



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE
LECHE Y PULPA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA:

RUTH NOEMI REMACHE YAUSEN

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE
LECHE Y PULPA DE MASHUA (*Tropaeolum tuberosum*)**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: RUTH NOEMI REMACHE YAUSEN

DIRECTOR: Ing. BYRON LEONCIO DÍAZ MONROY, Ph.D.

Riobamba – Ecuador

2024

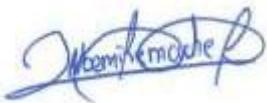
© 2024, Ruth Noemi Remache Yausen

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, RUTH NOEMI REMACHE YAUSEN, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de enero de 2024



Ruth Noemi Remache Yausen

060484385-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA** (*Tropaeolum tuberosum*), realizado por la señorita: **RUTH NOEMI REMACHE YAUSEN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Paola Fernanda Arguello Hernández MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-01-24
Ing. Byron Leoncio Díaz Monroy, Ph.D. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-01-24
Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, Ms.C. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-01-24

DEDICATORIA

Con cariño, dedico mi trabajo de titulación a mi madre Rosa Yausen quien con su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años me ha dado la oportunidad de cumplir un logro más, gracias por ser el ejemplo de superación, mi pilar fundamental en mi vida y por creer en mí. A mis hermanos Paulina, Carlos, Tupac y David por su cariño, gracias por el apoyo incondicional y por estar conmigo siempre en los buenos y malos momentos de mi vida. A mi tía y abuelita quienes con sus enseñanzas hicieron de mí una persona con buenos sentimientos, principios y valores que siempre me han ayudado a sobresalir. A mis hijos Joshua y Antonella que son mi motor, la inspiración y la alegría de mi vida, gracias por llegar a iluminar mis días y noches. Los amo infinitamente. A mi querido abuelito Manuel que desde el cielo me guía y protege en cada paso que doy. Y a mi persona especial quien me enseñó a ser fuerte en cada etapa de mi vida.

Ruth

AGRADECIMIENTO

Quiero manifestar gratitud a Dios por brindarme salud y vida durante todo este proceso. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en especial a la carrera de Agroindustria por permitirme ingresar a sus aulas y darme la oportunidad de recibir una excelente educación. A todos los docentes que compartieron sus conocimientos y experiencias a lo largo de toda mi formación académica. A el Ing. Byron Díaz por orientarme y apoyarme en la realización de este proyecto. Finalmente agradezco a mis amigos quienes me brindaron su amistad desinteresadamente y siempre me motivaron a seguir con pie firme.

Ruth

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Planteamiento del Problema	2
1.2 Justificación	2
1.3 Objetivos	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÒRICO	4
2.1 Mashua.....	4
2.1.1 <i>Origen</i>	4
2.1.2 <i>Taxonomía</i>	5
2.1.3 <i>Variedades nativas de la mashua</i>	5
2.1.4 <i>Rendimiento</i>	5
2.1.5 <i>Características morfológicas</i>	6
2.1.6 <i>Composición nutricional</i>	6
2.1.7 <i>Composición química</i>	7
2.1.8 <i>Soleado de la mashua</i>	7
2.1.9 <i>Propiedades</i>	8
2.1.10 <i>Beneficios</i>	9
2.2 Suero de leche	10
2.2.1 <i>Definición</i>	10
2.2.2 <i>Tipos</i>	10
2.2.3 <i>Composición nutricional</i>	11

2.2.4	<i>Usos</i>	11
2.3	Bacterias ácido lácticas	12
2.3.1	<i>Definición</i>	12
2.3.2	<i>Clasificación</i>	12
2.4	Cepa probiótica	13
2.5	Bebidas Probióticas	14

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	15
3.1	Localización y duración del experimento	15
3.2	Unidades experimentales	15
3.3	Materiales, equipos e insumos	15
3.3.1	<i>Materiales</i>	15
3.3.2	<i>Equipos</i>	16
3.3.3	<i>Insumos</i>	17
3.3.4	<i>Reactivos</i>	17
3.4	Tratamientos y diseño experimental	17
3.4.1	<i>Tratamientos</i>	17
3.4.2	<i>Análisis estadístico y prueba de significancia</i>	18
3.5	Diseño experimental	18
3.6	Mediciones experimentales	18
3.6.1	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico del suero de leche</i>	18
3.6.2	<i>Análisis fisicoquímico de la mashua</i>	19
3.6.3	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico de la bebida probiótica</i>	19
3.6.4	<i>Análisis sensorial</i>	19
3.6.5	<i>Análisis Económico</i>	20
3.7	Procedimiento experimental (en orden de ejecución)	20
3.7.1	<i>Elaboración de la pulpa de mashua</i>	20
3.7.2	<i>Diagrama de flujo de la pulpa de mashua</i>	21
3.7.3	<i>Elaboración de la bebida probiótica con suero de leche y pulpa de mashua</i>	21
3.7.4	<i>Diagrama de flujo de la bebida</i>	22
3.8	Metodología de evaluación	23
3.8.1	<i>Proteína láctea</i>	23
3.8.2	<i>Grasa láctea</i>	24
3.8.3	<i>Ceniza</i>	24

3.8.4	<i>Acidez titulable</i>	25
3.8.5	<i>Lactosa</i>	25
3.8.6	<i>pH</i>	26
3.8.7	<i>Sólidos solubles</i>	26
3.8.8	<i>Fibra bruta</i>	26
3.8.9	<i>Recuento microbiológico</i>	27
3.8.10	<i>Prueba de aceptabilidad</i>	28

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	29
4.1	Análisis fisicoquímico del suero de leche	29
4.1.1	<i>Lactosa</i>	29
4.1.2	<i>Proteína Láctea</i>	30
4.1.3	<i>Grasa Láctea</i>	30
4.1.4	<i>Ceniza</i>	30
4.1.5	<i>Acidez Titulable</i>	30
4.1.6	<i>pH</i>	31
4.2	Análisis microbiológico del suero de leche	31
4.3	Análisis fisicoquímico de la mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>)	32
4.4	Análisis bromatológico	33
4.4.1	<i>Proteína</i>	34
4.4.2	<i>Sólidos Solubles</i>	35
4.4.3	<i>pH</i>	36
4.4.4	<i>Acidez</i>	37
4.5	Análisis microbiológico	38
4.5.1	<i>Levaduras</i>	38
4.5.2	<i>Bacterias probióticas</i>	39
4.6	Análisis organoléptico	40
4.7	Análisis económico	41

CONCLUSIONES	43
---------------------------	----

RECOMENDACIONES	44
------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica	5
Tabla 2-2: Composición química de mashua (<i>Tropaeolum tuberosum</i>).....	7
Tabla 2-3: Composición general del suero y su distribución proteica	11
Tabla 3-1: Esquema del experimento.....	17
Tabla 3-2: Esquema del ADEVA.....	18
Tabla 3-3: Dosificación de la bebida probiótica con suero de leche y pulpa de mashua.....	20
Tabla 3-4: Parámetros de evaluación organolépticas.....	28
Tabla 4-1: Análisis fisicoquímico del suero de leche	29
Tabla 4-2: Control microbiológico del suero de leche	31
Tabla 4-3: Análisis fisicoquímico de la mashua	32
Tabla 4-4: Análisis bromatológico con los niveles de pulpa de mashua	33
Tabla 4-5: Control microbiológico de los tratamientos	38
Tabla 4-6: Análisis organoléptico de la prueba de cata	40
Tabla 4-7: Análisis financiero de las bebidas probióticas con suero y pulpa de mashua.....	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1: Mashua <i>Tropaeolum tuberosum</i>	4
Ilustración 2-2: Morfología de <i>Lactobacillus acidophilus</i>	13
Ilustración 3-1: Elaboración de la pulpa de mashua.....	21
Ilustración 3-2: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida.	22
Ilustración 4-1: Cantidad de proteína por niveles de pulpa de mashua adicionada.....	34
Ilustración 4-2: Contenido de Sólidos solubles por niveles de pulpa de mashua adicionada....	35
Ilustración 4-3: pH del producto final elaborado con diferentes niveles de pulpa de mashua. .	36
Ilustración 4-4: Porcentaje de acidez por niveles de pulpa de mashua adicionada	37
Ilustración 4-5: Análisis microbiológico de levaduras	39
Ilustración 4-6: Análisis microbiológico de bacterias probióticas	40

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE LA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA	8
ANEXO B: FICHA DE PRUEBA AFECTIVA DE ESCALA HEDÓNICA.....	9
ANEXO C: RESULTADOS DE LA VALORACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA.....	10
ANEXO D: ELABORACIÓN DE LA DE LA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA	12
ANEXO E: ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE LA BEBIDA PROBIÓTICA ELABORADA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA.....	22
ANEXO F: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA BEBIDA PROBIÓTICA ELABORADA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA.....	23
ANEXO G: ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BEBIDA PROBIÓTICA ELABORADA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA	24

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue elaborar una bebida probiótica con suero de leche y pulpa de mashua (*Tropaeolum tuberosum*). La metodología implementada fue de tipo cuantitativa ya que se realizó un análisis de los datos mediante un software estadístico que permitió establecer las significancias entre los niveles del estudio, también se aplicó un diseño de tipo experimental debido al uso de las instalaciones para la aplicación de los análisis, donde se determinó un tamaño de la unidad para la elaboración de la bebida con suero de leche, específicamente 12 unidades experimentales de 1,5 litros obteniendo un total de 18 litros que se distribuyeron en 3 tratamientos (6, 12, 18% de adición de pulpa de mashua) para ser analizadas bajo parámetros proximales, sensoriales y microbiológicos. Mediante la metodología se logró determinar la composición proximal de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y el suero de leche para verificar la calidad del nivel del T3 (18% de mashua) con valores de: proteína 5,41%, sólidos solubles 4,75°Brix, pH 4,7 y acidez 0,63% ácido láctico y una carga adecuada de bacterias ácido lácticas ($2,79 \times 10^6$ UFC/ml) con una aceptación adecuada en el análisis sensorial. En este contexto se concluyó que el tratamiento T3 fue el mejor en aspectos nutricionales, pero el tratamiento de 6% de adición de pulpa evidencio un mejor margen de utilidad con un beneficio/costo de \$1,43 que indica que por cada \$1,00 invertido se obtienen una rentabilidad de \$0,43.

Palabras clave: <BEBIDA PROBIÓTICA> <SUERO DE LECHE> <MASHUA (*Tropaeolum Tuberosum*)> <BACTERIAS ACIDO LÁCTICAS (BAL)> <FERMENTACIÓN>.

0248-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

His research aimed to develop a probiotic beverage using whey and mashua pulp (*Tropaeolum tuberosum*). The methodology was quantitative, as data analysis used statistical software to establish significance among the study levels. Additionally, an experimental design was necessary due to the utilization of facilities for analysis application, where a unit size was determined for beverage preparation using whey, specifically, 12 experimental units of 1,5 litres, resulting in a total of 18 litres distributed across three treatments (6%, 12%, 18% addition of mashua pulp) submitted for proximal, sensory, and microbiological parameters. Through this methodology, the proximal composition of mashua (*Tropaeolum tuberosum*) and whey was determined to verify the quality of T3 level (18% mashua) with values of protein 5,41%, soluble solids 4,75°Brix, pH 4,7, acidity 0,63% lactic acid, and adequate load of lactic acid bacteria (2.79×10^6 CFU/ml) with appropriate acceptance in sensory analysis. Finally, the T3 treatment exhibited the best nutritional aspects, while the 6% addition pulp treatment demonstrated a superior profit margin with a cost-benefit ratio of \$1,43, indicating that for every \$1,00 invested, there is a return of \$0,43.

Keywords: < PROBIOTIC BEVERAGE>, <WHEY>, <MASHUA (*Tropaeolum Tuberosum*)>, <LACTIC ACID BACTERIA (LAB)>, <FERMENTATION>.



Lic. Mónica Logroño B. Mgs.

060274953-3

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se consumen bebidas industrializadas con mayor contenido de edulcorantes, saborizantes y diferentes insumos químicos, con insuficiente valor nutricional y ningún efecto benéfico para la salud, que, por el contrario, provocan diversas enfermedades obesidad, diabetes y problemas cardiacos.

La mashua es una planta originaria de los Andes centrales específicamente de Bolivia, Perú, Ecuador y Colombia, este tubérculo es un alimento que tiene un alto contenido de almidón, vitaminas C y B, proteínas, carbohidratos, fibras y calorías. Por esta razón es de suma importancia evitar la extinción del cultivo de mashua porque es un alimento nutricional y medicinal que sirve para la seguridad alimentaria de muchos pueblos ecuatorianos.

El suero de leche es un subproducto proveniente de la industria quesera, tiene lactosa y proteínas de alto valor biológico como son lactoglobulinas y albúminas. Este subproducto se obtiene al separar la caseína de la leche durante la elaboración de quesos, por cada kilogramo de queso producido, se desecha alrededor de 9 litros de lactosuero (CUELLAS, y otros, 2010). El suero líquido se compone de lactosa (5%), agua (93%), proteínas (0,85%), minerales (0,53%) y una cantidad mínima de grasa (0,36%). Las proteínas del suero tienen un alto valor biológico superior a otras proteínas (PESCUMAN, y otros, 2010). Siendo su principal componente la β -lactoglobulina (β -LG) con cerca de 10% y α -lactoalbúmina con 4% de toda la proteína láctea, además, contiene otras proteínas como; lactoferrina, lacto peroxidasa, inmunoglobulinas, y glicomacropéptidos (Parra, 2009, p. 12).

Probióticos este término se utiliza para definir a aquellos microorganismos, ya sean bacterias o levaduras, que sobreviven al paso por el tracto gastrointestinal y que producen un efecto beneficioso sobre una o varias funciones del organismo, proporcionando un mejor estado de salud y bienestar y/o reduciendo el riesgo de enfermedad. Estos microorganismos vivos, aunque están incorporados especialmente en productos lácteos, también se pueden encontrar en otro tipo de alimentos fermentados como, por ejemplo, avena, verduras, embutidos o té (Callanan et al., 2008 p. 727).

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La falta de una alimentación adecuada dentro de la población actual ha ocasionado preocupaciones muy comunes en la salud de las personas sin limitarse en grupos específicos de poblaciones. Con el impacto de la tecnología, y el ritmo de vida que lleva la sociedad en el medio se han reflejado la presencia de nuevas enfermedades en los consumidores, las mismas que en los antecesores no se mostraban con frecuencia como en la actualidad, esto probablemente se debe a que en la alimentación de ellos ocupaban productos agrícolas libres de conservantes y pesticidas al igual que en sus bebidas no tenían sabores ni colorantes artificiales, por lo que lo hacían de una manera más natural, teniendo como resultado una buena salud en los consumidores.

Dentro del Ecuador contamos con productos andinos altamente nutritivos que, por la falta de apoyo hacia los productores y comunidades por parte de autoridades y gobiernos, no se ha logrado aprovechar de mejor manera estos recursos, generando poco interés por parte de los agricultores en la explotación de sus cultivos. Como la mashua y otros cultivos, que, por la falta de conocimiento en cuanto a los parámetros de pos cosecha, técnicas agroindustriales con estas materias primas andinas, es una desventaja dentro de la productividad ecuatoriana, teniendo como resultado, fuentes de ingresos insignificantes en los productores y productos limitados que beneficieren en la salud de la población.

El suero de leche es el subproducto que se obtiene en mayor cantidad en la industria de elaboración de queso. Por lo que en diez litros de leche procesada se producen aproximadamente nueve litros de lactosuero, el cual corresponde a un 85-90% del volumen total de la leche, siendo a nivel ambiental un amplio contaminante.

1.2 Justificación

En el Ecuador se producen recursos andinos con alto valor nutricional, que en varios de los casos es desconocido por los productores. La mashua es uno de estos, ya que es un tubérculo que presenta un aporte nutricional elevado que se desarrolla únicamente en los Andes Centrales, pudiendo mencionarla como una fortaleza de la región. Por sus características ofrece un gran potencial agroindustrial en el medio, puesto que se estima, gran cantidad de proteínas, de

carbohidratos, de agua, almidón, aminoácidos esenciales, vitaminas C y B, fibra, calcio, fósforo, hierro y ácido ascórbico (Barrera, 2011, p. 18).

La inclinación hacia el consumo de bebidas probióticas impulsa a realizar esta investigación acerca de la mashua, siendo esta la materia prima principal para la obtención una bebida funcional por su alto aporte nutricional, es necesario dar un valor agregado a esta materia prima puesto que el cultivo de la mashua, es muy productivo.

Vale mencionar que otro de los motivos de la presente investigación está orientada hacia el uso adecuado del suero de leche que es un subproducto resultante de la elaboración de quesos que se distingue por su elevado valor nutritivo. Por lo tanto, se ha optado elaborar una bebida probiótica con estos dos productos por sus beneficios nutricionales que brindan a los seres humanos y también contribuir de manera colectiva con información que muestre resultados viables hacia el desarrollo y de ese modo contribuir con el sector quesero que desecha gran cantidad de suero de leche.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Elaboración de una bebida probiótica con suero de leche y pulpa de mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) a ser utilizado como materia prima.
- Evaluar tres niveles de adición de pulpa de mashua (6, 12 y 18 %) en la elaboración de una bebida probiótica con suero de leche con *Lactobacillus acidophilus* y un edulcorante sintético.
- Determinar la calidad del producto obtenido mediante el análisis de indicadores microbiológicos, bioquímicos y organolépticos.
- Determinar los costos de producción de la bebida y la rentabilidad mediante el indicador beneficio/costo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Mashua

2.1.1 Origen

La Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) es un tubérculo que se encuentra distribuido entre 2.800 y 4.000 msnm en las regiones andinas, tales como Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, en donde se la puede hallar tanto en forma silvestre como cultivada. Este cultivo andino es resistente a temperaturas bajas, así como al ataque de insectos y plagas. Es imposible determinar con exactitud en qué punto de la región andina se originó y se propagó esta planta; se cree que puede ser originaria del Perú y desde el año 1.582, desde épocas preincaicas, estaría siendo cultivada y habría sido utilizada por nuestros ancestros debido a su alto valor nutricional, medicinal y por su fácil cultivo en las zonas altas de esta región (Espinoza, 2000, p. 22).



Ilustración 2-1: Mashua *Tropaeolum tuberosum*

Realizado por: Remache, R., 2023.

2.1.2 Taxonomía

Tabla 2-1: Clasificación taxonómica

División:	<i>Espermatofita</i>
Subdivisión:	<i>Angiosperma</i>
Clase:	<i>Dicotiledónea</i>
Superorden:	<i>Dicifloras</i>
Orden:	<i>Geraniales</i>
Familia:	<i>Ropaeolaaceae</i>
Género:	<i>Tropaeolum</i>
Especie:	<i>T.Tuberosum</i>

Fuente: (Font Quer, 2012, p. 21)

2.1.3 Variedades nativas de la mashua

Actualmente se pueden encontrar 100 variedades reconocidas. Pero no existen estudios profundos realizados sobre la variación en la Mashua, la clasificación que realizan algunos autores es de acuerdo al tipo y distribución de colores (Tineo, 1993, p. 11).

Según (Delgado, 1978, p. 11) indica que, a los clones y/o ecotipos de Mashua lo diferencian de acuerdo al color del tubérculo en el idioma quechua.

- Occe año: Plomizo
- Yana año: Negruzco
- Puca año: Rojizo
- Muru año: Morado
- Chhecce año: Gris
- Zapallo año: Amarillo
- Yurac año : Blanco

2.1.4 Rendimiento

Han sido registrados rendimientos sobre 70000 kg/ha en parcelas experimentales en Ecuador y Cusco” (Hermnan et al., 2012, p. 15).

El Informe Técnico Anual de (INIAP, 2012, p. 11) señala que, entre el melloco, la oca y la mashua,

este último fue el cultivo con mayor rendimiento y puede ser considerado como el más 29 promisorio desde el punto de vista agrónomo, aunque es el menos apetecido por los consumidores en comparación con otros tubérculos, debido a su sabor astringente. El más alto rendimiento fue de 74.666 kg/ha, rendimiento que supera a cualquier otro tubérculo andino incluyendo a la papa (Vizcaino, 2010, p. 41).

En una investigación se muestra como resultados de un ensayo experimental para registrar la relación directa entre el número de tubérculos sembrados y el rendimiento obtenido por planta, un promedio general de 1,88 kg/planta y un porcentaje de daño por plaga de apenas 2,31 %, confirmando las propiedades organolépticas beneficiarias que contiene este tubérculo (Monteros, 2011, p. 33).

2.1.5 Características morfológicas

La mashua, es una planta herbácea anual de la familia Tropaeolaceae, de 20 a 90 cm de altura, de porte erecto al principio, luego semiprostrado, prostrado y con tendencia al enroscado (unas más que otras) con una masa compacta en el follaje. De igual manera los ojos son siempre profundos, anchos y estrechos, sin brácteas (Cadima, 2006, p. 11).

(Gómez et al., 2000, p. 17) determina que, los tubérculos que produce la mashua miden de 5 a 15 cm de largo y 3.0 a 6.0 cm de ancho, tienen forma cónica alargada, yemas profundas, y variados colores como el amarillo, blanco, rojizo, morado, gris y negro, con jaspes oscuros en la piel. El tubérculo posee una textura arenosa y contiene 15 % de proteínas, con alto porcentaje de carbohidratos y 80 % de agua. Debido a la presencia de isotiocianatos, que también se encuentran en la mostaza y los rabanitos, la mashua tiene un sabor acre y picante, pero que desaparece con la cocción volviéndose dulce.

2.1.6 Composición nutricional

Este tubérculo posee un alto contenido en carbohidratos y calorías, y relativamente alto en proteínas y fibras. Además, es rico en vitaminas A y C. La mashua se la consume como complemento nutricional con otros tubérculos como las ocas, mellocos y papas, además posee varios aminoácidos esenciales para el cuerpo humano. La mashua en comparación con la jícama, el miso y la achira presenta un mayor contenido de proteína, pero estas proteínas tienen un alto valor biológico por contener elevadas cantidades de aminoácidos esenciales como lisina, los carbohidratos como azúcar y el almidón se distribuyen equitativamente, es rica en caroteno que

fortalece el sistema inmunológico ayudando a su vez a aumentar las defensas.

De acuerdo con (Barrera et al., 2004, p. 52) las vitaminas presentes en la mashua son:

- Vitamina C con un valor de 77,37 mg de ácido ascórbico por cada 100 g
- Vitamina A, como equivalente del retinol
- Vitamina Caroteno con un contenido medio de 73,56 ER/100 g

2.1.7 Composición química

Tabla 2-2: Composición química de mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

PARÀMETRO	VALOR
Proteïna %	9,17
Fibra %	5,86
Carbohidrato total %	75,40
Almidòn %	46,96
Azucares totales %	42,81
Azucares reductores %	35,83
Ca %	0,006
P %	0,32
Mg %	0,11
Na %	0,044
K %	1,99
Cu %	9,00
Fe %	42,00
Mn %	7,00
Zn %	48,00
Energia (Kcal/100g)	440,0
Vitamina C(mg/100g mf)	77,37

Fuente: (Espín, 2013, p. 5)

2.1.8 Soleado de la mashua

Según la (FAO, 2002) indica que algunos procesos de transformación tienen el objetivo de provocar cambios en la composición de nutrientes (Pacco, 2015, p. 33).

Los tubérculos como la mashua y la oca requiere procesamientos previos para su utilización, debe ser soleado, congelado o deshidratado, para que los almidones se transformen en azúcares y de esa manera sean más dulces y agradables adquiriendo un mejor sabor. Los contenidos de azúcares totales se incrementan a medida que transcurre el tiempo de exposición de los tubérculos al sol, debido a la eliminación de agua y la transformación de almidón en azúcares (Palate, 2012, p. 2).

El consumo de mashua en las zonas de producción se da después de haber sometido la raíz a un proceso de soleado de aproximadamente 10 días (Pérez, 2005, p. 11).

También (Grau et al., 2003, p. 5) señalan que la práctica andina de exponer los tubérculos y raíces a la luz solar directa se utiliza también para la mashua, con el fin de aumentar la dulzura y reducir los niveles de cianuro antes de cocinarlos.

2.1.9 Propiedades

2.1.9.1 Culinarias

Los tubérculos recién extraídos del suelo son amargos. Tradicionalmente se consume en forma de “tayacha”, que es la mashua cocida, congelada y sopada en miel de caña. Ocasionalmente se utiliza para espesar sopas o también en “wathia” similar a la oca, luego se asolear por varios días. En Bolivia se consume para el engorde de los cerdos (Terrazas et al., 1998, p. 33).

2.1.9.2 Medicinal

La mashua tiene “fama” de tener efectos beneficiosos sobre el hígado y los riñones, y aliviar trastornos de próstata y urinarios (Grau et al., 2003, p. 9). Además, también es utilizado como depurativo, para curar enfermedades venéreas; también detiene hemorragias y cicatriza heridas internas y externas (Cadima, 2006, p. 14).

2.1.9.3 Antiafrodisiaco

Se atribuye a la mashua propiedades antiafrodisiacas a través de disminuir la cantidad de testosterona y dihidrotestosterona en la sangre. Se dice que reduce el instinto sexual y se cuenta que las tropas de los incas llevaban mashua como fiambre para olvidarse de sus

mujeres. Hoy se sabe que los niveles de testosterona se reducen significativamente en ratas machos alimentados con este tubérculo (Arbizu et al., 1992, p. 11).

2.1.9.4 Ornamental

La planta de *Tropaeolum tuberosum*, por su profusa floración y atractivo color de flores, constituye una especie llamativa de flora andina. Por esta razón también sirve a veces como planta ornamental en algunas regiones de Sudamérica (Chacón, 1960, p. 14).

2.1.9.5 Biopesticida

Los glucosinolatos pueden conferir resistencia a insectos, herbívoros, hongos, moluscos, bacterias y microorganismos. Las propiedades defensivas de éstos aumentan cuando los tejidos son fragmentados, por daño mecánico, infección o ataque de plagas, puesto que el rompimiento celular expone los glucosinolatos y los pone en contacto con la enzima mirosinasa (una β tioglucosidasa) (Arias, 2011, p. 22).

2.1.10 Beneficios

De acuerdo con (Leyva, 2019, p. 33) se dice que su consumo regular puede aportar los siguientes beneficios a nuestra salud:

- Ayuda en el tratamiento del cáncer: se ha planteado que el consumo diario de vegetales y frutas frescas está directamente relacionado con un menor riesgo de desarrollar varios tipos de cáncer, sobre todo si son ricos en antioxidantes como la vitamina C. Esto convierte a la mashua en una excelente opción para prevenir el cáncer de forma natural, pues su contenido de vitamina C por porción es impresionante.
- Es una fuente saludable de energía. Gracias a su contenido de carbohidratos, la mashua aporta azúcares simples (energía) que el cuerpo necesita para completar sus funciones vitales, y que nos permiten el desenvolvimiento diario.
- Promueve la buena salud del corazón. Según muestra la investigación científica, mantener una alimentación rica en proteínas ayuda a controlar la presión arterial, y, por tanto, favorece la buena salud del sistema cardiovascular. Gracias a su aporte proteico, este tubérculo es una alternativa muy saludable para las poblaciones andinas que lo consumen a diario.
- Mejora el sistema inmune. La ingesta adecuada de vitamina C mejora la capacidad del cuerpo para combatir infecciones, reparar heridas y mantener alejados a todo tipo de gérmenes. No

solo es un nutriente básico para nuestro sistema inmunitario, también es necesario para crear colágeno, la principal proteína estructural que se encuentra en el tejido conectivo. Precisamente esta vitamina es uno de los principales aportes nutricionales de la mashua, con aproximadamente 77 mg de vitamina C en 100 gramos.

- Regula el sistema digestivo. La mashua también contiene fibra dietética, la cual es esencial para el correcto funcionamiento de los intestinos. Ayuda a prevenir el estreñimiento, las hemorroides, y actúa como una escoba que “barre” los desechos intestinales, disminuyendo así el riesgo de cáncer de colon.
- Puede contribuir a la buena salud reproductiva. Se dice que la grasa natural contenida en la mashua favorece la buena salud reproductiva, tanto en hombres como en mujeres, teniendo en cuenta que es utilizada por nuestro cuerpo para la producción y el mantenimiento del equilibrio hormonal. Sin embargo, este beneficio puede verse comprometido debido al efecto supresor de la libido que también se le atribuye a la raíz.

2.2 Suero de leche

2.2.1 Definición

El suero de leche es un subproducto resultante de la elaboración del queso, y se caracteriza por un color amarillo-verdoso, el aspecto opalescente, y el valor nutritivo. Es rico en proteínas de alto valor biológico como la α -lacto-albúmina y la β -lacto-globulina; a la vez que fuente de vitaminas del complejo B, y de minerales como calcio y fósforo. El suero de leche se destaca, además, por el bajo contenido de grasa, y la presencia mayoritaria de la lactosa como fuente de hidratos de carbono y disacáridos (Miranda et al., 2009, p. 47).

2.2.2 Tipos

Según (Panesar, 2009, p. 4) existen varios tipos de lacto suero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos. Se puede detallar la composición nutricional del lacto suero dulce y ácido, observándose que el dulce tiene mayor lactosa y mayor proteína respecto al ácido.

2.2.3 Composición nutricional

Tabla 2-3: Composición general del suero y su distribución proteica

Componente	Observaciones
Lactosa	95% de la leche, en una proporción de (4,5-5,0 % p-v.). 46,0-52,0 g/L en lactosuero dulce y 44,0-46,0 de lactosuero ácido.
Proteína	En una proporción 0,8-1,0% p/v. Corresponde alrededor del 25% de las proteínas contenidas normalmente en la leche. 6,0g/l en lactosuero dulce y 6,0-8,0 g/l en lactosuero ácido. Alto contenido de aminoácidos (Leucina, isoleucina, lisina, valina) vs proteínas de referencia, caseína, proteína de soya y proteína humana.
Lactoalbúmina	30% del contenido proteico
Lactoglobulina	Es importante porque tiene propiedades emulsionantes y cumple una función importante al interactuar con compuestos como el retinol y los ácidos grasos.
Globulina	Corresponden a 10% del total de proteínas.
Proteasas-peptonas	Corresponde a 10% de total de proteínas. Lactoferrinas, albumina, inmunoglobulinas, factores de crecimiento, glicoproteínas y enzimas (nucleasas, lacto peroxidasa, xantina oxidasa, lipasa estearasa, amilasa, fosfatasa acida y alcalinas, lisozima, aldolasa, catalasa, inhibidor de la tripsina, lactosa sintetasa, ceruloplasmina, sulfidriloxidasa y otras). Son proteínas de alto valor biológico al proporcionar aminoácidos esenciales para el organismo, entre ellos, triptófano, leucina, e isoleucina.
Lípidos	0,5% y 8% de la materia grasa de la leche.
Vitaminas	Tiamina 0,38mg/ml; Riboflavina 1,2 mg/ml; Ácido nicotínico 0,85 mg/ml Ácido Pantoténico 3,4 mg/ml; Piridoxina 0,42 mg/ml; Cobalamina 0,03 mg/ml; Ácido ascórbico 2,2 mg/ml
Minerales	8-10% del extracto seco. Calcio (0,4-0,6g/l en lactosuero dulce y 1,2-1,6g/l en lactosuero ácido), potasio, fosforo, sodio y magnesio.
Compuestos biológicamente activos y péptidos bioactivos	Para ejercer determinados efectos biológicos y fisiológicos. Con potencial antihipertensivo, actividad antimicrobial, antioxidante, incremento de la saciedad, entre otros.

Fuente: (Poveda, 2013, p. 65)

2.2.4 Usos

El suero quesero puede utilizarse como base acuosa o en combinación con otros ingredientes ya sean lácteos (leche, proteínas) o no lácteos (grasas y proteínas vegetales). El suero se puede

aprovechar en la alimentación de ganado en forma natural o concentrada. El suero líquido concentrado se utiliza para elaborar productos como galletas, queso procesado, alimentos concentrados y productos farmacéuticos. También se aprovechan las proteínas y la lactosa separadas del líquido (Salinas et al., 2014, p. 5).

Además se han desarrollado bebidas en las cuales se incorporan cultivos de microorganismos como los *Lactobacillus acidophilus*, *L.helveticus*, *L.casei* y *Streptococcus thermophilus* (Franchi, 2010, p. 9). El suero lácteo se ha convertido en una opción para el desarrollo de bebidas fermentadas con bacterias o mezclas de éstas con levaduras, combinándolas generalmente con jugos o saborizantes (Alejo, 2011, p. 15), aprovechando su gran valor nutritivo, y sus características favorables como sustrato para la fermentación por parte de distintos microorganismos.

2.3 Bacterias ácido lácticas

2.3.1 Definición

Las bacterias lácticas (BAL) son un grupo de microorganismos que poseen características ecológicas y metabólicas de gran importancia económica y tecnológica dentro de los alimentos. Y poseen características genéticas diversas, generalmente, son microorganismos gram-positivos, no pigmentados, no forman esporas y no reducen los nitratos, ni producen catalasa. Son anaerobias, pero aerotolerantes y se caracterizan por la producción de ácido láctico como el único o principal producto de la fermentación de carbohidratos.; requieren aminoácidos específicos, vitaminas B y otros factores de crecimiento, incapaces de utilizar hidratos de carbono. Su clasificación se basa en la morfología, la forma de fermentar la glucosa, desarrollo a diferentes temperaturas, la configuración del ácido láctico producido, la habilidad de crecer a altas concentraciones de sal y tolerancia a la alcalinidad y acidez (Agudelo et al, 2010, p. 41).

2.3.2 Clasificación

Las bacterias lácticas (BAL) se incluyen en el orden Lactobacillales que abarcan 13 géneros: *Carnobacterium*, *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus*, *Aerococcus*, *Alloiooccus* y *Weissella* correspondiendo los géneros: *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* y *Pediococcus* los cuales tienen mayor presencia en procesos industriales de ámbito alimentario (Giraffa, 2014, p. 21).

Siendo las especies más usadas para retardar el deterioro y preservar los alimentos en forma natural son las de los géneros *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* y *Carnobacterium*, las cuales se han aislado a partir de granos, plantas verdes, productos lácteos y productos cárnicos, fermentación de verduras y del tracto digestivo de los animales y humanos (Jami et al., 2013, p. 7).

2.4 Cepa probiótica

Son un grupo de microorganismos que, una vez consumidos en porciones adecuadas generan aportes nutricionales; ayudan al sistema inmunológico y a mejorar o evitar variedad de enfermedades alérgicas o crónicas. Se conocen dos grupos de cepas probióticas: el grupo de los bacterianos dentro de los cuales tenemos a la familia de *Lactobacillus* utilizadas para la elaboración de comidas fermentadas y yogures, y la familia *Bifidobacterium*; y el grupo de levadura contiene sólo al *Saccharomyce boulardii* (Guillot, 2018, p. 35).

- ***Lactobacillus***: las más usadas son las cepas: “acidophilus, casei, fermentum, gasseri, johnsonii, paracasei, plantarum, rhamnosus y salivarius”, las bacterias o microorganismo se miden por Unidades formadoras de colonias (UFC) y para su uso deben presentar una concentración de entre 10⁶ y 10⁹ UFC (Guillot, 2018, p. 35).
- ***Lactobacillus acidophilus***: Es una bacteria gram positiva dominante en el intestino delgado, donde se produce la mayor parte de la digestión, absorbe la lactosa y la metaboliza formando ácido láctico. Durante la digestión, también ayuda en la producción de niacina, ácido fólico y vitamina B6 (piridoxina) (Lastras, 2009, p. 6).

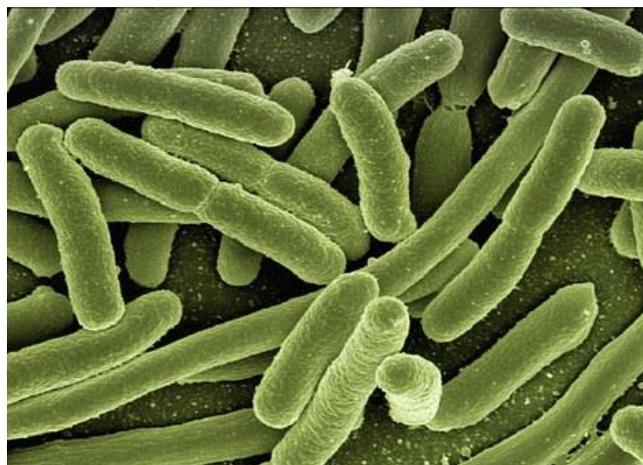


Ilustración 2-2: Morfología de *Lactobacillus acidophilus*

Fuente: Tannis, 2021

2.5 Bebidas Probióticas

De manera general los probióticos se pueden definir como microorganismos viables, para ser más específicos son bacterias ácido lácticas o levaduras que se aplican en productos fermentados, de tal manera que las bebidas probióticas brindan algunos beneficios para la salud de quien las consume, puesto que ayudan a mejorar el tracto intestinal combatiendo patógenos y bacterias tóxicas, pero cada aporte depende de las cepas que contengan (Arthur et al., 2021, p. 66).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización y duración del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la Av. Panamericana Sur Km 1 ½. Los análisis bromatológicos, microbiológicos y sensoriales se efectuaron en los laboratorios de Biotecnología y Bromatología.

3.2 Unidades experimentales

El tamaño de la unidad para la elaboración de la bebida con suero de leche fue de 12 unidades experimentales de 1,5L obteniendo un total de 18 litros de los cuales se tomaron las muestras para cada análisis.

3.3 Materiales, equipos e insumos

3.3.1 *Materiales*

- Envases de vidrio (transparente)
- Papel filtro
- Papel aluminio
- Marcador indeleble
- Cuaderno
- Etiquetas
- Cámara fotográfica
- Fundas ziploc
- Equipo de protección en laboratorio (mandil, cofia, guantes y mascarilla)
- Cajas Petri
- Varilla de agitación
- Espátula
- Tubos de ensayo
- Pipeta
- Mechero de Bunsen

- Gradilla para tubos
- Puntas para micropipetas
- Pinzas
- Vaso de precipitación
- Pipetas Pasteur
- Probeta
- Bureta
- Matraz Erlenmeyer
- Frascos termorresistentes
- Hisopos
- Papel secante
- Capsula de porcelana
- Crisoles
- Soporte universal
- Refractómetro
- Cuenta colonias
- Butirómetro
- Vaso de precipitación Berzelius
- Balón de Kjeldahl

3.3.2 *Equipos*

- Balanza analítica
- Autoclave
- Refrigerador
- Potenciómetro
- Agitador magnético
- pH-metro
- Estufa
- Cámara de flujo laminar
- Mufla
- Desecador
- Vortex
- Incubadora

3.3.3 *Insumos*

- Suero de leche
- Pulpa de mashua
- Agua destilada
- Cepa comercial (*Lactobacillus acidophilus*)

3.3.4 *Reactivos*

- Solución de hidróxido de sodio al 0.1 N.
- Solución de fenolftaleína al 1%.
- Ácido sulfúrico
- Ácido bórico
- Catalizador
- Indicador mixto
- Agares
- Caldo

3.4 Tratamientos y diseño experimental

3.4.1 *Tratamientos*

- T1: Suero de leche 94% más 6% de pulpa de mashua
- T2: Suero de leche 88% más 12% de pulpa de mashua
- T3: Suero de leche 82% más 18% de pulpa de mashua

Las unidades experimentales serán distribuidas bajo un diseño completamente al azar (DCA), por lo que se contará con 3 tratamientos experimentales y cada uno con 4 repeticiones.

Tabla 3-1: Esquema del experimento

Tratamientos	Código	Repeticiones	T.U.E*	Litros/trat.
6%	T1	4	1,5	6
12%	T2	4	1,5	6
18%	T3	4	1,5	6
Total		12		18

Realizado por: Remache, R., 2023.

3.4.2 *Análisis estadístico y prueba de significancia*

- Estadística descriptiva
- Análisis de varianza (ADEVA)
- Separación de medias mediante Tukey (0,05)
- Prueba de Kruskall Wallis para el análisis sensorial

3.5 **Diseño experimental**

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA) con el siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = m + t_i + e_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = respuesta observada con el tratamiento i en la repetición j

m = media general

t_i = efecto del tratamiento i

e_{ij} = termino de error asociado al tratamiento i la repetición j

Tabla 3-2: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Tratamiento	2
Error	9

Realizado por: Remache, R., 2023.

3.6 **Mediciones experimentales**

Las variables experimentales que se consideraron en la investigación son:

3.6.1 *Análisis fisicoquímico y microbiológico del suero de leche*

- Proteína láctea, %
- Grasa láctea, %
- Cenizas, %
- Acidez titulable, %
- Lactosa
- pH

- Aerobios mesófilos, UFC/mL
- *Escherichia coli*, UFC/mL
- *Staphylococcus aureus*, UFC/mL
- *Salmonella*, Presencia o ausencia
- *Listeria*, UFC/mL

3.6.2 *Análisis fisicoquímico de la mashua*

- pH
- Acidez
- Sólidos Solubles
- Proteína
- Grasa
- Humedad
- Cenizas
- Fibra

3.6.3 *Análisis fisicoquímico y microbiológico de la bebida probiótica*

- Proteína láctea, %
- Sólidos totales(°Brix)
- pH
- Acidez Titulable, %
- *Escherichia coli* UFC/g
- Coliformes totales UFC/g
- Mohos y levaduras UFC/g
- Bacterias probióticas UFC/g

3.6.4 *Análisis sensorial*

- Olor
- Color
- Sabor
- Apariencia

3.6.5 Análisis Económico

- Beneficio/Costo

3.7 Procedimiento experimental (en orden de ejecución)

Tabla 3-3: Dosificación de la bebida probiótica con suero de leche y pulpa de mashua

Niveles de pulpa de mashua %	Ingredientes			
	Suero de leche(ml)	Cultivo Probiótico (g)	Pulpa de mashua(ml)	Edulcorante(g)
6	6	1	360	8
12	6	1	720	12
18	6	1	1080	16

Realizado por: Remache, R., 2023.

3.7.1 Elaboración de la pulpa de mashua

Para la elaboración de la pulpa de mashua se basó en el siguiente proceso:

- **Recepción:** La materia prima es la mashua de buena calidad.
- **Selección:** Se eliminó la mashua que no está apta, los que presentan golpes y podredumbres.
- **Lavado y desinfección:** La mashua se sometió a un lavado con agua clorada, para eliminar la suciedad adherida a la mashua. Luego se enjuagó cuidadosamente con agua limpia.
- **Despunte:** Se cortó las puntas de la mashua de ambos lados.
- **Escaldado:** Se procedió a la inmersión de la mashua en agua a una temperatura de ebullición por un tiempo de 10 minutos, posterior a eso se escurrió y se sumergió a agua fría.
- **Licuada:** Se agregó la mashua en una licuadora y se procedió a licuar hasta obtener una pasta homogénea
- **Tamizado:** Con un tamiz se procedió a filtrar la mashua con la finalidad de obtener la pulpa libre de residuos.
- **Pasteurización:** Se colocó la pulpa en una olla, hasta que este alcance una temperatura de 65°C durante 10 minutos.
- **Enfriamiento:** Se dejó enfriar la pulpa en el recipiente durante un determinado tiempo.
- **Envasado:** Se procedió a envasar la pulpa de mashua en unas fundas ziploc.
- **Almacenamiento:** Se colocó la pulpa en el refrigerador para conservarla por más tiempo a una temperatura de 4°C.

3.7.2 Diagrama de flujo de la pulpa de mashua

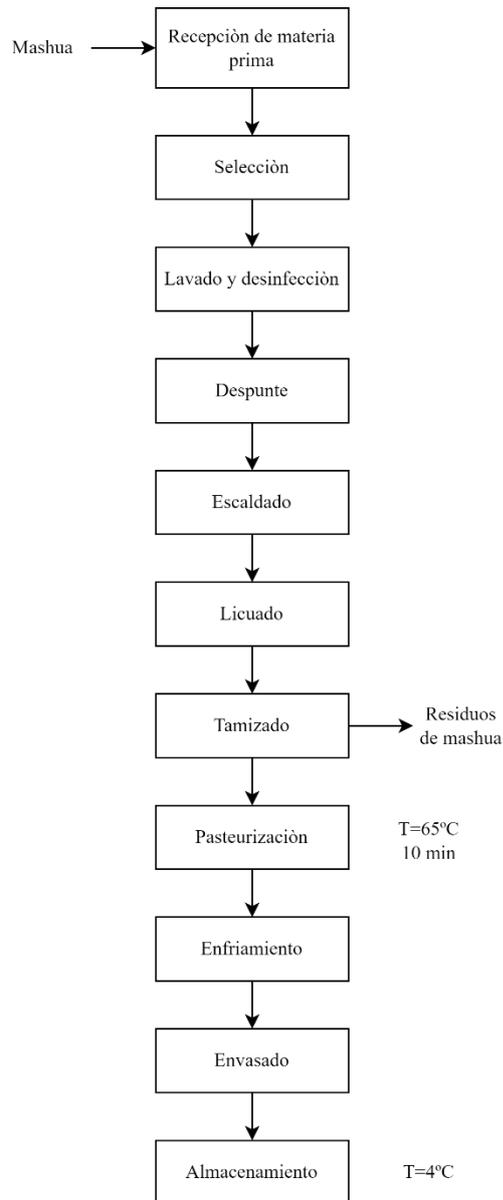


Ilustración 3-1: Elaboración de la pulpa de mashua

Realizado por: Remache, R., 2023.

3.7.3 Elaboración de la bebida probiótica con suero de leche y pulpa de mashua

- **Recepción de la materia prima:** Suero de leche y la pulpa de mashua
- **Filtración:** En esta etapa mediante la utilización de lienzos se precedió a separar las impurezas que puede contener el suero de leche.
- **Pasteurización:** Se realizó a una temperatura de 73 °C por 15 min. en una olla de cocción, para eliminar los microorganismos patógenos.
- **Preenfriado:** Consistió en enfriar inmediatamente la mezcla con la finalidad de mantener la

calidad de la muestra y llegar a la temperatura adecuada donde se desarrollará el cultivo Láctico; hasta que alcance 45°C de temperatura.

- **Inoculación:** Se adicionó el cultivo una vez que el lactosuero ha alcanzado la temperatura óptima de 42°C.
- **Mezclado:** Se realizó la adición de la pulpa de mashua, edulcorante sintético con la finalidad de resaltar el sabor del producto final. Se agitó durante un tiempo aproximado de 10 minutos.
- **Fermentación:** Se dejó fermentar por un tiempo aproximado de 6 días a temperatura ambiente, donde se alcanzó un pH de 4,1.
- **Envasado:** Una vez concluido el proceso se colocó en envases de vidrio de 1,5 L.
- **Almacenado:** El producto obtenido se almacenó en refrigeración a una temperatura de 4°C.

3.7.4 Diagrama de flujo de la bebida

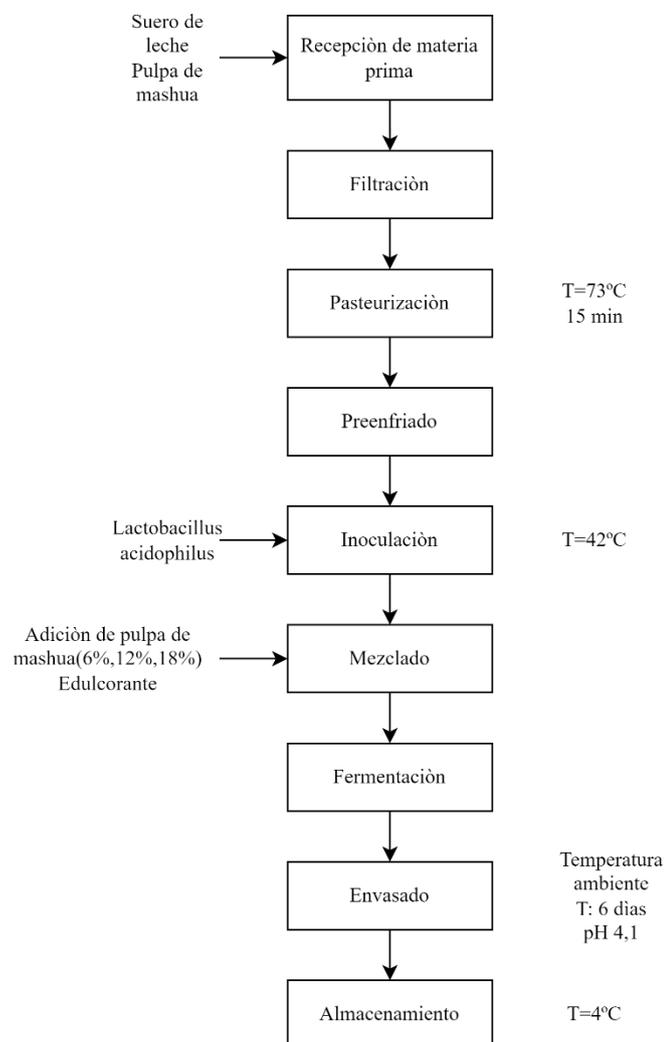


Ilustración 3-2: Diagrama de flujo del proceso de elaboración de la bebida.

Realizado por: Remache, R., 2023.

3.8 Metodología de evaluación

La metodología aplicada para las mediciones experimentales está basada en los siguientes análisis:

3.8.1 Proteína láctea

Para el análisis de proteína láctea se establece el procedimiento en la normativa (NTE INEN 16, 2015, p. 6):

- Pesar 2 ml de la muestra y transferir al balón de digestión Kjeldahl.
- Añadir 1 g de sulfato de cobre (CuSO_4) y 9 g de sulfato de sodio (Na_2SO_4) y 25 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado tratando de no manchar las paredes.
- Poner el balón en el digester y calentar hasta obtener un líquido color verde esmeralda. Dejar enfriar la muestra digerida durante 15 min. Agregar aproximadamente 200 ml de agua destilada, posteriormente agregar 5 g de granallas de zinc y añadir 100 ml de NaOH al 50%. Abrir la llave y verter dejando pasar poco a poco al balón de destilación donde la punta del tubo de salida del condensador está sumergida en 100 ml de solución de ácido bórico contenida en el matraz cónico, lo que se logra después de destilar por lo menos 150 ml. El volumen total de contenido en el matraz cónico será de 200 ml aproximadamente.
- Adicionar 3 gotas del indicador y titular el destilado con HCL N/10.

$$\%PB = \frac{(N \times V \times 6,38 \times 0,014)}{WM}$$

Donde:

PB es la proteína cruda de la muestra, expresada como un porcentaje de la masa

N es la normalidad

V es el volumen consumido

6,38 es el factor de multiplicación generalmente aceptado para expresar el contenido de nitrógeno como contenido de proteína cruda. También llamada factor de conversión utilizado para los productos lácteos.

0,014 es un factor estándar de multiplicación dentro de la formula

WM es el valor numérico, en mililitros, de la porción de la muestra.

3.8.2 *Grasa láctea*

Para el análisis de grasa láctea se establece el método Gerber en la normativa (NTE INEN 12, 1973, p. 6):

- Verter 10 mL, exactamente medidos, de ácido sulfúrico (H₂SO₄) en el butirómetro, teniendo cuidado de no humedecer con ácido el cuello del butirómetro.
- Invertir lentamente, tres o cuatro veces, la botella que contiene la muestra, y pipetear 10,94 mL de suero de leche. Después, sosteniendo la pipeta con su punta pegada al borde inferior del cuello del butirómetro, descargar cuidadosamente.
- Verter 1 mL, exactamente medido, de alcohol amílico en el butirómetro, cuidando de no humedecer con el alcohol el cuello del butirómetro. El alcohol amílico debe añadirse siempre después del suero de leche.
- Tapar herméticamente el cuello del butirómetro y agitar en una vitrina de protección invirtiendo lentamente al butirómetro dos o tres veces durante la operación, hasta que no aparezcan partículas blancas.
- Rápidamente después de la agitación, centrifugar el butirómetro con su tapa colocada hacia afuera estos deben ser colocados simétricamente para equilibrarlos. Una vez que la centrífuga alcanza la velocidad necesaria, continuar la centrifugación durante un tiempo no menor de 4 min ni mayor de 5 min, a tal velocidad.
- Retirar el butirómetro de la centrifuga y ponerlo con la tapa hacia abajo.

3.8.3 *Ceniza*

Para el análisis de cenizas se establece el método en la normativa (NTE INEN 14, 1983, p. 6):

Lavar y secar la cápsula en la estufa ajustada a 65°C por 4 horas, dejar enfriar en el desecador y pesar. Invertir paulatinamente, tres o cuatro veces el frasco que contiene la muestra, pesar aproximadamente 5 g de muestra. Colocar la cápsula en un mechero y quemar lentamente el material hasta que ya no desprenda humo, evitando que se proyecte fuera de la cápsula. Llevar la cápsula en la mufla a 550°C y efectuar la calcinación completa. Dejar enfriar en la mufla, transferirlo al desecador para su completo enfriamiento y determinar la masa de la cápsula con cenizas. Calcular el % de ceniza.

$$C = \frac{m_3 - m}{m_2 - m} \times 100$$

Donde:

C = cantidad de cenizas en porcentaje de masa

m = masa de la cápsula vacía, en g

m₂ = masa de la cápsula con la muestra (antes de la calcinación), en g

m₃ = masa de la cápsula con las cenizas (después de la incineración), en g.

3.8.4 Acidez titulable

Para el análisis de acidez se determina en porcentaje de ácido láctico, a continuación, se establece el método en la normativa (NTE INEN 13, 1983, p. 6):

- Invertir paulatinamente, tres o cuatro veces el frasco que contiene la muestra.
- Tarar el matraz Erlenmeyer. Pesarse aproximadamente 10 mL de la muestra recién preparada y transferir al matraz Erlenmeyer. Diluir el contenido del matraz con un volumen de 12 mL de agua destilada y agregar 2 gotas de solución indicadora de fenolftaleína. Agregar, lentamente y con agitación, la solución 0,1 N de hidróxido de sodio, hasta conseguir un color rosado persistente. Agregando la solución hasta que el color rosado persista durante 30 s. Leer en la bureta el volumen de solución.

La acidez titulable de la leche se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$A = \frac{0,090 \times V_c \times N}{V_m} \times 100$$

Donde:

A = acidez titulable de la muestra, en porcentaje en masa de ácido láctico.

V_c = volumen de la solución de hidróxido de sodio empleado en la titulación, en mL.

N = normalidad de la solución de hidróxido de sodio.

V_m = volumen de la muestra, en mL.

0,090 es el factor de multiplicación de los productos lácteos.

3.8.5 Lactosa

Se pesa 12.5 g de la muestra, se coloca en un matraz aforado y se añaden 200 mL de agua. Mezclar y añadir 15 mL de solución de fehling después 10 mL de NaOH 0.25N, ajustar a 20°C aforar al

volumen de agua y filtrar. Cubrir la solución y hervir por 6 minutos. Colocar el embudo en el matraz y agregar 5mL de ácido nítrico. Calentar la mitad y verter en el embudo, la otra mitad y el resto pasa a disolver trazas de óxido de cobre. Calentar la solución de nitrato de cobre hasta ebullición y añadir 1.5 g de Urea, dejar hervir unos minutos. Al enfriar adicionar 10 mL de yoduro de potasio al 30% y titular con tiosulfato de sodio N/10 añadiendo al final 10 mL de la solución de almidón

3.8.6 pH

Conectar y encender el equipo a utilizar. Comprobar que el pHmetro se encuentre calibrado. Colocar una cantidad pequeña de la muestra en un tubo de ensayo. Sumergir el electrodo de medición del pHmetro dentro del tubo de ensayo con la muestra. Esperar a que se establezca un valor. Anotar el valor. Lavar el electrodo con agua destilada y colocarlo en su lugar, sumergido en una solución de NaOH 01N (AOAC INTERNATIONAL, 2014).

3.8.7 Sólidos solubles

Para el análisis de los sólidos solubles, a continuación, se establece el método en la normativa (NTE INEN 380, 1985, p. 6):

- La determinación debe hacerse por duplicado sobre la misma muestra.
- Se debe ajustar la circulación de agua del refractómetro para trabajar a la temperatura requerida, la cual es entre 15 a 25 °C.
- Colocar alrededor de 2 o 3 gotas de la muestra en el prisma del refractómetro.
- Leer el valor del índice de refracción o el porcentaje en masa de sacarosa.

3.8.8 Fibra bruta

Para el análisis de los sólidos solubles, a continuación, se establece el método en la normativa (NTE INEN 380, 1985, p. 6):

- Pesar de 2 a 3 gramos de la muestra. Colocar en el vaso de precipitación Berzelius y adicione 200 mL de la solución de ácido sulfúrico al 1, 25%.
- Colocar al condensador y lleve a ebullición durante 30 min, una vez iniciada la ebullición.

- Retirar del condensador para proceder a colocar 100 mL de NaOH al 20% y 2 mL del alcohol amílico y llevar nuevamente al condensador para su ebullición durante 30 min aproximadamente.
- Seguidamente y al término del tiempo de ebullición, retire el vaso de precipitación de Berzelius, dejar reposar por un minuto.
- Pesar y enumerar los crisoles de gooch previamente tarados durante 3 horas.
- Filtrar cuidadosamente en el Kitasato con la ayuda de la fibra de vidrio que se encuentra dentro de los crisoles de gooch; realizar la filtración en menos de 10 min.
- Lavar el residuo con agua hirviendo para remover las partículas adheridas a las paredes.
- Colocar el crisol gooch en el horno a 65°C por 12 horas y dejar enfriar en desecador.
- Pesar rápidamente los crisoles con el residuo y colocarlos en la mufla a 550°C por 3 horas, dejar enfriar en un desecador y pesar nuevamente.

$$\%FB = \frac{A - B}{C} \times 100$$

Donde:

A = Peso del crisol con el residuo seco (g)

B = Peso del crisol con la ceniza (g)

C = Peso de la muestra (g)

3.8.9 *Recuento microbiológico*

Para cada dilución la prueba se hizo con 3 repeticiones, lo que quiere significa que tendremos una dilución de 10^{-3} . Verter en cada una de las cajas Petri aproximadamente 10 ml de agar correspondiente para cada uno de los microorganismos correspondientes, fundido y templado a temperatura ambiente. Se depositará 1 ml de cada dilución en cada una de las cajas Petri bien identificadas. Para cada depósito se utilizará una pipeta diferente y esterilizada. Mezcle cuidadosamente el inóculo de siembra con el medio de cultivo imprimiendo a la placa con movimientos de vaivén: 5 veces en el sentido de las agujas del reloj y 5 veces en el sentido contrario. Dejar reposar las placas Petri para que el agar se solidifique. Invertir las placas e incubarlas a las temperaturas óptimas correspondientes a cada uno de los microorganismos durante 24 a 96 horas. Transcurrido el tiempo de incubación, seleccionar las placas que presenten entre 15 y 300 colonias y usando un contador de colonias, contar todas las colonias que han crecido en el medio. Anotar el número de colonias (NTE INEN 1529-5, 2006). En el caso de la listeria

el procedimiento es el mismo con la diferencia que esto al ser un caldo se depositará en tubos de ensayo. Para el cálculo de las unidades formadoras de colonias/ mililitros se establece la siguiente fórmula:

$$\frac{UFC}{mL} \text{ o } \frac{UFC}{g} = \frac{\text{No de colonias por placa} \times \text{Factor de dilución} *}{mL \text{ de muestra sembrada}}$$

Donde:

UFC/mL o g son las unidades formadoras de colonia ya sea sobre mililitros o gramos

*Factor de dilución es inversa a la dilución

3.8.10 Prueba de aceptabilidad

El análisis sensorial se realizó mediante la prueba afectiva en escala hedónica, con jueces no entrenados, donde los resultados fueron analizados por la prueba de Kruskal-Wallis prueba estadística no paramétrica. Con el fin de conocer la aceptabilidad de la bebida probiótica en la que se evaluaron los siguientes atributos: olor, color, sabor y apariencia.

Tabla 3-4: Parámetros de evaluación organolépticas

Parámetros	
Cualitativa	Cuantitativa
Excelente	5
Muy Bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Malo	1

Realizado por: Remache, R., 2023.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis fisicoquímico del suero de leche

Los resultados del análisis fisicoquímico del suero de leche como materia prima para la elaboración de la bebida probiótica se reportan en la tabla 4-1 a continuación:

Tabla 4-1: Análisis fisicoquímico del suero de leche

Variables	Estadística descriptiva				NTE INEN 2594	
	Xi	D. E.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Lactosa, %	3,2	0,10	3,12	3,39	-	5,0
Proteína Láctea, %	2,41	0,45	1,5	2,72	0,8	-
Grasa Láctea, %	0,28	0,01	0,26	0,3	-	0,3
Ceniza, %	0,50	0,04	0,5	0,6	-	0,7
Acidez Titulable, %	0,16	0,01	0,14	0,16	-	0,16
pH	6,5	0,02	6,4	6,5	6,4	6,8

D.E: Desviación estándar

Xi: Media

Min.: Límite mínimo

Máx.: Límite máximo

Realizado por: Remache, R., 2023.

4.1.1 Lactosa

El porcentaje de lactosa obtenido en la investigación fue de 3,2 este se encuentra dentro del rango establecido en la normativa NTE 2594, lo que establece una materia prima de calidad para la elaboración de bebidas probióticas. (Patzi, 2019, p. 69) determinó que, en su investigación sobre el uso de lactosuero para una bebida los valores pueden incrementar a $4,073 \pm 0,02$. De igual forma (Ramírez et al., 2019, p. 3) observó en su estudio que el suero de una bebida para la alimentación escolar obtuvo un 3,11%. Finalmente, (Cajamarca, 2017, p. 3) indica un 4,4% de lactosa en el suero dulce. De acuerdo a los datos las diferencias entre los resultados se deben a la variedad de la leche en este caso a la raza del animal, ya que este factor influye directamente en las propiedades nutricionales.

4.1.2 Proteína Láctea

Al observar los resultados de la investigación se determinó una media de 2,41% de proteína en el lactosuero. (Molero et al., 2017, p. 8) indica un valor más bajo de 1% en su investigación como base para una bebida. Esto se resalta aún más en el estudio de (Rodríguez et al., 2020, p. 5) que determina un valor más bajo con 0,8%. Finalmente, (Patzí, 2019, p. 69) menciona que, en el proceso de calentamiento de la leche la proteína del suero puede disminuir y una correcta aplicación de la temperatura permite incrementar el porcentaje hasta un 7,8%. Como se observa en los datos la proteína del suero es una fracción de la leche y esta puede verse afectada durante la fabricación de queso por efecto de un alto calentamiento y a la variedad de la leche que influye en estas características.

4.1.3 Grasa Láctea

Para el estudio se determinó un 0,28% de grasas en el suero de leche. (Vázquez, 2009, p. 47) menciona que este valor depende directamente del tipo de raza del animal, en su caso el suero de leche de cabra establece valores de hasta 0.76%. (Ramírez et al., 2019, p. 3) analiza que la grasa es un componente importante en la leche y por ende en el suero con 1,2% de grasas. Como se observa en las investigaciones la cantidad de grasa es relativamente baja, pero esta proporciona ácidos grasos esenciales, contribuye al sabor y la textura, cabe recalcar que el contenido puede variar por efecto de la raza, dieta del animal y el proceso de obtención.

4.1.4 Ceniza

(Corona et al., 2018, p. 3) menciona que, los residuos minerales inorgánicos o cenizas son aquellos que resultan después de que la muestra se quema a altas temperaturas, este indicador permite establecer todos aquellos componentes presentes en el suero, con respecto a estos valores (Patzí, 2019, p. 69) establece un 0,54% en el suero, de igual manera (Vázquez, 2009, p. 47) determina que en variedades de leche de cabra los valores disminuyen significativamente a 0,02%. De acuerdo a los estudios se indicó un 0,5% de cenizas en el suero de leche vacuno, esto se debe a una combinación de factores relacionados con la dieta del ganado, los procesos de obtención, así como variaciones naturales en la composición de la leche.

4.1.5 Acidez Titulable

Como se observa en la tabla 4-1, existe un 0,16% de ácido láctico en el suero de leche en la materia prima utilizada durante la investigación. (Rodríguez et al., 2020, p. 5) indica valores parecidos en el suero de leche dulce (0,17%). (Pazzi, 2019, p. 69) determina que el ácido láctico puede aumentar debido a la actividad bacteriana no deseada, lo que podría indicar un proceso de deterioro analizando un máximo de hasta 0,15% de ácido láctico. Con respecto a los resultados cabe recalcar que este factor puede ser objeto de mucha controversia debido a que existen bacterias ácido lácticas que aumentan el contenido de ácido láctico y en un proceso de control de calidad es importante determinar qué tipo de bacterias se encuentran en el medio (beneficiosas o dañinas) para descartar algún tipo de contaminación.

4.1.6 pH

En relación a la investigación se determinó un pH de 6,5, que se encuentra entre el rango de aceptabilidad con respecto a la normativa. (Molero et al., 2017, p. 8) establece que el lacto suero posee un 6,5 en la escala de pH como un alimento ligeramente ácido, (Ramírez et al., 2019, p. 4) evidencia valores parecidos con 6,57 en el suero de leche vacuno. Finalmente, (Ayol, 2020, p. 61) indica la calidad del suero de leche con un 6,5 de potencial hidrógeno. De acuerdo con los autores, el pH en el suero de leche es un factor crucial que afecta la funcionalidad de las proteínas y su disminución provoca cambios en los procesos de fermentación y la estabilidad del suero.

4.2 Análisis microbiológico del suero de leche

En la tabla 4-2 se observan los resultados del análisis microbiológico aplicado a la materia prima utilizada en la elaboración de la bebida probiótica;

Tabla 4-2: Control microbiológico del suero de leche

Variables	Estadística descriptiva				NTE INEN 2594	
	Xi	D. E.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
<i>Aerobios mesófilos</i> , UFC/mL	20000	1333,33	18000	22000	30000	100000
<i>Escherichia coli</i> , UFC/mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<10	-
<i>Staphylococcus aureus</i> , UFC/mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	<100	100
<i>Salmonella</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-
<i>Listeria</i> , UFC/mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-

D.E: Desviación estándar

Xi: Media

Min.: Límite mínimo

Máx.: Límite máximo

Realizado por: Remache, R., 2023.

Con respecto al control de calidad microbiológico en el suero de leche se determinó una media de 2×10^4 UFC/mL de *aerobios mesofilos* esto evidencia su calidad ya que no sobrepasa los límites máximos permitidos por la normativa, (Rodríguez et al., 2020, p. 6) indica que en este tipo de bacterias las UFC/mL no deben sobrepasar las 30000 debido al aseguramiento de la calidad. (Gutiérrez et al., 2020, p. 5) analiza que la proliferación puede provocar cambios significativos en el estado del producto final, tales como alguna fermentación no deseada, cambio en la composición y su deterioro generando diferencias en las características sensoriales y su descomposición más rápida.

4.3 Análisis fisicoquímico de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*)

De acuerdo a la tabla 4-3 se indican los resultados del análisis fisicoquímico de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) a su vez, estableciendo la calidad de la materia prima para la elaboración de la bebida:

Tabla 4-3: Análisis fisicoquímico de la mashua

Variables	Estadística descriptiva			
	Xi	D. E.	Min.	Máx.
pH	6,06	0,17	5,89	6,22
Acidez	2,25	0,66	1,59	2,90
Sólidos Solubles	7,60	0,90	6,7	8,50
Proteína	1,35	0,16	1,1	1,53
Grasa	0,32	0,26	0,31	0,70
Humedad	82,70	3,26	78,04	87,40
Cenizas	0,66	0,08	0,59	0,86
Fibra	1,45	0,81	0,5	2,51

D.E: Desviación estándar

Xi: Media

Min.: Límite mínimo

Máx.: Límite máximo

Realizado por: Remache, R., 2023.

Como se indica en la tabla 4-3 el análisis proximal de la mashua (*Tropaeolum tuberosum*), demuestra una variabilidad notable en comparación con investigaciones previas. El pH de la mashua en el estudio fue 6,06 y una acidez de 2,25%. Estos valores se contrastan con los resultados de (Gonzales et al., 2020, p. 5) quien reportó un pH más ácido (5,5) y una acidez menor (1,08%) examinando la calidad de la mashua para la producción de harinas. Además, (Acaro, 2023, p. 35) mostró un pH más bajo (4,3) y una acidez de (0,8%), mientras que (Ayol, 2020, p. 46) destacó

un pH de 5,8 y una acidez mínima (0,14%). Como se observa, las diferencias de los resultados se establecen por la variedad de la mashua y el proceso al cual se ha sometido el tubérculo.

Con respecto al análisis proximal de diversas variedades de mashua, en la investigación se determinó una proteína del 1,35%, grasa 0,32%, humedad 82,70%, cenizas 0,66%, y fibra 1,45%. Comparativamente, los hallazgos de (Arteaga et al., 2022, p. 3) muestran valores diferenciados, con una proteína de 1,6%, grasa 0,6%, humedad 86%, cenizas 0,8%, y fibra 0,8%. Ambas investigaciones sugieren que estas variaciones dependen de la diversidad genética. Por otro lado (Tapia, 2023, p. 73) indica un contenido de proteína del 0,38%, grasa 0,77%, humedad 94,93%, cenizas 0,2%, y fibra 0,6%. Estas diferencias podrían atribuirse a factores como las condiciones de crecimiento en el medio, cabe destacar que la influencia directa de los factores ambientales como el tipo de suelo, la altura y las técnicas laborales ejercen un papel significativo en el contenido nutricional de la mashua.

4.4 Análisis bromatológico

A continuación, en la tabla 4-4 se establecen los resultados del análisis bromatológico con respecto a los diferentes tratamientos aplicados en la investigación:

Tabla 4-4: Análisis bromatológico con los niveles de pulpa de mashua

Parámetros	Niveles de pulpa Mashua						C.V.	E.E.	Prob.
	T1 (6%)		T2 (12%)		T3 (18%)				
Proteína %	4,58	a	5,03	b	5,41	c	0,21	0,01	<0,0001
Sólidos solubles (°Brix)	4,18	a	4,5	b	4,75	c	2,33	0,05	0,0001
pH	4,18	c	4,13	b	4,07	a	0,21	4,30E-03	<0,0001
Acidez (% ácido láctico)	0,47	a	0,58	b	0,63	c	3,99	0,01	<0,0001

E.E: Error estándar

Prob: Probabilidad

C.V: Coeficiente de variación

Prob: $\leq 0,05$: Existen diferencias significativas

Prob: $> 0,05$: no existe diferencias significativas

Prob: $\leq 0,01$: Existen diferencias altamente significativas.

Realizado por: Remache, R., 2023.

Como se observa en la tabla, los parámetros de proteína, sólidos solubles, pH y acidez (ácido láctico) presentaron diferencias muy significativas y la variabilidad de los datos se indica en cada uno de los niveles de mashua gracias al test de Tukey a $p < 5$ de significancia.

4.4.1 Proteína

Para el contenido de proteína se estableció diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) entre los tratamientos, destacando a T3 con un mayor contenido (5,41%) a diferencia de T1 que indicó un 4,58%. Con respecto al análisis de regresión se observó una tendencia cuadrática en la ilustración 4-1 lo cual determina que a una mayor concentración de pulpa el contenido de proteína aumenta.

De acuerdo a la proteína (Ayol, 2020, p. 61) en su estudio “Desarrollo de una bebida láctea con la adición de harina de mashua” evidenció un 3,65%. De igual forma (Cajamarca, 2017, p. 91) menciona que la proteína promedio de una bebida fermentada a partir del lactosuero puede llegar hasta 4,9% debido a la calidad del sustrato utilizado para complementar este tipo de alimento. Finalmente (Ramírez et al., 2019, p. 3) determina que la adición de harinas a base de quinua o mashua pueden incrementar el valor de la proteína hasta 3,74%. Como se analiza en la investigación se obtuvo un contenido de proteína alto comparado a otros autores, esto se debe a que, durante la fermentación, las bacterias lácticas también pueden sintetizar proteínas microbianas. Estas proteínas, producidas por los microorganismos durante su crecimiento, contribuyen al contenido proteico final del producto lo que produce una tendencia creciente en esta propiedad.

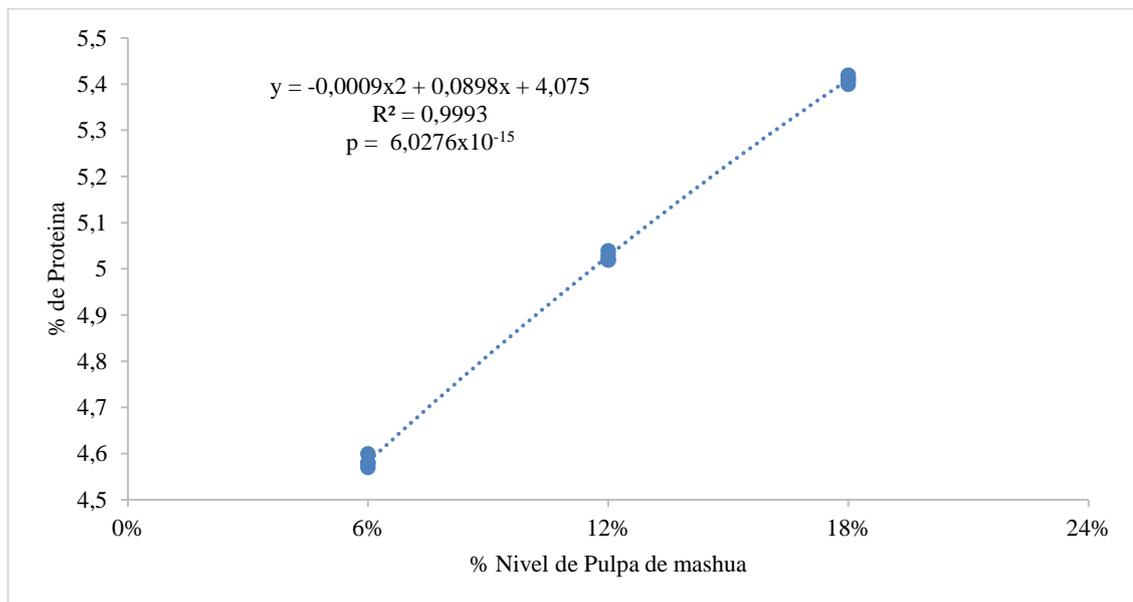


Ilustración 4-1: Cantidad de proteína por niveles de pulpa de mashua adicionada

Realizado por: Remache, R., 2023.

4.4.2 Sólidos Solubles

El análisis de sólidos solubles en la investigación se estableció que T3 (18% de pulpa de mashua) con una media de 4,75°Brix, indicó diferencias significativas ($p < 0,01$) con respecto a T1 (4,18) y T2 (4,5). Para el análisis de regresión lineal la ilustración 4-2 determinó una tendencia lineal que evidencia la acción de la pulpa de mashua en el contenido de grados Brix.

De acuerdo al contenido de sólidos solubles (AyoI, 2020, p. 61) menciona que al incorporar harina de mashua en la producción de bebidas lácteas se puede llegar a un contenido de hasta 23°Brix, a diferencia de (Rodríguez, 2020, p. 7) que indica un 7,3% en su bebida a base de lactosuero y pulpa de *Theobroma grandiflorum*. Finalmente, (Arteaga, 2022, p. 4) demuestra que la mashua de la variedad (*Tropaeolum tuberosum*) posee un bajo contenido de sólidos solubles con una media de 8,5%. Como se observa en la investigación la adición de pulpa de mashua permite el incremento de °Brix, pero el bajo contenido con respecto a otros autores se puede deber a la actividad metabólica de las bacterias que degradan estos componentes debido a que los tubérculos poseen almidones que se hidrolizan en azúcares como la glucosa, los cuales son más asimilables para estos microorganismos en un proceso fermentativo una vez elaborado el producto.

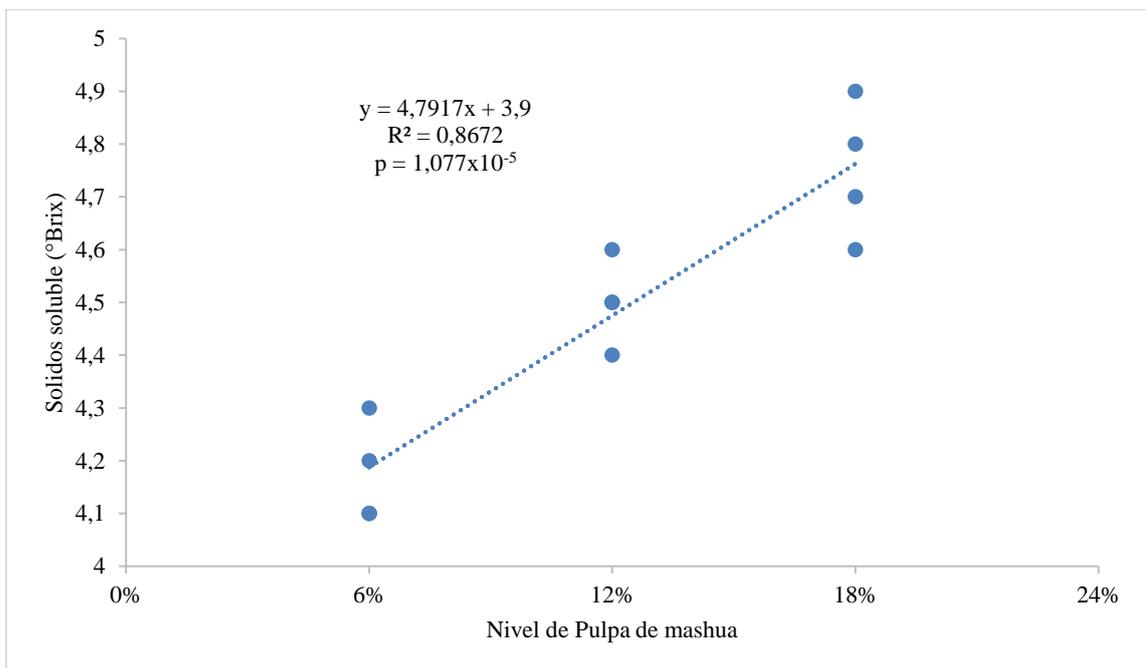


Ilustración 4-2: Contenido de Sólidos solubles por niveles de pulpa de mashua adicionada

Realizado por: Remache, R., 2023.

4.4.3 pH

De acuerdo a la tabla 4-4, el pH estableció diferencias muy significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos sobre la adición de pulpa de mashua, destacando a T1 con una mayor acidez (4,18) y a T3 con una menor concentración. El análisis de regresión lineal en la ilustración 4-3 indica una tendencia lineal demostrando que a una mayor concentración de pulpa los niveles de pH disminuyen.

Como se observa en la investigación la disminución de pH es muy significativa, (Acaro, 2023, p. 35) indica este comportamiento en su estudio donde la adición de harina de zanahoria y mashua en la producción de bebidas lácteas provoca una caída del pH en el almacenamiento. En relación al estudio (Ayol, 2020, p. 61) menciona que la mashua y la quinua en la producción de bebidas probióticas alcanza un valor de pH de hasta 6,5 la cual se puede deber a la variedad de la mashua y sus propiedades nutricionales. (Montero, 2020, p. 46) en su desarrollo de bebidas funcionales a base de suero de leche vacuno determinó que sin la adición alguna fruta o verdura en una muestra control los niveles de pH puede ser de 5,31. En conclusión, a la investigación la disminución del pH se debe a la fermentación en el producto que implica la conversión de los azúcares en ácido láctico, esto ocasiona la disminución del pH por la incidencia de la pulpa de mashua debido a que al contener almidón este se desdobra en glucosa la cual ocasiona una mayor actividad microbiana y por ende una mayor acidez como se indica en la ilustración.

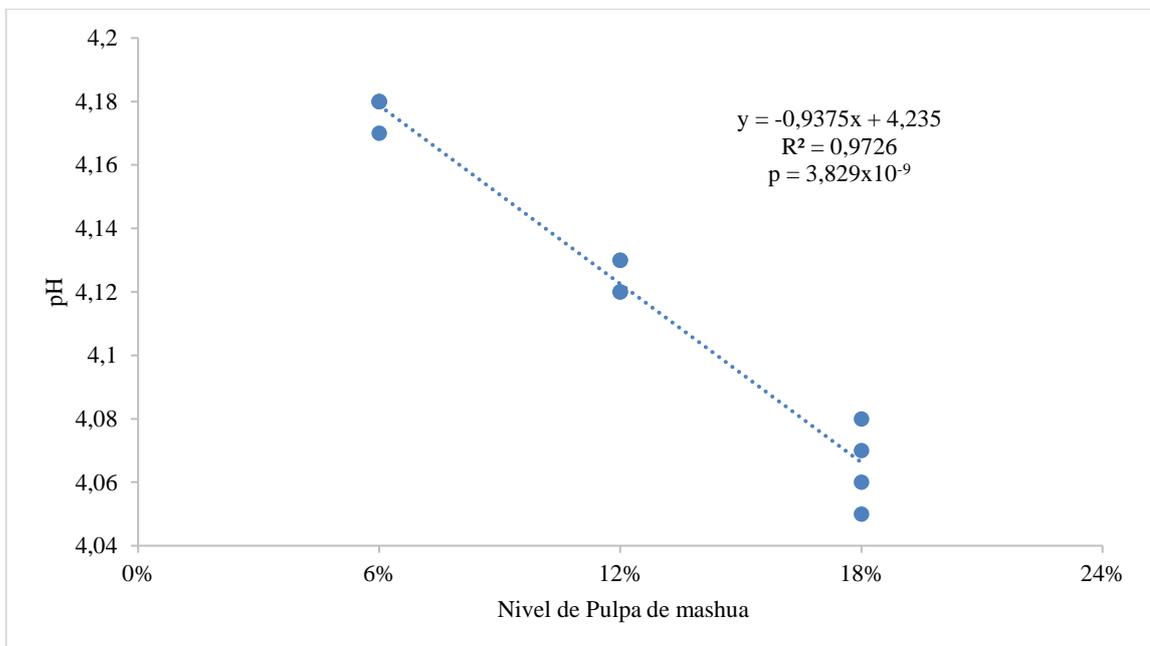


Ilustración 4-3: pH del producto final elaborado con diferentes niveles de pulpa de mashua.

Realizado por: Remache, R., 2023.

4.4.4 Acidez

En la tabla 4-4 se indica los resultados del porcentaje de acidez representada en ácido láctico, como se observa existieron diferencias muy significativas ($p < 0,01$) entre los niveles de adición de pulpa, destacando que T3 obtuvo una mayor concentración de ácido láctico (0,63) con relación a T1 con un 0,47%. Como se analiza en la ilustración 4-4 el análisis de regresión lineal establece una tendencia cuadrática lo que determina que a una mayor incidencia de la pulpa de mashua el contenido de ácido láctico incrementa.

Para el análisis de ácido láctico (Montero, 2020, p. 46) menciona que el proceso de fermentación en una bebida probiótica a base de suero puede indicar una concentración de 0,57%. (Ayol, 2020, p. 61) difiere de estos resultados ya que en su estudio la concentración de ácido láctico fue de 0,27 al adicionar harina de mashua lo que puede indicar una baja calidad en el suero utilizado. A diferencia de (Cajamarca, 2017, p. 96) que determinó una concentración de 34,9% de ácido láctico al adicionar durazno en el proceso, lo que establece una relación entre el tipo de sustrato utilizado para la obtención de la bebida. Como lo demuestra la ilustración el aumento de la acidez (ácido láctico) se ve reflejado por la adición de la pulpa de mashua en el medio, ya que la concentración de ácido se produce por efecto de la fermentación de los azúcares presentes como es el caso del almidón que se compone de una larga línea de moléculas de glucosa las cuales están formadas por la amilosa y la amilopectina, que ocasiona un aumento en el % de ácido láctico.

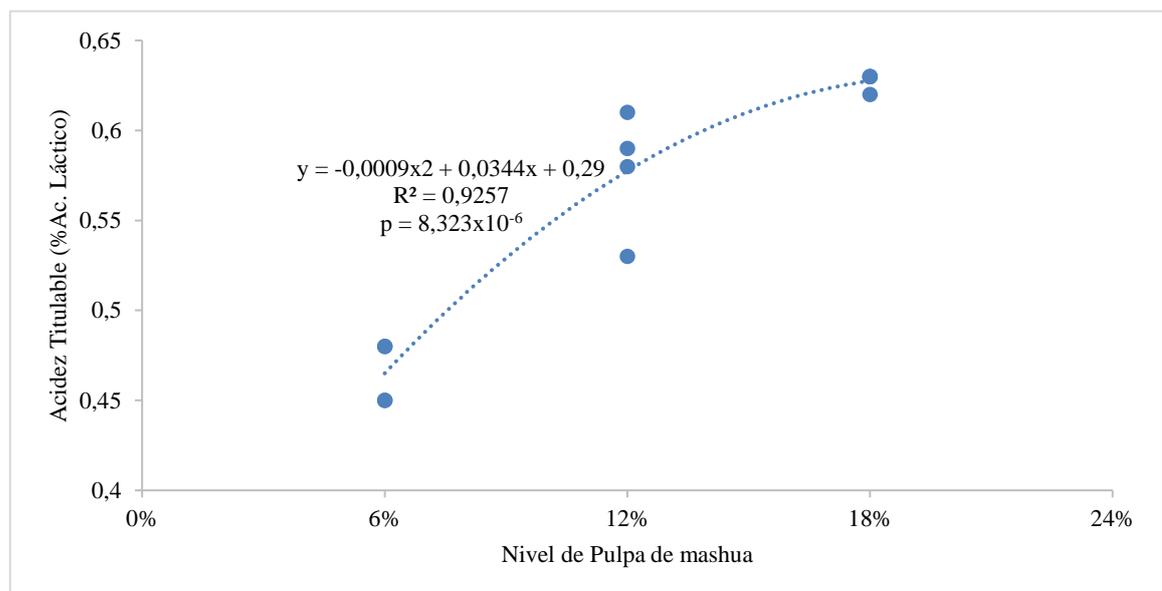


Ilustración 4-4: Porcentaje de acidez por niveles de pulpa de mashua adicionada

Realizado por: Remache, R., 2023.

4.5 Análisis microbiológico

En la tabla 4-5 se establecen los resultados del análisis microbiológico de cada uno de los tratamientos para verificar la calidad de los mismos, a continuación, los datos;

Tabla 4-5: Control microbiológico de los tratamientos

Variables	Niveles de pulpa de mashua			E. E	Prob.
	T1 (6%)	T2 (12%)	T3 (18%)		
<i>Escherichia coli</i> , UFC/mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-
Coliformes Totales, UFC/mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-
Mohos, UFC/mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-
Levaduras, UFC/mL	21 a	22,75 a	22,25 a	0,77	0,3046
Bacterias Probióticas, UFC/mL	2,79x10 ⁶ a	2,72x10 ⁶ a	2,65x10 ⁶ a	2,79x10 ⁵	0,9395

E.E: Error estándar

Prob: Probabilidad

Prob: ≤ 0,05: Existen diferencias significativas

Prob: > 0,05: no existe diferencias significativas

Prob: ≤ 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Realizado por: Remache, R., 2023.

De acuerdo a la tabla 4-5 los parámetros de *Escherichia coli*, *Coliformes Totales*, *Mohos*, *Levaduras* y *Bacterias Probióticas* no evidenciaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). Cabe recalcar que se evidenció una concentración de levaduras y bacterias ácido lácticas en los tratamientos T3 (22,25) y T1 (2,79x10⁶) respectivamente.

4.5.1 Levaduras

Como se indica en la tabla de los resultados no se evidenció diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos T1, T2 y T3. Con respecto al análisis de regresión lineal la ilustración 4-5 no se muestra una tendencia que revele un leve aumento de las levaduras a medida que incrementa el porcentaje de pulpa de mashua. Cabe recalcar que existe una presencia de levaduras en las bebidas, pero esta cantidad no cumple con los requisitos mínimos de la normativa (NTE INEN, 2395, p. 5). (Molero et al., 2017, p. 8) establece que el aumento de levaduras en el proceso de almacenamiento puede ser beneficiosa para la salud intestinal al proporcionar una variedad de microorganismos beneficiosos en el producto. Por otro lado (Ramírez et al., 2019, p. 4) analiza que algunas levaduras pueden producir compuestos bioactivos, como vitaminas del grupo B y péptidos antimicrobianos, que podrían tener efectos beneficiosos para la salud. De acuerdo con las investigaciones, aunque la presencia de las levaduras no es significativa esta puede ser beneficiosa debido a todos los principios que estos microorganismos ofrecen en la flora intestinal.

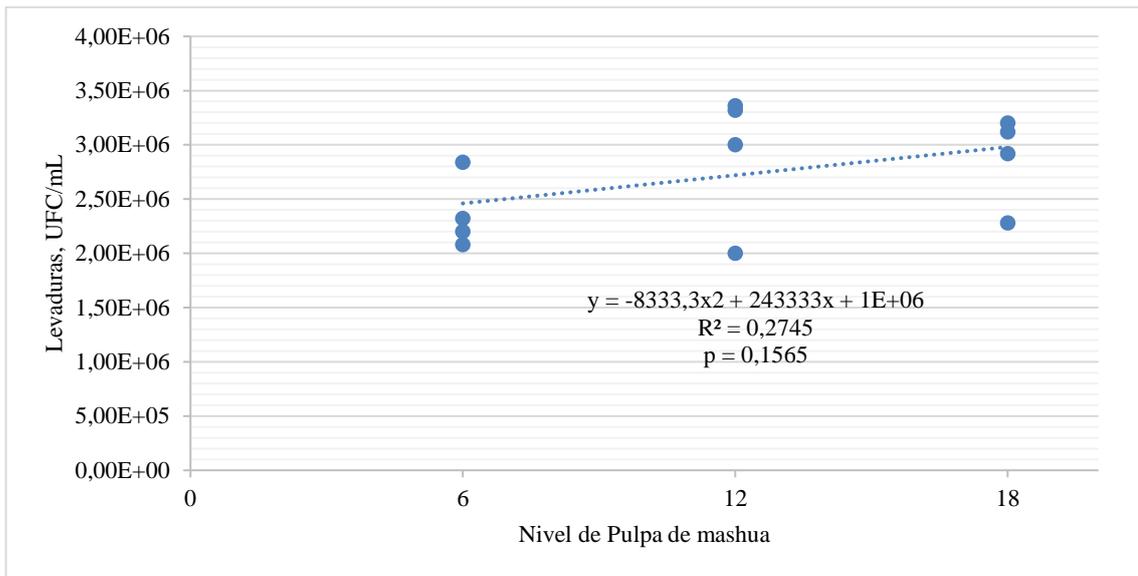


Ilustración 4-5: Análisis microbiológico de levaduras

Realizado por: Remache, R., 2023.

4.5.2 *Bacterias probióticas*

Como se observa en la ilustración 4-6 de la investigación se determinó que, no existieron diferencias significativas entre los tratamientos ($p > 0,05$). En relación al análisis de regresión la ilustración permite examinar que no existe una tendencia establecida que demuestre que a una mayor concentración de pulpa de mashua, la actividad de las bacterias ácido lácticas disminuye. Aunque no se evidenció diferencias estadísticas los tratamientos sobrepasan el mínimo establecido por la normativa en relación al contenido de bacterias probióticas (NTE INEN, 2395, p. 5) con una carga de $2,79 \times 10^6$ UFC/mL. (Rodríguez, 2022, 14) menciona que una carga de 10^6 UFC/mL de bacterias ácido lácticas puede proporcionar beneficios para la salud cuando se consumen en cantidades adecuadas. Estos incluyen la mejora de la salud intestinal, el fortalecimiento del sistema inmunológico y la producción de compuestos bioactivos.

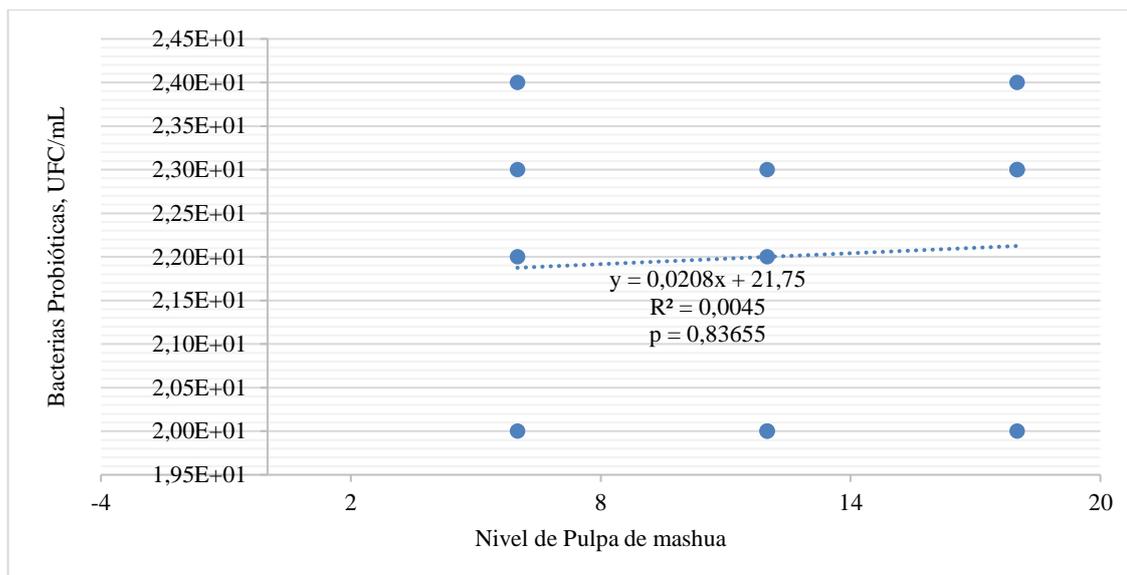


Ilustración 4-6: Análisis microbiológico de bacterias probióticas

Realizado por: Remache, R., 2023.

4.6 Análisis organoléptico

En la tabla 4-6 se indican los datos del análisis sensorial aplicado a 30 panelistas no entrenados, a continuación, se observan los resultados;

Tabla 4-6: Análisis organoléptico de la prueba de cata

Variables	Niveles de pulpa de mashua (%)			H cal	Prob.
	T1 (6%)	T2 (12%)	T3 (18%)		
Olor	4	4	4	0,87	0,6133
	Muy Bueno	Muy Bueno	Muy Bueno		
Color	4	4	5	3,33	0,1509
	Muy Bueno	Muy Bueno	Excelente		
Sabor	5	4	4	5,83	0,0353
	Excelente	Muy Bueno	Muy Bueno		
Apariencia	4	4	5	0,53	0,7336
	Muy Bueno	Muy Bueno	Excelente		

T: Tratamiento

H: H calculada

Prob: Probabilidad

Prob: ≤ 0,05: Existen diferencias significativas

Prob: > 0,05: no existe diferencias significativas

Prob: ≤ 0,01: Existen diferencias altamente significativas.

Realizado por: Remache, R., 2023.

Se empleó una prueba no paramétrica (Kruskal Wallis) para llevar a cabo el análisis estadístico de la prueba sensorial. Los resultados indicaron que no se observaron diferencias significativas

en cuanto al olor, color y apariencia ($p>0,05$) a contrario del sabor que estableció diferencias significativas ($p<0,05$). Esto sugiere que, desde la perspectiva de los panelistas, no hubo discrepancias entre el olor, color y apariencia, destacando solo un contraste en el sabor. En el análisis de (Ayol, 2020, p. 48), se señala que la mashua no establece diferencias significativas con respecto al olor y color, debido a la procedencia y composición que esta ofrece en una formulación durante el proceso de fabricación. Igualmente (Quinatoa, 2023, p. 45) destaca que, en la elaboración de bebidas probióticas la oca tiene un comportamiento similar y no permite una diferenciación determinada en un análisis organoléptico. Es relevante subrayar que, aunque no se encontraron contrastes significativos entre los parámetros (olor, color y apariencia), los panelistas expresaron que el tratamiento T1 fue percibido como excelente en cuanto al sabor con una diferencia significativa de ($p<0,03$). Asimismo, se determina que, si la mashua no cumple con una adecuada etapa de secado y maduración, el producto final llega a ser poco llamativo al consumidor con respecto a parámetros degustativos.

4.7 Análisis económico

Tabla 4-7: Análisis financiero de las bebidas probióticas con suero de leche y pulpa de mashua

Descripción	Cantidad	Horas	Unidad	P.u	P.t	Niveles de pulpa de mashua		
						6%	12%	18%
Mashua	3		kg	1,00	3,00	0,50	1,00	1,50
Suero de leche	18		l	0,02	0,36	0,12	0,12	0,12
Endulzante	36		g	0,035	1,26	0,27	0,44	0,55
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	3		g	3,33	10,0	3,33	3,33	3,33
Envases de vidrio	12			1,1	13,20	4,40	4,40	4,40
Mano de obra	1	6		9	9	3	3	3
Gas y Energía eléctrica					0,15	0,05	0,05	0,05
Total, egresos					36,96	11,67	12,34	12,95
Cantidad de Producto (L)						4	4	4
Costo de Producción dólares/ litro						2,92	3,09	3,24
Precio de Bebida Probiótica/Litro						4,17	4,17	4,17
Total, ingresos						16,67	16,68	16,68
Beneficio/Costo						1,43	1,35	1,29

E.E: Error estándar

Prob: Probabilidad

Prob: $\leq 0,05$: Existen diferencias significativas

Prob: $> 0,05$: no existe diferencias significativas

Prob: $\leq 0,01$: Existen diferencias altamente significativas.

Realizado por: Remache, R., 2023.

Con respecto al análisis de costos en la producción de bebidas probióticas a base de suero con adición de pulpa de mashua estableció lo siguiente; la pulpa de mashua incrementa el costo de los tratamientos T1, T2 y T3 con \$11,67, \$12,34 y \$12,95 respectivamente, debido a que la adición del tubérculo demanda un gasto adicional, esto evidencia un menor costo de producción en T1 con \$2,92 de igual forma un valor de \$3,09 y 3,24 dólares americanos entre los niveles T2 y T3 respectivamente. Cabe indicar que la producción total fue de 12 botellas de 1,5 litros que se fraccionó en 4 unidades por cada tratamiento estableciendo un coste total del proyecto de \$36,96.

De acuerdo al análisis de beneficio costo se determinó al tratamiento con adición del 6% de pulpa de mashua como el más beneficioso en aspectos económicos, debido a que en una presentación de 1,5 litro se obtiene un Beneficio/Costo de \$1,43, esto hace referencia a que por cada \$1,00 invertido se obtienen una rentabilidad de \$0,43.

CONCLUSIONES

- Se caracterizó la mashua (*Tropaeolum tuberosum*) determinándose un pH de 6,06, un porcentaje de acidez de 2,25, sólidos solubles de 7,60, proteína de 1,35, grasa de 0,32, humedad de 82,70, cenizas 0,66, fibra 1,45.
- Al evaluar tres niveles de adición de pulpa de mashua (6, 12 y 18 %) en la producción de una bebida probiótica a base de lactosuero, se determinó que el tratamiento con adición de 18% tuvo indicadores bromatológicos más altos, obteniendo una proteína de 5,41%, sólidos solubles 4,75 %, pH 4,7 y acidez en un 0,63% (ácido láctico). No se evidenció contaminación microbiana indeseable en el producto y se demostró una carga adecuada de bacterias probióticas de $2,79 \times 10^6$ UFC/ml. Finalmente los panelistas no establecieron diferencias entre los tratamientos en relación al olor, color y apariencia, y concluyeron una diferencia de sabor por los distintos porcentajes de pulpa utilizados.
- Se determinó un costo total de \$36,96 en la producción de 12 botellas de bebidas a base de lactosuero y pulpa de mashua, esto determinó un beneficio/costo de 1,43 para el T1 (6% de pulpa de mashua).

RECOMENDACIONES

- Para mejorar las características sensoriales del producto final, se recomienda utilizar una menor concentración de pulpa de mashua, esto permitiría obtener mejores resultados en un panel de degustación no entrenado.
- Empezar un estudio de mercado con la formulación del tratamiento T1 ya que esta evidencia una mayor aceptabilidad y una buena composición nutricional.
- Desarrollar nuevas investigaciones sobre el uso de tubérculos andinos en la preparación de bebidas funcionales mediante fermentación con bacterias ácido-lácticas.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ACARO, LÓPEZ, Jennifer, Brigitte.** Efecto del uso de harina de zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) y mashua (*Tropaeolum Tuberosum*) en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales para la producción de yogur. repositorio.uta.edu.ec. [En línea] 5 de Marzo de 2023. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37893/1/CAL%20024.pdf>.
2. **AGUDELO, C, ORTEGA, R & HOYOS, J. L.** Determinación de parámetros cinéticos de dos inóculos lácticos: *Lactobacillus plantarum* a6 y bacterias ácido lácticas de yogurt. Tesis para optar el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad del Cauca, Brasil. 2010. pág. 21.
3. **ALAIS, CH.** Ciencia de la Leche; Principios de técnicas lecheras. *España : Continental. 1ª edición en español de la 2ª edición francesa*, 1970.
4. **ALEJO, Yunda.** Desarrollo de una bebida de lactosuero fermentada dietética con la adición de aspartame y avena. Tesis Lic. En Ciencias Alimentarias. Instituto de Farmacia y Alimentos. La Habana : Universidad de La Habana, 2011.
5. **AOAC INTERNATIONAL.** AOAC 973.41-1973, PH of water. . s.l. : USA: AOAC International., 2014.
6. **ARBIZU, C y TAPIA, M.** Tubérculos Andinos. In: Cultivos Marginados, otra perspectiva de 1492 (J.E. Hernández and J. León, eds). *Colección FAO: Producción y protección vegetal* N°. 26, FAO, , pp. . Rome, Italy : s.n., 1992. págs. 147-161.
7. **ARIAS, M.** Análisis y comparación de los glucosinolatos presentes en diferentes accesiones de cubio (*Tropaeolum tuberosum*) para evaluar su uso potencial en el control del patógeno de la papa *Spongospora* subterránea. Tesis Mg. Sc. Colombia : s.n., 2011. pág. 122.
8. **ARTHUR, W; et al.** I D La F Extracto herbal probiótico de arroz: una alternativa alimenticia para intolerantes a la lactosa y alérgicos a la leche bovina y proteínas de soja. 2021. págs. 1–13.

9. **ARTEAGA, Diego; et al.** Mashua (*tropaeolum tuberosum*): Composición nutricional, características químicas, compuestos bioactivos y propiedades beneficiosas para la salud. 1, *Nuevo Chimbote : Agroindustrial Science*, 2022, Vol. 12.
10. **AYOL, MUÑOZ, Rubén, Darío.** Desarrollo de una bebida láctea con la adición de harinas de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y quinua (*Chenopodium quinoa*). repositorio.ucsg.edu.ec. [En línea] 4 de Marzo de 2020. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/14287/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-55.pdf>.
11. **BARRERA, V, TAPIA, R & MONTERO, A.** Raíces y tubérculos andinos: alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Quito : INIAP, 2004.
12. **BARRERA, V. H.** Raíces y tubérculos andinos : alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador. Quito : International Potato Cente, 2011.
13. **CADIMA, Xavier.** Tubérculos. In R. Moraes, B. Øllgaard, L.P. Kvist, F. Borchsenius and H. Balslev H (ed.) *Botánica Económica de los Andes Centrales*. (In Spanish, with English abstract.). La Paz, Bolivia : Universidad Mayor de San Andrés, 2006. págs. 347–369.
14. **CAJAMARCA, HUAYLLAZACA, Henry, Marcelo.** Elaboración de una bebida fermentada baja en calorías a partir del suero dulce obtenido como subproducto en la elaboración de queso fresco con *Bifidum Bacterium* saborizada con durazno. dspace.ucuenca.edu.ec. [En línea] 4 de Abril de 2017. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/26410>.
15. **CALLANAN, M; et al.** Genome sequence of *Lactobacillus helveticus*, an organism distinguished by selective geneloss and insertion sequence element expansion. s.l. : *Journal of Bacteriology*, 2008. págs. 727-735. Vol. 190.
16. **CARR, F. J, CHILL, D & MAIDA, N.** The lactic acid bacteria: A literature survey. 2002. págs. 28(4):281-370.
17. **CASTAÑEDA, Guillot.** Probióticos, puesta al día. 2018. págs. 1561-3119.
18. **CHACÓN, Orlando.** Estructura y variabilidad de *Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón. Tesis Mg. Sc. Lima : UNALM, 1960. pág. 67 .

19. **CUELLAS, A y WAGNER, J.** Elaboración de bebida energizante a partir de suero de quesería. s.l. : Revista Del Laboratorio Tecnológico Del Uruguay, 2010.
20. **CORONA, M; et al.** Formulación de una bebida a base de suero lácteo fermentada con probióticos. 1, Irapuato : *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2018, Vol. 3. 441-445.
21. **DELGADO, Carlos.** Características morfológicas asociadas al rendimiento en mashua (*Tropaeolum tuberosum*) bajo condiciones de allpachaka (3600 msnm)". Huamanga, Perú : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 1978.
22. Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*.
23. **ESPINOZA, Patricio.** "Raíces y Tubérculos Andinos, Cultivo, Aceptabilidad y Procesamiento". Quito – Ecuador : *Abya-Yala*, 4ta Edición, 2000.
24. **FAO.** Análisis Proximales. [En línea] 1993. [Citado el: 13 de Mayo de 2023.] <https://www.fao.org/3/ab489s/ab489s03.htm>.
25. **FRANCHI, Orman.** Suero de leche, propiedades y usos: Innovación en la industria láctea. 2010.
26. **GIRAFFA, G.** Studying the dynamics of microbial populations during food fermentation. 2014, págs. 28, 251–260.
27. **GONZÁLEZ, María, MORENO, Georrina & LÓPEZ, Sandra.** Caracterización nutricional y funcional de la harina de mashua. 3, Riobamba: *Conciencia Digital*, 2020, Vol. 3.
28. **GÓMEZ, D, A, RODRIGEZ & FERNANDEZ, E.** Análisis de crecimiento e plantas de mashua (*Tropaeolum tuberosum*) sometidas a condiciones marginales. s.l. : *Anales científico UNALM*, 2000. págs. 283-299. Vol. XLIII.
29. **GUTIÉRREZ, M, BALVÍN, E & UGARTE, M.** "Formulation and preparation of a fermented probiotic drink from whey" . 4, Lima : *CIENCIAagroalimentaria*, 2019, Vol. 5.

30. **GRAU, A; et al.** Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pav.) Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 25. Rome, Italy. IPGRI Via dei Tre Denari, 472. Jam M. M. Engels. : International Potato Center, Lima, Peru, 2003.
31. **HERMAN, Arbizu & Tapia.** Producción Agrícola de Melloco, oca y mashwa. Cusco : s.n., 2012.
32. **JAMI, G.M, KNEIFEL, W & DOMIG, K.J.** Antimicrobial activity and partial characterization of bacteriocinas produced by Lactobacilli isolated from Sturgeon fish. 2013, Food Control,, págs. 32: 375-389.
33. **LASTRAS, P.** Probióticos, Lactobacillus acidophilus y Bifodobacterium bifidum. Suplementos nutricionales. s.l. : Salud BIO, 2009. pág. 12.
34. **LEYVA, Luis.** tuberculos.org. Mashua (Cubio). [En línea] 10 de Noviembre de 2019. <https://www.tuberculos.org/mashua-cubio/>.
35. **MIRANDA, O; et al.** Características físico-químicas de sueros de queso dulce y ácido producidos en el Combinado de Quesos de Bayamo. 2009. págs. 19:6-11.
36. **MONROY, M, CASTRO, T & FÉRNANDEZ, F.J, MAYORGA, L.** Bacteriocinas producidas por bacterias probióticas. [ed.] 73:63-72. s.l. : *ContactoS*, 2009.
37. **MONTERO, Ana.** Caracterización de RTAs en la Ecoregión Andina del Ecuador. Quito : INIAP, 2011.
38. **MONTERO, ZAMORA, Jéssica.** Desarrollo de una bebida láctea a base de suero de leche y cas con actividad probiótica y prebiótica. kerwa.ucr.ac.cr. [En línea] 17 de Noviembre de 2020. <https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/81889>.
39. **MOLERO, MÉNDEZ, Mónica, CASTRO, ALBORNOZ, Gustavo & BRIÑEZ, ZAMBRANO, Wilfido.** 2017. Formulation of a Probiotic Fermented Beverage Based on Whey. 4, Barcelona : *Universidad del Zulia*, 2017, Vol. 27.

40. **NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. NTE INEN 2395:2011 LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS.** ia902909.us.archive.org. [En línea] Julio de 2011. <https://ia902909.us.archive.org/32/items/ec.n.te.2395.2011/ec.n.te.2395.2011.pdf>.
41. **NTE INEN 12. LECHE. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE GRASA.** 1973.
42. **NTE INEN 13. LECHE. DETERMINACIÓN DE LA ACIDEZ TITULABLE.** 1983.
43. **NTE INEN 14. LECHE. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES Y CENIZA.** 1983.
44. **NTE INEN 1529-5. CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MICROORGANISMOS AEROBIOS MESÓFILOS REP. .** 2006.
45. **NTE INEN 16. LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE NITRÓGENO. MÉTODO KJELDAHL.** 2015.
46. **NTE INEN 380. CONSERVAS VEGETALES. DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS.** 1985. 12.
47. **PACCO, W.** Evaluación del efecto del soleado y la cocción en la capacidad antioxidante del puré deshidratado de Mashua (*Tropaeolum tuberosum* R. et P.). 2015.
48. **PALATE, J. E.** Estudio del efecto de la temperatura y el tiempo en las características físicoquímicas y sensoriales de la oca (*Oxalis tuberosa*) DURANTE SU MADURACIÓN. 2012.
49. **PANEZAR, V.** Lactosuero: importancia en la industria de alimentos,. Medellín : Universidad Nacional de Colombia Medellín,, 2009. págs. 4967-4982. Vol. 62.
50. **PARRA, R. A.** Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. s.l. : *Red de Revistas Científicas de América Latina, El Caribe, España y Portugal*, 2009. págs. 4967–4982. Vol. 62.
51. **PATZI, CHAMBI, Zulma.** “FORMULACIÓN Y ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA PROBIOTICA EN BASE A SUERO LACTEO Y HARINA DE

AMARANTO”. repositorio.umsa.bo. [En línea] Enero de 2019.
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/32458/PG-7078.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

52. **PÉREZ, M.** Evaluación de las características funcionales de diez cultivares de mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) en 6 estados de crecimiento y diferentes periodos de soleado. 2005.
53. **PESCUMAN, M; et al.** Functional fermented whey-based beverage using lactic acid bacteria. s.l. : International Journal of Food Microbiology, 2010. Vol. 141.
54. **RODRIGUEZ, MATEUS, Natalia Yineth.** ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA PROBIÓTICA FERMENTADA DE LACTOSUERO INOCULADA CON BACTERIAS ACIDO LACTICAS. repository.unad.edu.co. [En línea] 2 de Julio de 2022.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/52033/1070006635.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
55. **RODRÍGUEZ, BASANTES, Adriana; et al.** Francisco de Orellana : Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial, 2020, Vol. 18. 1909-995.
56. **RAMÍREZ, Raúl; et al.** Elaboracion de una bebida probiotica con lactosuero y enriquecida con almidon de quinua como complemento alimentario para niños. 2, s.l. : ÑAWPARISUN, 2019, Vol. 1.
57. **SALINAS, K; et al.** MANUAL PARA EDUCACIÓN AGROPECUARIA. ELABORACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS. México : TRILLAS, 2014.
58. **TAPIA, ECHARRI, Alex, Gustavo.** Elaboración de una bebida funcional a base de mashua negra (*tropaeolum tuberosum*) con adición de extracto de maracuyá y enriquecida con colageno hidrolizado y edulcorada con estevia (*Stevia rebaudiana*)”. repositorio.ucsm.edu.pe. [En línea] 4 de Septiembre de 2023.
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/12504/69.0415.AL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
59. **TERRAZAS, F y VALDIVIA, G.** Spatial dynamics of in situ conservation: handling the genetic diversity of Andean tubers in mosaic systems. 1998. págs. 9- 1. Vol. 114.

- 60. TINEO, J.** Instituto Nacional de Investigación Agraria. Lima, Perú : Dirección general de *Investigación Agraria*, 1993. Folleto N° 6..

- 61. VIZCAINO, B.** Evaluación del valor nutricional de la harina de mashua en dietas para pollos de engorde. Quito : s.n., 2010. pág. 137.

ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE LA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA

Niveles de pulpa de mashua	Repeticiones	%Proteína Láctea	Sólidos Totales (°Brix)	pH	%Acidez Titulable
6%	R1	4,57	4,1	4,17	0,48
6%	R2	4,58	4,3	4,18	0,48
6%	R3	4,6	4,1	4,18	0,45
6%	R4	4,58	4,2	4,18	0,45
12%	R1	5,42	4,5	4,12	0,61
12%	R2	5,41	4,4	4,12	0,59
12%	R3	5,4	4,5	4,13	0,58
12%	R4	5,41	4,6	4,13	0,53
18%	R1	5,03	4,8	4,05	0,63
18%	R2	5,02	4,6	4,06	0,62
18%	R3	5,04	4,9	4,07	0,63
18%	R4	5,02	4,7	4,08	0,63

ANEXO B: FICHA DE PRUEBA AFECTIVA DE ESCALA HEDÓNICA

Nombre: _____ **Edad:** ____ **Fecha:** _____

Método: Atributos de calidad

Producto: Bebida Probiótica

Por favor deguste las tres muestras que se presentan y califique sus atributos de calidad de acuerdo a los siguientes valores.

Instrucciones:

Califique la calidad de las 3 muestras codificadas con tres números según olor, color, sabor y apariencia en los recuadros en blanco según la siguiente escala:

Haga uso del borrador(agua) entre cada muestra.

Excelente	5
Muy Bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Malo	1

Atributos de calidad

Calificación

	192	243	378
Olor			
Color			
Sabor			
Apariencia			

¡Gracias por su ayuda!

ANEXO C: RESULTADOS DE LA VALORACIÓN SENSORIAL DE LA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA

Niveles de mashua	Olor	Color	Sabor	Apariencia
6%	4	4	4	4
6%	3	3	3	3
6%	3	3	2	3
6%	3	4	4	4
6%	4	4	5	5
6%	2	3	5	1
6%	3	3	4	2
6%	5	4	5	5
6%	4	4	5	4
6%	4	4	4	4
6%	4	4	5	3
6%	4	4	5	3
6%	4	4	5	5
6%	3	2	4	5
6%	5	5	5	4
6%	5	4	5	5
6%	4	4	5	5
6%	5	4	5	4
6%	4	5	4	5
6%	5	4	5	4
6%	4	4	5	5
6%	3	2	4	5
6%	5	5	5	4
6%	5	4	5	5
6%	4	4	5	5
12%	3	4	3	4
12%	4	5	4	5
12%	3	3	3	3
12%	3	4	3	4
12%	3	4	2	5
12%	2	4	3	4
12%	4	4	4	4
12%	3	4	4	4
12%	4	4	4	4
12%	4	4	4	4
12%	4	3	4	3
12%	4	5	5	5
12%	5	3	2	3
12%	3	2	2	4

12%	5	5	5	5
12%	5	4	5	5
12%	5	5	5	4
12%	4	5	5	5
12%	5	5	4	5
12%	5	5	4	4
12%	5	3	2	3
12%	3	2	2	4
12%	5	5	5	5
12%	5	4	5	5
12%	5	5	5	4
18%	2	5	2	4
18%	5	5	5	4
18%	4	4	4	4
18%	4	4	3	5
18%	4	4	2	5
18%	1	5	2	5
18%	4	5	3	5
18%	4	3	3	4
18%	5	5	5	5
18%	4	4	4	4
18%	5	3	5	4
18%	4	4	5	3
18%	4	3	3	3
18%	2	1	2	3
18%	5	5	5	5
18%	5	5	5	5
18%	5	5	5	5
18%	5	4	5	5
18%	5	5	5	4
18%	4	5	3	5
18%	4	3	3	3
18%	2	1	2	3
18%	5	5	5	5
18%	5	5	5	5
18%	5	5	5	5

ANEXO D: ANÁLISIS DE VARIANZA PROTEÍNA

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Niveles de pulpa de mashua	1,37	2	0,69	6499,5	<0,0001
Error	9,50E-04	9	1,10E-04		
Total	1,37	11			

Niveles de pulpa de mashua	Medias	n	E.E.	Rango
6%	4,58	4	0,01	A
12%	5,03	4	0,01	B
18%	5,41	4	0,01	C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,99870492
Coefficiente de determinación R ²	0,99741151
R ² ajustado	0,99715266
Error típico	0,0188525
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	1,3695125	1,3695125	3853,25 909	2,86286E- 14
Residuos	10	0,00355417	0,00035542		
Total	11	1,37306667			

	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	4,17916667	0,01439883	290,243431	5,7975E-21	4,1470840 68	4,21124 927	4,147084 07	4,211249 27
Variable X 1	0,06895833	0,00111089	62,0746251	2,8629E-14	0,0664831 07	0,07143 356	0,066483 11	0,071433 56

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,999654
Coefficiente de determinación R ²	0,99930812
R ² ajustado	0,99915437
Error típico	0,01027402
Observaciones	12

ANÁLISIS DE
VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	1,37211667	0,68605833	6499,5	6,0276E-15
Residuos	9	0,00095	0,00010556		
Total	11	1,37306667			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	4,075	0,02239171	181,986956	2,3229E-17	4,0243464	4,12565	4,024346	4,125653
Variable X 1	0,08979167	0,00423782	21,1881817	5,4545E-09	0,0802050	0,09937	0,080205	0,099378
Variable X 2	-	0,00086806	-4,96699634	0,00077	-	0,00047	0,001263	0,000472
				308	0,0012634	271	4	71

ANEXO E: ANÁLISIS DE VARIANZA SÓLIDOS SOLUBLES

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sólidos Totales	12	0,87	0,84	2,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Niveles de pulpa de mashua	0,67	2	0,33	30,69	0,0001
Error	0,1	9	0,01		
Total	0,76	11			

Niveles de pulpa de mashua	Medias	n	E.E.	Rango
6%	4,18	4	0,05	A
12%	4,50	4	0,05	B
18%	4,75	4	0,05	C

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

Resumen

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,93124278
Coefficiente de determinación R ²	0,86721311
R ² ajustado	0,85393443
Error típico	0,10062306
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,66125	0,66125	65,308642	1,0775E-05
Residuos	10	0,10125	0,010125		
Total	11	0,7625			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad 95%	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	3,9	0,07685213	50,7468038	2,1345E-13	3,72876278	4,07123722	3,72876278	4,07123722
Variable X 1	0,04791667	0,00592927	8,08137624	1,0775E-05	0,03470543	0,06112779	0,03470543	0,06112779

ANEXO F: ANÁLISIS DE VARIANZA PH

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
pH	12	0,97	0,97	0,21

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Niveles de pulpa de mashua..	0,03	2	0,01	169	<0,0001
Error	6,80E-04	9	7,50E-05		
Total	0,03	11			

Niveles de pulpa de mashua..	Medias	n	E.E.	Rango
6%	4,18	4	4,30E-03	C
12%	4,13	4	4,30E-03	B
18%	4,07	4	4,30E-03	A

Estadísticas de la regresión

Coefficiente de correlación múltiple	0,98621624
Coefficiente de determinación R ²	0,97262248
R ² ajustado	0,96988473
Error típico	0,00844097
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,0253125	0,0253125	355,263 158	3,829E-09
Residuos	10	0,0007125	7,125E-05		
Total	11	0,026025			

	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	4,235	0,0064469	656,905024	1,6445E-24	4,2206354	4,24936	4,220635	4,249364
Variable X 1	-0,9375	0,00049739	-18,8484259	3,829E-09	0,0104832	0,00826	0,010483	0,008266

ANEXO G: ANÁLISIS DE VARIANZA ACIDEZ TITULABLE

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Acidez	12	0,93	0,91	3,99

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Niveles de pulpa de mashua	0,06	2	0,03	56,04	<0,0001
Error	4,40E-03	9	4,90E-04		
Total	0,06	11			

Niveles de pulpa de mashua	Medias	n	E.E.	Rango
6%	0,47	4	0,01	A
12%	0,58	4	0,01	B
18%	0,63	4	0,01	C

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

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,93923837
Coefficiente de determinación R ²	0,88216871
R ² ajustado	0,87038558
Error típico	0,02655968
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,0528125	0,0528125	74,8670998	5,8871E-06
Residuos	10	0,00705417	0,00070542		
Total	11	0,05986667			

	Coefficiente s	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95,0%	Superior 95,0%
Intercepción	0,39416667	0,02028529	19,431156	2,8449E-09	0,3489682	0,43936	0,348968	0,439365
Variable X 1	0,01354167	0,00156504	8,65257764	5,8871E-06	0,0100545	0,01702	0,010054	0,017028

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0,9621165
Coefficiente de determinación R ²	0,92566815
R ² ajustado	0,90914996
Error típico	0,02223611
Observaciones	12

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	0,05541667	0,02770833	56,0393258	8,3231E-06
Residuos	9	0,00445	0,00049444		
Total	11	0,05986667			

	<i>Coefficiente s</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>	<i>Inferior 95,0%</i>	<i>Superior 95,0%</i>
Intercepción	0,29	0,04846247	5,98401181	0,00020651	0,18037027	0,39962973	0,18037027	0,39962973
Variable X 1	0,034375	0,00917193	3,74784965	0,00456981	0,01362666	0,05512334	0,01362666	0,05512334
Variable X 2	-	0,00086806	-2,29496273	0,04738835	-1,2409E-05	1,2409E-05	0,0017237	-1,2409E-05

ANEXO H: ANÁLISIS DE VARIANZA BACTERIAS PROBIÓTICAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Bacterias Probióticas	12	0,01	0	20,53

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Niveles de pulpa de mashua..	3,92E+10	2	19600000000	0,06	0,9395
Error	2,8056E+12	9	3,11733E+11		
Total	2,8448E+12	11			

Niveles de pulpa de mashua	Medias	n	E.E.	
6%	2790000	4	279165,42	a
12%	2720000	4	279165,42	a
18%	2650000	4	279165,42	a
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				

ANEXO I: ANÁLISIS DE VARIANZA LEVADURAS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Levaduras	12	0,23	0,06	7,03

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Niveles de pulpa de mashua..	6,5	2	3,25	1,36	0,3046
Error	21,5	9	2,39		
Total	28	11			

Niveles de pulpa de mashua..	Medias	n	E.E.	
6%	21	4	0,77	A
12%	22,75	4	0,77	A
18%	22,25	4	0,77	A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)				

ANEXO J: ANÁLISIS DE VARIANZA (PRUEBA DE KRUSKAL WALIS)

Variable	Niveles de pulpa de mashua	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Olor	6%	25	3,96	0,84	4	0,87	0,6133
Olor	12%	25	4,04	0,93	4		
Olor	18%	25	4,08	1,15	4		

Niveles de pulpa de mashua	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
6%	25	3,8	0,76	4	3,33	0,1509
12%	25	4,04	0,93	4		
18%	25	4,12	1,2	5		

Niveles de pulpa de mashua	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
6%	25	4,52	0,77	5	5,83	0,0353
12%	25	3,76	1,13	4		
18%	25	3,84	1,25	4		

Niveles de pulpa de mashua	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
6%	25	4,08	1,08	4	0,53	0,7336
12%	25	4,2	0,71	4		
18%	25	4,32	0,8	5		

ANEXO K: ELABORACIÓN DE LA DE LA BEBIDA PROBIÓTICA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA



Recepción de las materias primas



Pesado, lavado, despunte y cocción de la mashua



Licudo y tamizado de la pulpa de mashua



Tamizado, pasteurización y enfriamiento



Inoculación y mezclado

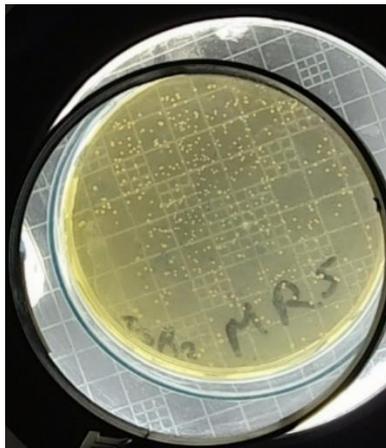


Producto final

ANEXO L: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA BEBIDA PROBIÓTICA ELABORADA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA



ANEXO M: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LA BEBIDA PROBIÓTICA ELABORADA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA



ANEXO N: ANÁLISIS SENSORIAL DE LA BEBIDA PROBIÓTICA ELABORADA CON SUERO DE LECHE Y PULPA DE MASHUA





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 23/ 01 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: RUTH NOEMI REMACHE YAUSEN
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Agroindustria
Título a optar: Ingeniera Agroindustrial
 Firma del Director del Trabajo de Titulación
 Firma del Asesor del Trabajo de Titulación