiento (Tesis de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San ANAMarcos). https://hdl.handle.net/20.500.12672/19947*

Rudas Bautista, P. T. (2023). *Elaboración de una bebida simbiótica a base de pulpa de Hylocereus monacanthus (Hort. ex Lem.) Britton & Rose "pitahaya roja". https://cybertesis.unmsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/82baffa1-1fdf-4342-94d2-cfab649f4cf1/content*

Ruiz-Solórzano, M. A., & López-Guano, F. T. (2020). *Acidez titulable en ácidos orgánicos. https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7455955*

Sánchez Jiménez, J. (2020). *Evaluación de la viabilidad de las bacterias ácido-lácticas usadas para la elaboración de yogurt frente a fluido gástrico simulado. Quito: UCE. Disponible en: http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/21958*

Souza, H. F., Borges, L. A., Mendes, G. R. L., Durães, C. A. F., Fonseca, H. C., Boitrago, S. C. O. S., Leal, J. S., Ferreira, S. R., Kamimura, E. S., & Lima, W. J. N. (2023). *Nuevas formulaciones de bebida láctea fermentada con adición de pulpa de frutas: Características fisicoquímicas durante el almacenamiento y perfil nutricional. Revista Chilena de Nutrición, 50(5), 496-502. https://doi.org/10.4067/S0717-75182023000500496*

Taipe-Iza, S. B., Inga-Aguagallo, C. F., Tobar-Jácome, M. C., & Villarroel-Inca, D. A. (2025). *Innovación gastronómica y saberes ancestrales: La oca andina como ingrediente en la pastelería contemporánea. Innova Science Journal, 3(3), 388–399. https://doi.org/10.63618/omd/isj/v3/n3/89*

Tonacci, A., & Gorini, F. (2025). *Sensory characteristics of probiotic-containing foods: A multidisciplinary perspective on enhancing acceptability and consumer adherence. Nutrients, 18(1), 32. https://doi.org/10.3390/nu18010032*

Vasco Buitrón, M. A. (2022). *Elaboración de una bebida fermentada con la utilización de diferentes niveles de pulpa de arazá. https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/768565b1-6fc6-4c0b-ae0c-59525d9ad8ae/content*

Valero-Cases, E., & Frutos, M. J. (2017). *Effect of inulin on the viability of Lactobacillus plantarum during storage and in vitro digestion and on composition parameters of vegetable fermented juices*. *Plant Foods for Human Nutrition, 72*(2), *161–167. https://doi.org/10.1007/s11130-017-0601-x*

Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. Revista Chilena de Nutrición, 45(3), 271–278.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271

Zendo, T. (2023). *El análisis cinético del crecimiento y el consumo de azúcar por Lactobacillusfermentum.*

https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168160508004339