

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación

**Desarrollo de Bebida a Base de Lactosuero con Harina de Amaranto
Tostado (*Amaranthus caudatus*) en la Granja Modelo Pairumani**

Estudiante

Rosa Camila Simon Canaviri

Asesores

Sandra Espinoza M.Sc.

José Sánchez Ph.D.

Honduras, noviembre 2025

Autoridades

KEITH L. ANDREWS

Rector i.a.

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M ACOSTA MARCHETTI

Directora del Departamento de Agroindustria Alimentaria

JULIO NAVARRO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	5
Índice de Figuras	7
Índice de Anexos	8
Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Materiales y Métodos	14
Localización del Estudio	14
Materiales	14
Pruebas Preliminares para la Determinación de Formulación y Procesamiento de la Bebida	15
Pruebas Preliminares	15
Proceso para la Elaboración de la Bebida	18
Descripción de las Etapas de Proceso	18
Recepción de Materia Prima e Insumos	18
Filtración de Residuos Sólidos.....	19
Mezclado y Homogenización	20
Pasteurización	20
Enfriamiento	20
Envasado	20
Almacenamiento	21
Análisis Microbiológico, Sensorial y Físicoquímico de Cada Formulación Desarrollada.	21

Análisis Microbiológico	21
Análisis Sensorial.....	23
Análisis Físicoquímico	25
Análisis de Calidad Nutricional - Laboratorio de AquaLab S.R.L.	26
Resultados y Discusión.....	28
Pruebas Preliminares para la Determinación de Formulación y Procesamiento de la Bebida	28
Análisis Microbiológico, Sensorial y Físicoquímico de Cada Formulación Desarrollada.	30
Análisis Microbiológicos.....	30
Análisis Sensorial.....	32
Análisis Físicoquímico	43
Análisis de Calidad Nutricional - Laboratorio de AquaLab S.R.L.	47
Conclusiones	53
Recomendaciones	54
Referencias.....	55
Anexos	63

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Composición nutricional por 100 ml de los ingredientes utilizados para la elaboración de la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	17
Cuadro 2 Límites máximos permitidos de microorganismo para bebidas lácteas	22
Cuadro 3 Métodos de análisis nutricionales y fisicoquímicos del laboratorio de AquaLab S.R.L.	27
Cuadro 4 Comparación de ácidos alimentarios en el proceso de ultrafiltración de lactosuero	28
Cuadro 5 Formulaciones de la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	29
Cuadro 6 Resultados de análisis microbiológicos de Bacterias Aerobios mesófilos, Coliformes, Mohos y Levaduras	31
Cuadro 7 Resultados del análisis sensorial en el atributo de apariencia en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	33
Cuadro 8 Resultados del análisis sensorial en el atributo de color en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	35
Cuadro 9 Resultados del análisis sensorial en el atributo de olor en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	36
Cuadro 10 Resultados del análisis sensorial en el atributo de sabor en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	37
Cuadro 11 Resultados del análisis sensorial en el atributo de dulzura en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	38

Cuadro 12 Resultados del análisis sensorial en el atributo de viscosidad en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	39
Cuadro 13 Resultados del análisis sensorial en el atributo de aceptación general en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	40
Cuadro 14 Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor, dulzura y viscosidad con la aceptación general de tratamientos en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.....	41
Cuadro 15 Resultados de la prueba de preferencia usando la prueba de Basker y Kramer en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.....	42
Cuadro 16 Resultados del parámetro de pH en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.....	44
Cuadro 17 Resultados del parámetro de Acidez Titulable en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.....	45
Cuadro 18 Resultados del parámetro sólidos no grasos en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	46
Cuadro 19 Resultados del parámetro de Grados Brix en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado	47
Cuadro 20 Resultados de análisis nutricionales y fisicoquímicos en laboratorio de AquaLab S.R.L. en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.....	51

Índice de Figuras

Figura 1 Flujo de proceso para la elaboración de la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.....	18
Figura 2 Información nutricional del tratamiento 4.....	52

Índice de Anexos

Anexo A Sistema Agro biológico de la Hacienda Pairumani	63
Anexo B Evaluaciones sensoriales.....	64
Anexo C Boleta de evaluación Sensorial	65
Anexo D Tabla de Prueba de Basker y Kramer “Valor crítico de diferencia entre suma de categorías”	66
Anexo E Resultados de análisis microbiológicos realizados en el laboratorio de AquaLab S.R.L.	67
Anexo F Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor, dulzura y viscosidad con la aceptación general de tratamientos en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.....	68

Resumen

El lactosuero es un subproducto lácteo de alto valor nutricional, que al ser descartado provoca pérdidas económicas, como también problemas de contaminación ambiental. En este estudio se investigó la revalorización de subproductos mediante la formulación de una bebida elaborada a partir de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado, evaluando parámetros fisicoquímicos y sensoriales para determinar su aceptación. Se propusieron cuatro formulaciones: (T1 control) con 0 % de harina de amaranto tostado y tres concentraciones de harina de amaranto tostado (T2=1.14 %, T3=1.42 % y T4=1.70 %). Se efectuó un análisis de aceptación mediante un diseño BCA, y los datos se analizaron a través de un ANDEVA y una separación de medias Duncan en el programa Statistical Analysis Software SAS®. Se realizó una prueba de preferencia analizando los resultados mediante la tabla de Basker y Kramer, obteniendo que el tratamiento con adición de 1.70 % de harina de amaranto tostado fue el mejor aceptado por el consumidor. Se realizaron análisis de pH, acidez titulable, sólidos no grasos y sólidos solubles totales, utilizando un diseño Completamente al Azar, y los datos se analizaron a través de un ANDEVA y una prueba Duncan en el programa SAS®. Los resultados indicaron que la adición de harina de amaranto tostado no generó diferencias significativas en pH, pero si incrementó la acidez titulable, sólidos no grasos y sólidos solubles totales. La bebida podría ser considerada como fuente de proteína y bajo en sodio según lo establecido en el RTCA 67.01.60:23 sobre el etiquetado de alimentos procesados.

Palabras clave: Grano andino, revalorización, subproducto de la leche, suero de queso.

Abstract

Whey is a dairy by-product with high nutritional value, which, when discarded, causes economic losses as well as environmental pollution issues. This study investigated the revalorization of by-products through the formulation of a beverage made from whey with the addition of toasted amaranth flour, evaluating physicochemical and sensory parameters to determine its acceptance. Four formulations were proposed: (T1 control) with 0 % toasted amaranth flour, and three concentrations of toasted amaranth flour (T2=1.14 %, T3=1.42 %, and T4=1.70 %). An acceptance analysis was conducted using a Completely Balanced Randomized Design (BCA), and the data were analyzed through ANOVA and Duncan's multiple range test in Statistical Analysis Software (SAS®). A preference test was performed, analyzing the results using the Basker and Kramer table, which showed that the treatment with 1.70 % toasted amaranth flour was the most accepted by consumers. Analyses of pH, titratable acidity, non-fat solids, and total soluble solids were carried out using a Completely Randomized Design, and the data were analyzed through ANOVA and Duncan's test in SAS®. The results indicated that the addition of toasted amaranth flour did not generate significant differences in pH but did increase titratable acidity, non-fat solids, and total soluble solids. The beverage could be considered a source of protein and low in sodium according to RTCA 67.01.60:23 on processed food labeling.

Keywords: Andean grain, cheese whey, milk byproduct, revaluation.

Introducción

En Bolivia, la producción láctea se encuentra en un crecimiento constante en los últimos años. Solo en 2022, se generaron 552,5 millones litros de leche a nivel nacional, donde el 27.7% (171,3 millones de litros) de la producción corresponde al departamento de Cochabamba (Ministerio de Planificación del Desarrollo y Economía Plural).

El alto nivel de producción implica el aumento significativo de residuos contaminantes provenientes de la industria, particularmente, el manejo de subproductos como el lactosuero. El lactosuero se define como sustancia líquida translúcida obtenida de la coagulación de la leche en el proceso de fabricación de queso, después de la precipitación de la caseína y separada del coágulo o fase micelar mediante acción de ácidos o enzimas (Asas et al., 2021).

La alta carga orgánica de este subproducto lo convierte en un potencial contaminante para suelos y cuerpos de agua, donde la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) entregada por el suero en el medio ambiente, se encuentran entre 27 a 60 kg/m³ y 50 a 102 kg/m³ respectivamente (Khattab et al., 2021). lo que representa un desafío, provocando pérdidas económicas e impactos ambientales, por lo que es necesario promover estrategias que den paso a oportunidades eficaces, eficientes y sostenibles para el sector lácteo (Benavides y Hughes, 2024).

En este marco, la Granja Modelo Pairumani ubicada en el municipio de Vinto de Cochabamba, cuenta con una fuerte orientación agropecuaria, donde, la producción lechera tecnificada, se estima como un modelo de referencia para la región (Fundación Simón I. Patiño [FUSIP], 2021).

La hacienda toma como base la agricultura regenerativa para innovar y desarrollar técnicas de producción más sostenibles mediante la investigación científica, aplicando un

modelo de producción integral que promueve la relación de unidad biológica (suelo, planta, animal y ser humano) (Sánchez, 2011). Esta forma de manejo sistémico busca el equilibrio en las dimensiones ambientales, económicas y sociales que permitan la autonomía del agro sistema (Anexo A).

Como parte del sistema integral, la hacienda Pairumani a través de la planta procesadora de lácteos ofrece una amplia variedad de productos al mercado, sin embargo, durante el procesamiento de quesos se generan grandes volúmenes de residuos líquidos orgánicos, conocidos como suero de queso o lactosuero que, representa alrededor 520 litros por cada 600 litros de leche procesados aproximadamente el 87 % (C. Terán, comunicación personal, 13 de febrero de 2025).

Gómez y Sánchez; estiman que el lactosuero representa aproximadamente, del 85 % al 95 % del volumen de leche, y retiene el 55 % de sus nutrientes (2019). Las proteínas que constituyen el lactosuero (aproximadamente el 0.6-0.8%) son de alta calidad debido a su contenido en aminoácidos esenciales presentes principalmente en alfa-lactoalbúminas, beta-lactoglobulinas, inmunoglobulinas y albúmina de suero bovino, 5 % de lactosa, 0.53 % de minerales, un 0.36 % de grasa y un 93 % de agua (Guzmán, 2022).

Teniendo en cuenta su alto valor nutricional el suero de queso se considera un subproducto valorizable con gran potencial de aprovechamiento, no obstante, su uso industrial sigue siendo un desafío dentro del sector lácteo, debido a su elevado contenido de humedad, por lo que es un producto altamente perecedero con fuerte poder contaminante si no se gestiona adecuadamente y cuyo descarte implica pérdida de nutrientes, un desaprovechamiento económico y problemas de contaminación ambiental. (Cortéz et al., 2021).

El amaranto (*Amaranthus caudatus*), es un pseudocereal de origen andino, reconocido por su alto valor nutricional y considerado parte de una serie de alimentos tradicionales en la región. Se destaca por su contenido en proteínas biodisponibles, entre el 14 y el 18 % dependiendo de la variedad del cultivo, representa un perfil equilibrado de aminoácidos esenciales, exceptuando leucina; además, dispone de compuestos con actividad antioxidante como péptidos bioactivos y polifenoles (Olmos et al., 2022).

A pesar de los versátiles e invaluable beneficios del grano de amaranto, su incorporación en la dieta de la población sigue siendo un reto, principalmente por el desconocimiento de sus propiedades saludables. Sin embargo, su demanda ha comenzado a estabilizarse gracias al creciente interés que se manifiesta en el consumidor por alimentos nutritivos y benéficos para la salud (Bambridge-Sutton, 2025).

La propuesta de una bebida representa una estrategia sostenible mediante el aprovechamiento integral de subproductos de la industria láctea, reduce desperdicios y genera valor agregado, que representa una oportunidad de negocio importante para pequeñas y medianas empresas del sector lácteo. (Mazorra y Moreno, 2019).

De este modo, la presente investigación, tuvo como propósito desarrollar una bebida a base de lactosuero incorporando harina de amaranto, dirigida a consumidores potenciales como jóvenes y adultos. Por ello, se plantearon los siguientes objetivos: Determinar la aceptación sensorial de la bebida y la formulación de mayor preferencia por el consumidor y evaluar los efectos de la adición de harina de amaranto tostado en las propiedades fisicoquímicas de bebida a base de lactosuero.

Materiales y Métodos

Localización del Estudio

El estudio se llevó a cabo en la Granja Modelo Pairumani, Cochabamba, Bolivia. La elaboración de los tratamientos se desarrolló en las instalaciones de la Planta de Lácteos Pairumani, los análisis microbiológicos se efectuaron en el Laboratorio de la Planta de lácteos Pairumani, los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de la Planta y en Laboratorio externo (AquaLab S.R.L.); y las evaluaciones sensoriales se realizaron utilizando un panel de consumidores potenciales en distintos puntos de la ciudad Cochabamba: el centro comercial Paseo Aranjuez, la Granja Modelo Pairumani y el Puesto de ventas Pairumani en el Palacio Portales (Anexo B).

Materiales

Para la elaboración de la bebida se utilizaron los siguientes ingredientes: Lactosuero dulce líquido, obtenido de la coagulación de la leche mediante la enzima quimosina, caracterizado por mantener un pH de 6.2 a 6.5 (Mora y Portilla, 2022); el mismo fue obtenido de la Planta de Lácteos de la Granja Modelo Pairumani.

El amaranto fue utilizado en forma de harina tostada, seleccionado por su elevado contenido de proteínas (14.45%), fibra dietética (9.3%) y compuestos antioxidantes naturales, incluyendo compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides y vitamina C, siendo un ingrediente funcional para la formulación de la bebida (Arias y López, 2022). La harina fue adquirida de la proveedora “Andes trópico” de Cochabamba y se almacenó en condiciones óptimas de temperatura menores a 25 °C y humedad relativa de 65 % al 70 %, hasta su uso (Instituto de Agricultura, 2023).

Se incorporó azúcar blanca refinada de uso alimentario como edulcorante, fuente de energía para la formulación de la bebida, el mismo es almacenado bajo un ambiente seco, ventilado y protegido de plagas, evitando la absorción de humedad y contaminación cruzada (Codex Alimentarius Commission, 2022).

Pruebas Preliminares para la Determinación de Formulación y Procesamiento de la Bebida

Pruebas Preliminares

A fin de establecer la formulación y el proceso de elaboración de los tratamientos se realizó una serie de pruebas preliminares:

Inicialmente se realizaron pruebas de ultrafiltración de proteínas utilizando distintos ácidos como: ácido cítrico (limón) y ácido acético (vinagre de manzana y de alcohol), para obtener un suero con coloración clara desestabilizando las proteínas y grasas, por lo que se aplicó 12 % de cada ácido según lo establecido por Muvdi Nova et al. (2022) en procesos de ultrafiltración en suero.

Según Valdés (2022), las formulación con lactosuero son más aceptadas en concentraciones menores a 75%. Mientras que Guzmán (2022), utilizó concentraciones de 60% de lactosuero en bebidas con 5% de quinua. Regular la concentración de lactosuero en bebidas, permite que predominen los sabores añadidos buscando ajustar propiedades isotónicas. Considerando estas investigaciones, se optó por evaluar tres formulaciones de la bebida: Formulación 1, con base líquida al 100 % de lactosuero que sirve como un control de la prueba. Formulación 2, con 75 % de lactosuero y 25 % agua. Formulación 3, con 60 % de lactosuero y 40 % agua.

Para determinar la concentración óptima de azúcar en la bebida formulada, se prepararon formulaciones con diferentes concentraciones de azúcar diluido en lactosuero (7

%, 6 %, 5 %, 4 % y 3 %). Considerando, como referencia el estudio de Ayala et al. (2019) que desarrollaron una bebida de lactosuero con extracto de amaranto, utilizando 7 % de azúcar. Se realizó una prueba sensorial afectiva preliminar con panelistas de la planta; a fin de identificar el nivel de dulzor aceptable para el consumidor sin enmascarar las características del lactosuero.

Posteriormente, se evaluó la adición de harina de amaranto cruda y tostado, a fin de apreciar las características que podría aportar cada uno a la bebida. Al usar harina de amaranto cruda se conserva su contenido de nutrientes intactos, evitando pérdida de vitaminas y minerales termosensibles; cabe resaltar la presencia de inhibidores enzimáticos que afectan a la absorción de calcio, hierro y zinc, mismos inhibidores son capaces de ser desnaturalizados a través de tratamiento térmico o cocción. (Vasquez Lara, 2021).

Por otra parte, la harina de amaranto con previo tratamiento térmico (tostado), mejora la biodisponibilidad de proteínas y aminoácidos, reduciendo su contenido de compuestos anti nutricionales como taninos y ácido fítico (Igartúa y Sceni, 2023). Sin embargo, Nuñez considera que el proceso de tostado genera compuestos volátiles por la reacción Maillard que pueden influir en la solubilidad, color y aceptabilidad sensorial de bebidas que contienen más de 5 % de harinas (2023).

Finalmente, para optimizar características organolépticas y el aporte nutricional de la formulación del producto, se realizaron pruebas para determinar las cantidades de harina de amaranto que se agregó. Se tomó en consideración el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) sobre el etiquetado de alimento procesados, donde se establece que un alimento puede declararse “Fuente”, “Adicionado” o “Enriquecido”; si el contenido de proteína es igual

o superior a 5% de Valor de Referencia Diario (VRN) en 100 ml (Secretaría de Desarrollo Económico [SDE], 2011).

Se utilizó la Tabla de Composición de Alimentos del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud (2012), para formular la bebida considerando el aporte nutricional teórico de proteína en harina de amaranto (14.45 %) (Cuadro 1). En base a este valor se realizó el cálculo para alcanzar 2.5 gramos de proteína por 100 ml de la bebida. En estas pruebas se utilizaron concentración de 8, 10, 12, 15 y 18 gramos de harina tostada de amaranto por cada 1000 ml del lactosuero.

Los procesos de formulación de bebidas nutricional involucran una serie de pasos técnicos y científicos diseñados para desarrollar un producto que no solo sea nutritivo y beneficioso para la salud, sino también sensorialmente aceptable (Molina, 2024). En el presente estudio, se evaluaron tres tratamientos y un control, utilizando diferentes concentraciones de harina de amaranto seleccionadas entre las mejores obtenidas nutricional y sensorialmente de las pruebas preliminares.

Cuadro 1

Composición nutricional por 100 ml de los ingredientes utilizados para la elaboración de la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Ingrediente	Energía (Kcal)	Proteínas (g)	Carbohidratos (g)	Grasa Total (g)	Fibra Dietética Total (g)
Lactosuero dulce	27	0.85	5.14	0.36	0
Amaranto	374	14.45	66.17	6.51	9.3
Azúcar blanca	384	0	99.1	0	0

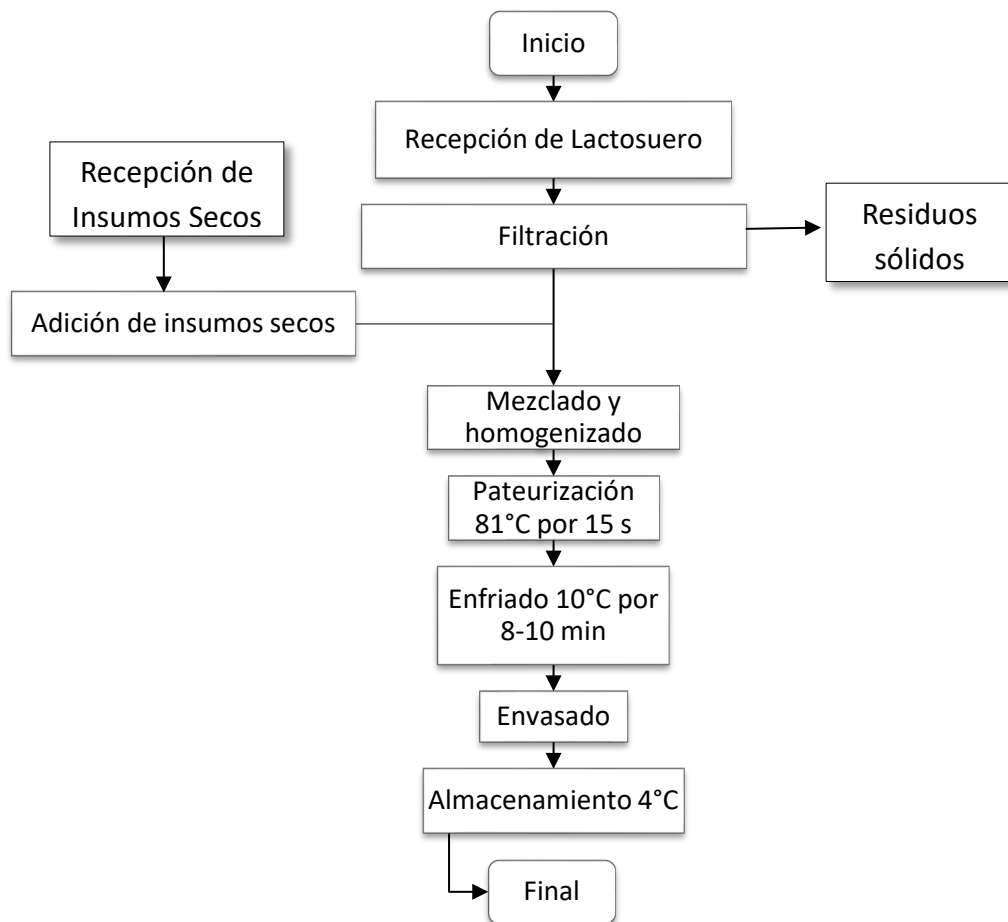
Nota. Tomado de INCAP y OPS (2012). Kcal: calorías, g: gramos.

Proceso para la Elaboración de la Bebida

La bebida fue elaborada de forma artesanal con los insumos y herramientas disponibles dentro de la Planta de Lácteos Pairumani. A partir de las actividades realizadas durante las pruebas preliminares, se definió el siguiente flujo de proceso (Figura 1).

Figura 1

Flujo de proceso para la elaboración de la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado



Nota. °C: Grados Celcius, s: segundos, min: minutos.

Descripción de las Etapas de Proceso

Recepción de Materia Prima e Insumos

Se recolectó y cuantificó las cantidades necesarias de materiales dependiendo del tratamiento que se realizó. Se verificó que cada una de ellas cumpliera con los parámetros de calidad e inocuidad.

El lactosuero debe provenir de la coagulación de la leche con pH dentro del rango permitido (6.60 a 6.80), valor de ácido láctico de 0.14 a 0.18 %; con el fin de evitar cambios fisicoquímicos durante la elaboración de la bebida (Instituto Boliviano de Normalización y Calidad [IBNORCA], 2024).

La harina tostada de amaranto proveniente de la empresa Andes Trópico que debe presentar un contenido de humedad no mayor de 12 %, que en combinación con el empaçado al vacío, permite su almacenamiento a temperatura ambiente sin comprometer la calidad del producto según la ficha técnica del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (2018)

Los sacos de azúcar deben estar protegidos de la humedad y plagas que deterioren el material del empaque como: sacos de polipropileno (PP) y capa interna de Polietileno (PE) para mejorar la protección contra la humedad y preservar la calidad en almacenamiento (Antosik et al., 2021).

Filtración de Residuos Sólidos

El lactosuero fue filtrado con una malla fina de forma circular (15 x 15 cm), con tamaño de poro 200 micrones (80 mesh), a fin de eliminar residuos sólidos del proceso de elaboración de queso. Este tipo de malla es ampliamente utilizada en plantas procesadoras de lácteos (SaintyCo, 2025), ya que, permite una filtración eficaz sin comprometer el volumen del líquido tratado.

Mezclado y Homogenización

Para esta sección se mezclaron los ingredientes de la bebida para obtener una mezcla homogénea; en un recipiente de plástico se añadió la harina de amaranto y azúcar, en cantidades ya establecidos según la formulación, a continuación, se mezcló con aproximadamente 500 ml de lactosuero, con el fin de evitar la formación de grumos en la bebida. Próximamente, se agregó esta mezcla en la cantidad de suero total de elaboración y batiendo hasta lograr una homogenización.

Pasteurización

La pasteurización se realizó utilizando ollas de cocina. El producto se llevó a una temperatura de 81 °C por 15 s con agitación constante, de esta manera evitar la desnaturalización de las proteínas presentes y reducir significativamente la carga microbiológica que pueda estar presente en la bebida (Tirado et al., 2017)

Enfriamiento

Al finalizar la pasteurización se llevó inmediatamente a enfriamiento a baño maría en agua de 2 a 4 °C, durante 8 a 10 minutos, hasta alcanzar una temperatura menor o igual a 10 °C.

Envasado

El producto se envasó en botellas plásticas de polipropileno de alta densidad (HDPE) con una capacidad de 1000 ml, de forma cilíndrica, con altura de 15 cm y aproximadamente 8 cm de diámetro. También se utilizaron bolsas de polietileno de baja densidad (LDPE) de 200 ml con forma rectangular, de 5 cm de ancho y 10 cm de alto.

Se eligieron estos envases por su disponibilidad en la Planta Pairumani, su practicidad y bajo costo. El HDPE es un material utilizado en la industria alimentaria por su resistencia química lo que lo hace adecuado para productos líquidos. Facilita el almacenamiento,

transporte y consumo de productos. Por otra parte, el LDPE es una alternativa más flexible y económico, ideal para presentaciones de menor volumen. (Acosta Medina et al., 2023).

Al utilizar ambos tipos de envase, permitió evaluar el comportamiento del producto en diferentes presentaciones, además permite proyectar su posible comercialización en formatos diferentes.

Almacenamiento

El producto fue almacenado en cámaras de conservación refrigeradas a una temperatura controlada inferior a 4 °C, con el fin de mantener su estabilidad microbiológica y fisicoquímica.

Análisis Microbiológico, Sensorial y Fisicoquímico de Cada Formulación Desarrollada.

Análisis Microbiológico

Se realizaron análisis microbiológico a los tres tratamientos y al tratamiento control considerando que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Organización Mundial de la Salud [OMS] (2020), establece que calidad microbiológica está determinada por el tipo y cantidad de microorganismos presentes, incluyendo tanto los microorganismos indicadores como los patógenos, lo que influye directamente en la inocuidad y en la vida útil del producto. Por lo tanto, en el estudio se busca asegurar que el producto sea libre de patógenos que puedan causar daños a la salud, siguiendo los criterios microbiológicos de la Norma Boliviana/Norma Adoptada 0078-2009 (IBNORCA, 2021), en la sección de “bebidas lácteas”, que exige límites permitidos para coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos y levaduras (Cuadro 2). Estas pruebas deben realizarse previo a los análisis sensoriales para asegurar la inocuidad de las bebidas.

Cuadro 2

Límites máximos permitidos de microorganismo para bebidas lácteas

Agente microbiano	Unidad	n	c	m	M
Coliformes totales	UFC/ml	5	2	1.0×10^1	1.0×10^2
<i>Escherichia coli</i>	UFC/ml	5	0	$<1.0 \times 10^0$	-
Mohos	UFC/ml	5	2	2.0×10^2	5.0×10^2
Levaduras	UFC/ml	5	2	$<1.0 \times 10^0$	1.0×10^1

Nota. Extraído de NB/NA 0078-2009 (IBNORCA, 2021), n: unidades de muestra, c: Número máximo de muestras que pueden exceder el límite, M: Límite microbiológico que separa la calidad aceptable y rechazable, m: valor mínimo permitido, UFC: Unidades Formadoras de Colonias, g: gramos.

En cada muestra se realizaron diluciones con el siguiente procedimiento: transferir 1 ml de la muestra original a un tubo que contenga 9 ml del diluyente estéril para obtener la dilución $10^{-1} = 1$ en 10; homogenizar cuidadosamente la dilución obtenida con ayuda de un vortex (Thermo Fisher Scientific, MA, EUA) por 10 segundos (IBNORCA, 2002).

Bacterias Coliformes y *E. coli*.

Los coliformes son indicadores de un proceso o de un estado sanitario inadecuado. La presencia de estos microorganismos en cantidades mayores indica:

Mala manipulación y/o procesamiento del alimento.

Riesgo indirecto que implica mayor probabilidad de existencia de bacterias entéricas patógenas.

Para determinar la presencia de coliformes. Se transfirió por duplicado 1 ml de cada dilución a cajas Petri esterilizadas vacías. Se añadió 10 ml a 15 ml del medio de cultivo Agar – violeta cristal – rojo neutro – bilis – Lactosa ARVB, fundido a temperatura de 47 °C. Se homogenizó cuidadosamente mediante movimiento circulares y uniformes sobre una superficie plana, evitando rebalses y toda contaminación externa. Una vez solidificado el medio, se agregó 5 ml del mismo agar para formar una capa superficial, se dejó solidificar de

la misma manera y se invirtió de forma inmediata a la solidificación evitando la formación de colonias confluentes o invasoras. La incubación se realizó a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ por un periodo de 24 h a 48 h. Las colonias de *E. coli* son azules a rojo-azul con gas atrapado, en el recuento total de coliformes totales se incluyó las colonias rojas y azules que no presentaron gas luego de 24 horas de incubación. (IBNORCA, 2003a).

Mohos y Levaduras.

Los mohos y levaduras son microorganismos que utilizan diversos tipos de nutrientes y sustratos tanto sencillos y complejos. El método de siembra se basa en la suspensión obtenida de la muestra y sus diluciones, con una pipeta esterilizada, se transfirió 1 ml de cada dilución a cajas Petri esterilizadas, adecuadamente codificadas e individualizadas. Inmediatamente se adicionó 20 a 25 ml de Agar Sabouraud Dextrosa (ASD), enfriado a temperatura de 45 a 47 °C, se homogenizó cuidadosamente con movimiento regulares y uniformes en una superficie plana, evitando rebalses y contaminación externa; asegurándose de que las cajas están en posición horizontal, durante la solidificación del medio. La incubación se realizó a una temperatura de 22 a 25 °C durante 72 h para el recuento de levaduras y 120 h para el recuento de mohos (IBNORCA, 2003b).

Análisis Sensorial

Se realizó un análisis sensorial afectivo con un panel de 105 personas. En el cual a cada panelista se le brindaron cuatro muestras una de cada tratamiento y el control junto a una boleta de evaluación sensorial que se presenta en el Anexo C.

Prueba de Aceptación.

Se realizó una evaluación para conocer el nivel de agrado o disgusto de los panelistas sobre atributos como; apariencia, color, olor, sabor, dulzor, viscosidad y aceptación general.

Los panelistas utilizaron una escala hedónica de 5 puntos para categorizar el nivel de aceptabilidad; siendo la puntuación; 1. Me disgusta mucho; 2. Me disgusta, 3. No me gusta ni me disgusta, 4. Me gusta y 5. Me gusta mucho; además, se les brindó un espacio para expresar las observaciones respecto a la bebida.

Análisis de Preferencia por Ordenamiento.

Se realizó una prueba de preferencia por ordenamiento con el fin de identificar el tratamiento más preferido y menos preferido. En esta prueba afectiva los panelistas ordenaron las muestras desde 1 “más preferido” hasta 4 “menos preferido” (Anexo D).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico Para Análisis Sensorial.

Se empleó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA). Se evaluaron tres tratamientos con tres repeticiones y un control para un total de 12 unidades experimentales para el análisis de aceptación. Los datos obtenidos se analizaron en el programa Statistical Analysis System® (SAS®) por medio de un análisis de varianza (ANDEVA) y una separación de media DUNCAN con nivel de confianza de 95%. Se realizó un análisis de correlación de Pearson para determinar si existía una relación entre atributos evaluados y la aceptación general.

Además, se utilizó el valor crítico de diferencia entre suma de categorías de la tabla de Basker y Kramer con el fin de, conocer el tratamiento de mayor preferencia, analizando datos ordinales, no paramétrico y obligan al panelista a realizar una elección sobre las opciones observada.

Análisis Fisicoquímico

Se realizaron análisis fisicoquímico a cada tratamiento y el control en las tres repeticiones considerando parámetros como pH, acidez titulable, sólidos no grasos y sólidos solubles (°Brix).

pH.

El pH es una propiedad química que mide el grado de acidez o basicidad de las soluciones acuosas (W. Osorio, 2012). Para la determinación de pH se utilizó el “Método Potenciométrico”, establecida por AOAC 981.12, que es una medición precisa, utilizando un potenciómetro de marca HANNA modelo HI 5222 con dos electrodos. La calibración de este aparato se realizó con soluciones buffer de pH conocido, en general se usan soluciones: una de pH 7 para la zona neutral y otra de pH 4 para la zona ácida (Mosquera-Martínez et al., 2023).

Acidez Titulable.

La acidez titulable es el resultado de una valorización ácido-base, para obtener esta titulación se empleó el método AOAC 942.15 utilizando una bureta auto recargable, que requiere de un titulante, específicamente se utilizó una solución alcalina hidróxido de sodio (NaOH). Además, requiere de un indicador en la que un volumen es llevado a un punto de viraje de un indicador de pH que debe ser fenolftaleína y finalmente muestra o titulado. Se dejó caer gota a gota el titulante hasta que el viraje de la muestra obtuvo una coloración rosado suave (Mosquera-Martínez et al., 2023).

Sólidos No Grasos (SNG).

Los sólidos no grasos en productos lácteos incluyen componentes como la lactosa, las proteínas, los minerales y otros sólidos que no son grasa. Se utilizó un lactómetro: marca

Bertuzzi Food Processing #03907, ocular calibrado específicamente para sólidos no grasos, que mide el índice de refracción de la muestra, basado en la refracción de la luz, que según el método AOAC 990.21 se mide mediante una escala interna calibrada con agua destilada siguiendo los estándares del laboratorio (Mosquera-Martínez et al., 2023).

Sólidos Solubles Totales (° Brix).

La definición de sólidos solubles totales es la suma de azúcares, minerales y ciertas proteínas solubles, que por la disminución de alguno de estos constituyentes puede influenciar en el contenido total de sólidos.

Se utilizó el refractómetro digital portátil H196801 que convierte el índice de refracción de una muestra de alimentos a grados brix. Este método se basa en documentar los cambios en el índice de refracción con la temperatura para una solución de sacarosa en porcentaje de peso (Mosquera-Martínez et al., 2023).

Diseño Experimental y Análisis Estadístico Para Análisis Físicoquímicos.

Para los atributos de pH, acidez, sólidos no grasos y sólidos solubles totales se utilizó un diseño experimental completamente aleatorio (DCA) para los tratamientos y el control en tres repeticiones, siendo un total de 12 unidades experimentales. A fin de evaluar las características de todas las muestras. Los datos tabulados se analizarán en el programa SAS por medio de ANDEVA y separación de medias DUNCAN con nivel de confianza del 95 %.

Análisis de Calidad Nutricional - Laboratorio de AquaLab S.R.L.

Los tres tratamientos, junto con el tratamiento control y el suero puro pasteurizado, fueron evaluados mediante análisis físicoquímico siguiendo los métodos descritos en el Cuadro 3. Estos análisis se realizaron en el Laboratorio de AquaLab S.R.L.

Cuadro 3*Métodos de análisis nutricionales y fisicoquímicos del laboratorio de AquaLab S.R.L.*

Parámetro	Método de referencia	Unidades
Valor energético	NB 312032:2006	Kcal/100ml
Carbohidratos	NB 312031:2010	g/100ml
Proteínas	ISO 5542:1984	g/100ml
Grasas	ISO 23318:2022	g/100ml
Calcio	AOAC 975.03	mg/100ml
Hierro	AOAC 975.03	mg/100ml
Zinc	AOAC 975.03	mg/100ml
Sodio	AOAC 985.35	mg/100ml
Fósforo	AOAC 3098	mg/100ml
Humedad	AOAC 920.151	g/100ml
Ceniza	AOAC 495.46	g/100ml
Fibra	AOAC 985.29	g/100ml
Sólidos solubles	NB/ISO 2173:2003	°Brix
Sólidos totales	AOAC 920.151	g/100ml
Acidez	NB 33042:2023	%
pH (T° a 20 °C)	potenciométrico	-
Densidad (20°/20°C)	NB 33040:2022	-

Nota. NB: Norma Boliviana, ISO: International Organization for Standardization, AOAC: Association Of Analytical Communities, T°: temperatura, °C: grados celcius, Kcal: Kilocalorías, g: gramos, mg: miligramos, ml: mililitros, °brix: grados brix, %: por ciento.

Resultados y Discusión

Pruebas Preliminares para la Determinación de Formulación y Procesamiento de la Bebida

Durante el proceso de ultrafiltración, se emplearon diferentes tipos de ácidos (Cuadro 4) que incluyen ácido cítrico (limón) y ácido acético (vinagre de manzana y de alcohol), a fin de llegar a la desestabilización de proteínas y grasas, para poder extraer la mayor cantidad posible de estos macronutrientes, por lo que se aplicó 12 % de cada ácido según lo establecido por Muvdi Nova et al. (2022) en procesos de ultrafiltración en suero. Se evaluaron los efectos en las características organolépticas del lactosuero dulce.

Cuadro 4

Comparación de ácidos alimentarios en el proceso de ultrafiltración de lactosuero

Tipo de acidulante	Observación
Ácido cítrico (limón)	Generó un sabor ácido intenso, con color amarillento claro y una ligera turbidez por las partículas pequeñas de proteínas coaguladas.
Ácido acético (vinagre de manzana)	Se produjo un sabor ácido de fermentación, con coloración verdosa y ligera opacidad en el líquido.
Ácido acético (vinagre de alcohol)	Provocó un sabor ácido muy pronunciado, con coloración verdoso pálido y se acentuó el sabor ácido de vinagre.

A partir de los resultados obtenidos del cuadro comparativo entre los diferentes acidulantes se determinó que la acidificación del lactosuero dulce no se adecua para la formulación de bebidas, ya que, las características sensoriales y visuales no fueron deseados en el producto final, por lo que se descartó el uso de ultrafiltración por acidificación como parte del proceso.

Como resultado de las pruebas para determinar la concentración de lactosuero a usar en la bebida (100, 75 y 60 %). Se determinó que la prueba control de 100 % lactosuero tuvo

mayor agrado, puesto que, presentó un sabor lácteo natural más agradable compatible con el sabor esperado por el panel sensorial de la empresa.

Al evaluar las harinas (cruda y tostada); se determinó que, en la harina de amaranto cruda, la bebida requirió de aproximadamente 10 min a 81 °C de tratamiento térmico, ya que, al estar crudo, las partículas de harina tardaron más en hidratarse y presentar la coloración esperada del amaranto. El tratamiento térmico prolongado provocó la desnaturalización de las proteínas del suero, puesto que, el suero tiene un pH ligeramente más ácido que la leche y en altas temperaturas las proteínas presentes pueden desestabilizarse y hacer visible la precipitación de las mismas (Suárez-Villa et al., 2024). En cambio, al utilizar harina de amaranto previamente tostado, permitió aplicar pasteurización de 81 °C por 15 s, sin afectar negativamente la estabilidad proteica, ni generar características organolépticas desagradables en el producto. Además, el uso de harina amaranto tostado puede tener un impacto positivo, al generar cualidades sensoriales deseables, como sabor, aroma y color, además de mejorar el valor nutricional, en alimentos procesados térmicamente (El Hosry et al., 2025).

En el Cuadro 5, se presenta las formulaciones correspondientes a cada tratamiento, incluyendo el tratamiento control, obtenidas a partir de las pruebas preliminares y formulaciones teóricas. A estas formulaciones se les realizó el respectivo análisis microbiológico, fisicoquímico y sensorial.

Cuadro 5

Formulaciones de la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamientos	Lactosuero (%)	Azúcar (%)	Harina tostada de amaranto (%)	Total (%)
T1	96.15	3.85	-	100
T2	95.06	3.80	1.14	100
T3	94.79	3.79	1.42	100

Tratamientos	Lactosuero (%)	Azúcar (%)	Harina tostada de amaranto (%)	Total (%)
T4	94.52	3.78	1.70	100

Nota. T1: tratamiento control, T2: tratamiento 2, T3: tratamiento 3, T4: Tratamiento 4, %: por ciento.

Análisis Microbiológico, Sensorial y Fisicoquímico de Cada Formulación Desarrollada.

Análisis Microbiológicos

En el Cuadro 6 se observan los resultados del análisis microbiológico de los tres tratamientos y el control. Además, se presentan los resultados por parte del laboratorio de AquaLab S.R.L. (Anexo E), que incluyen el suero puro pasteurizado, los tres tratamientos y el control realizados para verificar los resultados obtenidos en el laboratorio de la Planta de Lácteos Pairumani.

Los resultados de bacterias coliformes y *Escherichia coli* mostraron ausencia en todos los casos. Los Coliformes son un grupo de microorganismos que generalmente son indicadores de calidad sanitaria en alimentos, el representante más importante, desde el punto de vista sanitario, es *E. coli*. Por ende, agrupa a todas las especies bacterianas que son bioquímicamente similares a *E. coli*, capaces de fermentar lactosa produciendo gas y acidificación del producto (Machaca y Condori, 2021; Ramirez Infante et al., 2024). Por lo mismo, no deberían estar presentes en bebidas pasteurizadas, los resultados verificaron que durante la elaboración de la bebida se siguió buenas prácticas higiénicas (Valdés, 2022).

Por su parte los mohos y levaduras son un riesgo en alimentos perecederos como los jugos, se consideran un indicador de deficientes condiciones higiénicas, del tiempo de vida útil de los alimentos y del grado de contaminación ambiental al que fue expuesto el producto; dependen de factores intrínsecos del alimento, como humedad, cantidad de azúcar y pH, que favorecen la proliferación de estos microorganismos (León et al., 2023).

Si los procedimientos de elaboración no son higiénicos, el producto se convierte en un producto de descomposición rápida causando alteraciones organolépticas, además, son un riesgo para la salud pública causando Enfermedades Transmitidas por Alimentos (ETAS).

Los resultados del análisis microbiológico (Cuadro 6) indican que el tratamiento térmico a 82 °C por 15 s, fue eficaz en la reducción de carga microbiana e inactivación de esporas de levaduras y hongos, según los estándares exigidos por la Norma Boliviana (IBNORCA, 2021).

Estudios en productos lácteos aseguran que tratamientos térmicos superiores a 75 °C son efectivos para la eliminación de la mayoría de microorganismos alterantes y patógenos (Dash et al., 2022; Martínez Giron et al., 2021). De esta manera, se crea una herramienta de prevención al crecimiento de microorganismos patógenos, refleja la calidad sanitaria del producto analizado, reportando conteos inferiores al límite máximo permitido, que justifica que la temperatura y tiempo de tratamiento térmico y manipulación de la materia fue adecuada (Valdés, 2022).

Cuadro 6

Resultados de análisis microbiológicos de Bacterias Aerobios Mesófilos, Coliformes, Mohos y Levaduras de la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado.

Tratamientos	Unidad	Coliformes	<i>E. coli</i>	Mohos	Levaduras
T1 control	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	$<1.0 \times 10^0$	$<1.0 \times 10^0$
T2	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	$<1.0 \times 10^0$	$<1.0 \times 10^0$
T3	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	$<1.0 \times 10^0$	$<1.0 \times 10^0$
T4	UFC/ml	Ausencia	Ausencia	$<1.0 \times 10^0$	$<1.0 \times 10^0$

Nota. T1 control: Lactosuero con azúcar. T2: Tratamiento con 1.14% de amaranto. T3: Tratamiento con 1.42% de amaranto. T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto. UFC: Unidades Formadoras de Colonias. mL: Mililitros

Análisis Sensorial

Prueba de Aceptación Sensorial.

El análisis sensorial permitió evaluar características organolépticas como apariencia, color, olor, sabor, dulzura y viscosidad, donde la mayoría de los panelistas calificaron al producto en la escala de agrado. En conjunto, los resultados sugieren que el producto con mayor contenido de harina de amaranto en su formulación tiene un buen potencial de aceptación en el mercado, especialmente si se realizan ajustes en los atributos menos valorados como la viscosidad.

El coeficiente de variación entre el 22 al 26% indica la variabilidad entre la percepción de los panelistas en los atributos y se consideran valores aceptables al encontrarse por debajo de 30%. (Andrade et al., 2021).

Apariencia.

Según Zuluaga (2017) la apariencia se define con las características que acompañan todas las impresiones sensoriales visuales perceptibles de un alimento, en el momento de evaluar dicha característica de apariencia, se debe estandarizar los métodos de evaluación para evitar interferencia relacionada con la luz y el ángulo del observador.

El atributo de apariencia de acuerdo con el Cuadro 7, el tratamiento 4 con 1.70% de harina de amaranto no fue significativamente diferente al tratamiento 3 pero si fue diferente al tratamiento 1 (control) y 2, siendo de ellos el más aceptados con una valoración de “Me gusta” y el control mostró la menor aceptación con una valoración de “No me gusta ni me gusta”. Resultados similares reportó Moreano y Moreta (2022) en una bebida de lactosuero con pulpa de maracuyá y 2% de harina de amaranto, donde esta obtuvo una valoración de “me gusta un poco” en una escala hedónica de 5 puntos. Los resultados se atribuyen que

concentraciones cercanas al 2% de harina de amaranto, mejoran la aceptación del atributo de apariencia.

De acuerdo con los comentarios de los panelistas, en el atributo de apariencia, el producto presentó sedimentación de sólidos de amaranto lo que pudo haber afectado negativamente la aceptación del producto. Esta sedimentación se debe a que las partículas de harina tienden a separarse si no se usan agentes estabilizantes, sin embargo, a pesar de este efecto visual, el tratamiento 4 con mayor concentración de harina de amaranto (1.7%), obtuvo la mejor aceptación. Según Trejo Cuevas et al. (2024), los alimentos altos en fibra o almidones requieren de homogenización o uso de emulsionantes si se busca una apariencia uniforme, por tanto, sería adecuado mejorar la estabilidad fisicoquímica del producto con la adición de estabilizantes de origen natural como goma guar o goma arábica.

Cuadro 7

Resultados del análisis sensorial en el atributo de apariencia en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamiento	Media \pm D.E.
T1 control	2.99 \pm 0.95 ^c
T2	3.37 \pm 0.93 ^b
T3	3.41 \pm 0.93 ^{ab}
T4	3.57 \pm 0.10 ^a
CV%	23.13

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación. Escala hedónica: 1 Me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Color.

El color es considerado una característica organoléptica de los alimentos y se valora por medio del sentido de la vista, está estrechamente relacionado con el factor psicológico de

apreciación y con la decisión de elegir un producto alimenticio Guzmán (2022); la mayor intensidad del color puede llevar a los panelistas a conceder un puntaje superior a un alimento en lo que respecta a la intensidad del sabor, incluso cuando estas características no guardan relación (M. Osorio, 2018).

Acorde al Cuadro 8, el atributo de color presentó diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre el tratamiento 4 y el tratamiento control, siendo el mejor en aceptabilidad el tratamiento 4 con la mayor cantidad (1.7%) de harina de amaranto, evaluado como “Me gusta” en la escala hedónica y el control obtuvo la menor valoración como “No me gusta ni me gusta”. Cabe resaltar que, al igual que para el atributo de apariencia la adición de mayor cantidad de harina de amaranto tostado mejora la aceptación del color.

En una bebida de lactosuero con 5% de quinua, Guzmán (2022) presentó un valoración de “me gusta ligeramente” en una escala hedónica de 7 puntos, resultado que se asoció al color café claro, semejante a la malteada de chocolate a diferencia de otros tratamientos.

De manera similar Moreano y Moreta (2022), reportó que en una bebida de lactosuero con 2% de harina de amaranto obtuvo un valor de 5 que representa a “Me gusta mucho” en una escala hedónica de 5 puntos. Estos resultados indican que valores cercanos al 2% de harina de amaranto son mejor aceptados en cuanto al atributo de color.

Se puede observar que la adición de harina tostada de amaranto mejora la aceptación del color de la bebida de lactosuero. Lo anterior puede atribuirse a que un previo tratamiento térmico de tostado en la harina de amaranto, da origen a la reacción Maillard que mejora atributos sensoriales deseables como es en el color, cualidades nutricionales y la estabilidad del productos finales (El Hosry et al., 2025).

Cuadro 8

Resultados del análisis sensorial en el atributo de color en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamiento	Media \pm D.E.
T1 control	3.21 \pm 0.88 ^c
T2	3.30 \pm 0.92 ^{bc}
T3	3.43 \pm 0.86 ^{ab}
T4	3.59 \pm 0.84 ^a
CV%	22.21

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación. Escala hedónica: 1 Me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Olor.

El olor es detectado cuando las sustancias químicas volátiles presentes en los productos entran por el conducto nasal y son percibidos por el sistema olfatorio (Zuluaga, 2017). Según el Cuadro 9, se visualiza que el tratamiento 4 con mayor cantidad de harina tostado de amaranto obtuvo una mayor calificación, que se representa como “Me gusta” según la escala hedónica y es significativamente diferente al tratamiento control que mostró la valoración más baja, valorada como “No me gusta ni me disgusta”.

Los resultados pueden estar influenciados por el olor a harina tostada de amaranto, que se debe principalmente a la reacción Maillard, que genera compuestos aromáticos como aldehídos, cetonas y pirroles, incluso mejorar el perfil de ácidos grasos volátiles y fenoles (Al Juhaimi et al., 2024). Shinde et al. establece que la percepción combinada de compuestos aromáticos volátiles es responsable de aroma, olor y sabor en bebidas lácteas con harina tostada de amaranto (2020).

En un estudio de bebida de suero lácteo con 2% de harina de amaranto y pulpa de maracuyá, se tiene que el atributo de olor fue calificado como “Me gusta un poco” en una escala hedónica de 5 puntos, estos resultados atribuyen a que el producto es más aceptado en concentraciones cercanas al 2% de harina de amaranto (Moreano y Moreta, 2022).

Cuadro 9

Resultados del análisis sensorial en el atributo de olor en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamiento	Media ± D.E.
T1 control	3.22 ± 0.10 ^b
T2	3.40 ± 0.99 ^{ab}
T3	3.37 ± 0.90 ^{ab}
T4	3.52 ± 0.90 ^a
CV%	25.64

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación. Escala hedónica: 1 Me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Sabor.

El atributo de sabor (Cuadro 10) no mostró diferencias significativas entre muestras, valoradas como “Me gusta” en la escala hedónica de 5 puntos. Estos resultados sugieren que las proporciones añadidas de harina tostada de amaranto no influyen en la aceptación del sabor.

Resultados similares fueron obtenidos por Molina (2024) en bebidas de lactosuero con 1.19% de harina de quinua o avena, los tratamientos fueron calificados alrededor de 4 que representa a “me gusta” en una escala hedónica de 5 puntos, por tanto, no mostraron diferencias significativas en aceptación para el atributo de sabor y que la aceptabilidad del producto se atribuyó a los beneficios nutricionales que proporciona cada tratamiento.

Por otra parte, Moreano y Moreta (2022), presenta resultados similares a los obtenidos, al evaluar una bebida a base de lactosuero con diferentes porcentajes de harina de amaranto (2%, 4%, 6% y 8%), donde el tratamiento con menor concentración de harina (2%), fue el más aceptado en cuanto el atributo de sabor, lo que refuerza que las concentraciones cercanas al 2% de harina de amaranto son las más aceptadas.

Cuadro 10

Resultados del análisis sensorial en el atributo de sabor en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamiento	Media \pm D.E.
T1 control	3.73 \pm 0.91 ^a
T2	3.84 \pm 1.05 ^a
T3	3.70 \pm 1.03 ^a
T4	3.89 \pm 0.80 ^a
CV%	23.74

Nota. ^a: Medias con las letras minúsculas iguales en la misma columna son estadísticamente iguales ($P > 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación. Escala hedónica: 1 Me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Dulzura.

La percepción de dulzura está influenciada por algunos factores determinantes al momento de ser analizados por un panelista que van desde el estado anímico, así como percepciones físicas del producto como el color, que pueden modificar la capacidad de captar la intensidad de los sabores dulces de los alimentos (Guzmán, 2022).

En el cuadro 11 se observa que el atributo de dulzura no presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos y fueron valorados como “Me gusta” en la escala hedónica. Cabe resaltar que los porcentajes de azúcar utilizado como edulcorante en los tratamientos y el control fueron estandarizados durante las pruebas preliminares y la

adición de harina de amaranto en las bebidas no influyó significativamente en la aceptación en el atributo de dulzura, lo cual, puede deberse a la baja diferencia entre las concentraciones de harina de amaranto utilizadas (1.1%, 1.4%, 1.7%).

En el estudio realizado por Moreano y Moreta (2022), el atributo de dulzura en una bebida de suero lácteo con pulpa de maracuyá y 2% de harina de amaranto fue el más valorado como “Me gusta un poco” en una escala hedónica de 5 puntos. Según los comentarios de los panelistas la bebida presentó un dulzor agradable. Así mismo los autores señalan que la percepción de dulzor varía en función de la concentración de suero lácteo, harina de amaranto y pulpa de maracuyá utilizada en la formulación de la bebida.

Cuadro 11

Resultados del análisis sensorial en el atributo de dulzura en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamiento	Media ± D.E.
T1 control	3.65 ± 0.90 ^a
T2	3.72 ± 1.07 ^a
T3	3.67 ± 1.09 ^a
T4	3.77 ± 0.89 ^a
CV%	23.6

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas iguales en la misma columna son estadísticamente iguales ($P > 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación. Escala hedónica: 1 Me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Viscosidad.

La viscosidad, una característica mecánica de textura, puede ser percibido tanto por la piel y los músculos del cuerpo como por receptores ubicados en la boca y se define como toda propiedad mecánica, geométrica y de superficie perceptible por medio de receptores mecánicos, táctiles y en algunos casos visuales o auditivos. (Zuluaga, 2017).

En los resultados obtenidos del Cuadro 12, para el atributo de viscosidad se observa diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento 4 y el tratamiento control, donde el tratamiento 4 siendo de mayor concentración de harina de amaranto (1.7%), es el mejor aceptado por los panelistas, valorado como “Me gusta” en una escala hedónica de 5 puntos y el control valorado como “No me gusta ni me disgusta”.

Resultados similares fueron obtenidos por Moreano y Moreta (2022), que reportaron en una bebida de lactosuero con pulpa de maracuyá y 2% de harina de amaranto fue valorado como “Me gusta un poco” en una escala hedónica de 5 puntos. Por tanto, se determina que concentraciones cercanas a 2% de harina de amaranto obtienen una mejor aceptación para el atributo de viscosidad en la bebida.

Cuadro 12

Resultados del análisis sensorial en el atributo de viscosidad en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamiento	Media \pm D.E.
T1 control	3.17 \pm 0.99 ^b
T2	3.40 \pm 0.89 ^a
T3	3.29 \pm 1.04 ^{ab}
T4	3.44 \pm 0.98 ^a
CV%	25.14

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación. Escala hedónica: 1 Me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Aceptación General.

Según Valdés (2022) este atributo representa la aceptación de todos los aspectos anteriormente evaluados. De acuerdo con el Cuadro 13, no se visualizan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, valorados como “Me gusta”. En los

resultados obtenidos por Moreano y Moreta (2022), en una bebida de lactosuero con pulpa de maracuyá y 2% de harina de amaranto fue valorizado como “Me gusta un poco” en una escala hedónica de 5 puntos. Aseguran que la aceptación general varía dependiendo de la cantidad de concentración de suero lácteo, pulpa de maracuyá y harina de amaranto en la formulación. En este sentido valores cercanos a 1.7 y 2% de concentración de harina de amaranto mejora la aceptación general de la bebida.

Cabe tomar en consideración que la aceptación del producto es influenciado por la familiaridad del panelista con este tipo de granos en su dieta habitual y estudios como Ballon Paucara et al. (2021), promueven el consumo de granos andinos por sus propiedades beneficiosas para la salud, la presencia de amaranto en el mercado es limitado, por lo que la población aún no está tan familiarizada con este tipo de pseudocereal. A pesar de lo expuesto se obtuvo resultados favorables en cuanto a la aceptación general del producto.

Cuadro 13

Resultados del análisis sensorial en el atributo de aceptación general en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamiento	Media \pm D.E.
T1 control	3.68 \pm 0.81 ^a
T2	3.62 \pm 0.96 ^a
T3	3.77 \pm 0.89 ^a
T4	3.82 \pm 0.84 ^a
CV%	22.95

Nota. ^a: Medias con las letras minúsculas iguales en la misma columna son estadísticamente iguales ($P > 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación. Escala hedónica: 1 Me disgusta mucho, 2 me disgusta, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta, 5 me gusta mucho. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Análisis de Correlación.

En el Cuadro 14 se pueden observar los resultados del análisis de correlación de los atributos de apariencia, color, olor, sabor, dulzura y viscosidad con respecto a la aceptación general, donde todos los atributos indican una asociación positiva con respecto a la aceptación general. Se observa que el atributo de sabor obtuvo una correlación media ($r = 0.64$, $P < 0.0001$). Los atributos de apariencia, color, olor, dulzura y viscosidad obtuvieron un grado de correlación baja ($r \leq 0.6$), lo que indica que influenciaron en menor medida a la aceptación general de cada uno de los tratamientos (Anexo F).

En bebidas a base de lactosuero, Valdés (2022) presentó que la correlación con respecto a la aceptación general, fue alta (< 0.8) en el sabor y la dulzura. Mientras que Guzmán (2022) determinó que no hubo un atributo como tal que influenciara en gran medida la aceptación general en bebidas a base de lactosuero.

Cuadro 14

Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor, dulzura y viscosidad con la aceptación general de tratamientos en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Coeficientes de Pearson en Correlación Prob $> r $ suponiendo $H_0: \rho = 0$						
	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Dulzura	Viscosidad
Aceptación general	0.45574	0.32692	0.49783	0.64985	0.54628	0.34307
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

Prueba de Preferencia por Ordenamiento.

Esta prueba permite identificar cuál de entre varios productos evaluados (más de 2) es preferido entre varios panelistas, se obtuvo la suma del orden de preferencia de cada producto y la suma de cada panelista (Martínez, 2021). De acuerdo con el número de

panelistas y número de productos se definió el valor crítico utilizando la Tabla de Prueba de Basker y Kramer “Valor crítico de diferencia entre suma de categorías” (Anexo 3), al contar con 100 panelistas y cuatro tratamientos, el valor crítico es de 46.9.

De acuerdo con la suma de categorías (Cuadro 15), el tratamiento 4 obtuvo el valor más bajo en sumatoria de resultados (229), esto indica que estuvo con mayor frecuencia en la primera posición del ordenamiento y presentó el perfil sensorial más preferido por los panelistas. Los números mayores al “Valor crítico” se consideran significativos e indican que existe diferencia entre el tratamiento control y el tratamiento 4, pero no existen diferencias de preferencia con el tratamiento 2 y 3, por lo que la adición de harina de amaranto en concentraciones de 1.14 a 1.70% no afecta la preferencia de la bebida.

En una bebida a base de suero lácteo, se observa que el tratamiento con 5% de quinua y 0.2% de goma xantana es igual de preferido que el tratamiento con 7% de quinua y 0.1% de goma xantana, sin embargo, el tratamiento con menor cantidad de quinua (5%), obtuvo el valor más bajo en la sumatoria de resultados, pues obtuvo la mayor cantidad de veces el valor 1 en la escala de

Cuadro 15

Resultados de la prueba de preferencia usando la prueba de Basker y Kramer en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamientos		T1 control	T2	T3	T4
	Sumatoria	284	253	234	229
T1 control	284	0	31	50	55
T2	253	-31	0	19	24
T3	234	-50	-19	0	5
T4	229	-55	-24	-5	0

Nota. Valor crítico de para la prueba de Basker: 46.9. T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Análisis Fisicoquímico

pH.

El Cuadro 16 muestra que, en el parámetro de pH, no existen diferencias significativas entre control y los tratamientos con adición de harina de amaranto. El coeficiente de variación de 0.26% demuestra que la dispersión de datos es baja respecto a la media entre tratamientos. Estos resultados indican que la adición de harina de amaranto tostado en bajas cantidades de 1.14 a 1.70%, no modifica el pH inicial del lactosuero y se mantuvo alrededor de 6.5, conservando positivamente su calidad y características sensoriales.

Resultados similares fueron reportados por Ayala et al. (2019), que al elaborar una bebida de lactosuero con 5% de extracto de amaranto, obtuvo un pH promedio de 6.45, a partir de lactosuero de pH de 6.5. Lo que indica que la incorporación de amaranto en porcentajes de 5% o menos no altera significativamente la acidez potencial del producto.

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (2011) establece que el pH esperado en lactosuero dulce es de 6.8 a 6.4. por tanto, el pH observado se encuentra dentro de los rangos aceptables. Montesdeoca Párraga y Piloso Chávez recomiendan que para la elaboración de productos a partir de lactosuero es ideal contar con suero dulce (sin acidificación), ya que el mismo deberá pasar por un proceso de pasteurización que, a un pH bajo podría afectar negativamente, desestabilizando las proteínas. Lo cual, respalda lo observado durante las pruebas preliminares, donde se observó una desestabilización de proteínas a causa de la acidificación y exposición a alta temperatura por tiempos prolongados, causando la precipitación de proteínas presentes. Entonces es importante controlar el pH de

la materia prima (lactosuero) y producto terminado, para asegurar que se encuentre dentro de los rangos permitidos según la normalización.

Cuadro 16

Resultados del parámetro de pH en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamientos	Media \pm D.E.
T1 control	6.54 \pm 0.02 ^a
T2	6.55 \pm 0.01 ^a
T3	6.55 \pm 0.02 ^a
T4	6.56 \pm 0.02 ^a
CV%	0.26

Nota. ^a: Medias con las letras minúsculas iguales en la misma columna son estadísticamente iguales ($P > 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación, SNG: Solidos No Grasos, °Brix: Grados brix, T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Acidez Titulable.

En el Cuadro 17, la acidez evaluada por titulación refleja la cantidad de ácidos orgánicos presentes en la bebida (Rodríguez et al., 2020). Los resultados indican valores entre 0.09 a 0.10%, donde el tratamiento 3 y 4 no mostraron diferencias significativas con el tratamiento 2, pero si muestran diferencias con el tratamiento control. El coeficiente de variación de 5.50% indica que hubo poca variabilidad entre replicas y el procedimiento de titulación estuvo bien controlado.

Resultados similares fueron obtenidos por Montesdeoca Párraga y Piloso Chávez (2020), en lactosuero, donde la acidez titulable es de 0.11 % de ácido láctico y valores cercanos fueron reportados por Molero Méndez et al. (2017) de a 0.13% de ácido láctico en sueros lácteos.

Ayala et al. (2019), reporta que para una bebida de lactosuero con amaranto, la acidez titulable es de 0.15%, siendo este provenientes de un suero con 0.15% de acidez titulable, lo

que sugieren que la adición de amaranto no interfiere en los resultados de acidez de la bebida. Mientras que Soria Torres et al. (2024), en la elaboración de una bebida de lactosuero con pulpa de maracuyá y amaranto obtuvo valores alrededor de 0.1% de acidez, que a pesar de usar lactosuero en sus dos tipos (dulce y ácido), no presenta diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Cuadro 17

Resultados del parámetro de Acidez Titulable en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamientos	Media \pm D.E.
T1 control	0.09 \pm 0.01 ^b
T2	0.10 \pm 0.01 ^{ab}
T3	0.10 \pm 0.00 ^a
T4	0.10 \pm 0.01 ^a
CV%	5.50

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación, SNG: Sólidos No Grasos, °Brix: Grados brix, T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Sólidos No Grasos (SNG).

En el Cuadro 18, se presentan los resultados obtenidos del contenido de sólidos no grasos (SNG) en la bebida. El tratamiento 4 con una media de 9.46 ± 0.28 , es significativamente diferente y superior los demás tratamientos y al tratamiento control, mientras que el tratamiento 2 y 3 no son diferentes entre ellos. Estas diferencias sugieren que al añadir harina de amaranto aumenta los niveles de proteína y minerales respectivamente, que podrían contribuir al incremento de sólidos no grasos e incluso mejorar la calidad nutricional del producto. (Durango Avalos, 2022).

Se estima que los valores del contenido de sólidos no grasos en suero dulce, fluctúan desde 6.33% hasta 8.84% (Tercero Tercero y Tercero Tipanguano, 2023). Los valores obtenidos

en este estudio se encuentran cerca a los rangos establecidos anteriormente. Por tanto, se puede determinar que la adición de harina de amaranto tostado aumenta moderadamente el nivel de sólidos no grasos, lo cual puede deberse a la baja cantidad de amaranto añadido en la formulación.

Cuadro 18

Resultados del parámetro sólidos no grasos en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamientos	Media \pm D.E.
T1 control	9.02 \pm 0.18 ^c
T2	9.19 \pm 0.16 ^b
T3	9.30 \pm 0.25 ^b
T4	9.46 \pm 0.28 ^a
CV%	1.46

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación, SNG: Sólidos No Grasos, °Brix: Grados brix, T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Sólidos Solubles Totales (°Brix).

El resultado en grados Brix proporciona una medida de la concentración de sólidos solubles, que en gran medida está compuesta por azúcares y ácidos orgánicos directamente relacionados (Valdés, 2022).

En el Cuadro 19, los valores de sólidos solubles, expresados en °Brix en los tratamientos con adición de harina de amaranto varían de 10.36 y 10.77 °Brix. No existen diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) entre tratamiento 4, 3 y 2, sin embargo, sin existen diferencias significativas con el tratamiento control. El coeficiente de variación fue de 2%, lo que indica que hubo una variación baja en las repeticiones.

Los resultados se encuentran conforme con lo reportado por Rodríguez Robelo et al. (2024), donde el rango esperado de sólidos solubles totales en bebidas lácteas fluctúan entre

10 y 12°Brix. Además, se observa que, a pesar del aumento en las cantidades de harina de amaranto, no se representan diferencias significativas en los sólidos solubles totales (°Brix), lo cual podría deberse a las bajas cantidades de harina de amaranto utilizadas en la formulación de la bebida.

Resultados similares se observaron en los valores reportados por Moreano y Moreta (2022), en una bebida a base de lactosuero, pulpa de maracuyá y de harina de amaranto al (2%, 4%, 6% y 8%), no se obtuvo diferencias significativas en cuanto a los °Brix. En consecuencia, las concentraciones de amaranto no producen cambios relevantes en los sólidos solubles (°Brix).

Cuadro 19

Resultados del parámetro de Grados Brix en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Tratamientos	Media \pm D.E.
T1 control	10.36 \pm 0.30 ^b
T2	10.62 \pm 0.19 ^a
T3	10.68 \pm 0.14 ^a
T4	10.77 \pm 0.23 ^a
CV%	2.08

Nota. ^{a b c d}: Medias con las letras minúsculas diferentes en la misma columna indican diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.05$). D.E.: desviación estándar. CV%: coeficiente de variación, SNG: Sólidos No Grasos, °Brix: Grados brix, T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Análisis de Calidad Nutricional - Laboratorio de AquaLab S.R.L.

Los resultados presentados en el Cuadro 20, pertenecen al análisis realizado por el laboratorio de AquaLab S.R.L. Para este análisis se tomó en consideración el lactosuero como materia prima, el control y los tratamientos, a fin de obtener un panorama en los cambios nutricionales que tiene la bebida, tomando énfasis en el tratamiento 4, puesto que fue el tratamiento con el perfil sensorial más aceptado por los panelistas.

Valor Energético.

El valor energético se incrementó progresivamente desde el control (T1: 150Kcal/ml) hasta el tratamiento 4 que obtuvo el valor más alto (240 Kcal/100ml). Este aumento puede atribuirse a la adición de harina de amaranto, puesto que es rica en polisacáridos en forma de almidones y proteínas, que actúan como una reserva energética en el amaranto (Burgos y Del Castillo, 2021).

La Administración de Alimentos y Medicamentos, recomienda usar como “Guía general” el consumo de 2,000 calorías por día y establece que las necesidades calóricas pueden ser mayores o menores dependiendo de su edad, sexo, altura, peso y nivel de actividad física (FDA, 2024). En la Figura 2 se observa que la bebida puede llegar a aportar 240 calorías, que representan hasta un 12% del valor diario recomendado según la FDA (2024) y la OMS (2020). Para individuos que buscan controlar su ingesta calórica o la fuente de calorías, este aumento podría considerarse elevado.

Hidratos de Carbono.

Los carbohidratos aumentan gradualmente desde el tratamiento control (8.50 g/100 ml) hasta el tratamiento 4 (10.6 g/100 ml). Estos resultados son acordes a la tendencia observada en el valor energético, que proporciona un incremento en el aporte de energía rápida de azúcares disponibles. En comparación con los resultados de Cervilla et al. (2024), reportaron que en bebidas lácteas a base de suero de leche, existe mayor contenido de hidratos de carbono en comparación con leche y los yogures, alcanzando valores hasta un 14%. Según la OMS (2020) se establece que los carbohidratos deben representar entre el 45 al 65% de la energía total diaria. En este sentido, la adición de harina de amaranto tostado

aumenta el nivel de carbohidratos en forma de almidones, lo cual resulta un aporte positivo para una bebida.

Proteína.

El contenido proteico presenta un incremento considerable conforme se aumentó la concentración de harina de amaranto. El tratamiento 4 tendría la mayor cantidad de proteínas (2.47 g/100ml), que evidencia el potencial del amaranto para mejorar el perfil proteico a través de aminoácidos esenciales como: Isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina e histidina (Burgos y Del Castillo, 2021). Este aporte es beneficioso para poblaciones con elevada demanda energética y actividad física.

De acuerdo con Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:23, el tratamiento 4 puede ser considerado como fuente proteica, debido a su aporte del 5% del Valor de Referencia de Nutrientes (VRN) en 100 ml (SDE, 2011). Además, las “Guías alimentarias para población boliviana”, se establece 200 ml (1 taza) como porción de referencia para bebidas lácteas (Ministerio de Salud [MSB] et al., 2013). Por ende, la bebida aporta >5% del VRN de proteínas por porción, lo que resalta el valor funcional y su aporte nutricional en la dieta diaria.

Grasas Totales.

En cuanto al contenido de grasa, se mantiene casi constante en todos los tratamientos (0.89-1.16g/100ml), indicando que la adición de harina de amaranto no incrementa mucho el contenido de grasas totales en la bebida. Nutricionalmente este comportamiento es favorable, puesto que un bajo aporte en grasas se relaciona con la reducción de riesgo a enfermedades cardiovasculares entre otras patologías relacionadas con el consumo excesivo de grasas en alimentos (Lama, 2020).

Resultados similares fueron reportados por Cervilla et al. (2024) en análogos lácteos a base de lactosuero con valores entre 0.8 y 1.2 g/100 ml. Lo cual refuerza que este tipo de bebidas tiene un perfil lipídico bajo, que es saludable frente a otros productos lácteos con mayor contenido graso.

Fibra.

El contenido de fibra presenta un aumento progresivo, pasando de 0 g del tratamiento control a 2.28 g/100 ml en el tratamiento 4. Teóricamente el amaranto aporta 9.3 g de fibra por cada 100 g, lo cual, contribuye positivamente en el contenido de fibra dietética, importante para procesos digestivos, favorece a la sensación de saciedad ayudando a regular la glucosa intestinal y colesterol sanguíneo (Abreu et al., 2021).

La OMS (2020) establece 25 g de fibra como valor diario recomendado. El tratamiento 4 aporta hasta un 9% del Valor de Referencia de Nutriente (VRN) por 100 ml (Figura 2). Este efecto es altamente beneficioso, puesto que, las bebidas lácteas convencionales carecen de este macronutriente.

Contenido Mineral.

El contenido mineral (Na, Ca, Fe, Zn y P) se mantuvo relativamente estable en los tratamientos. Estos resultados indican que el contenido de amaranto no modifica en gran magnitud la composición de micronutrientes. Lo cual es positivo para mantener el contenido de calcio y hierro propios del lactosuero, que son esenciales para la salud ósea y metabolismo energético (Negro et al., 2020).

De acuerdo con Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:23, técnicamente la bebida puede ser considerado como bajo en sodio, debido a que contiene menos de 120 mg/100 ml (SDE, 2011) (Figura 2). Esta característica es positiva puesta que la

Organización Mundial de la Salud [OMS] (2025), recomienda reducir la ingesta de sodio para prevenir hipertensión y enfermedades cardiovasculares. En comparación con los resultados de Cervilla et al. (2024), reportan que en análogos lácteos a base de lactosuero, el contenido de sodio oscila entre los 150 mg/100 ml de producto. En este sentido el bajo contenido de sodio en esta formulación representa una ventaja saludable en la formulación de la bebida.

Cuadro 20

Resultados de análisis nutricionales y fisicoquímicos en laboratorio de AquaLab S.R.L. en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Parámetro	Unidades	Lactosuero	T1 control	T2	T3	T4
Valor energético	Kcal/100ml	34.00	150.00	190.00	210.00	240.00
Carbohidratos	g/100ml	5.62	8.50	9.80	10.00	10.60
Proteínas	g/100ml	0.63	0.79	1.53	2.13	2.47
Grasas	g/100ml	0.97	0.89	0.91	0.96	1.16
Calcio	mg/100ml	48.71	42.03	42.69	45.90	48.08
Hierro	mg/100ml	0.52	0.29	0.40	0.33	0.51
Zinc	mg/100ml	0.09	0.11	0.13	0.13	0.08
Sodio	mg/100ml	46.24	46.62	55.35	53.21	51.13
Fósforo	mg/100ml	34.74	30.02	34.49	34.30	33.02
Humedad	g/100ml	92.23	89.31	88.52	88.03	87.20
Ceniza	g/100ml	0.55	0.53	0.53	0.54	0.55
Fibra	g/100ml	0.00	0.00	1.17	1.54	2.28

Nota. T°: temperatura, °C: grados Celcius, Kcal: Kilocalorías, g: gramos, mg: miligramos, ml: mililitros, °B66rix: grados brix, %: porcentaje, T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto

Figura 2

Información nutricional del tratamiento 4

Nutrition Facts	
Datos de Nutrición	
Aprox. 1 serving per container	
Aprox. 1 Ración por Envase	
Serving size	1 cup (200ml)
Tamaño de porción	1 taza (200ml)
Amount per 100ml / Cantidad por 100ml	
Calories / Calorías	240
	<small>% Daily Value* / %Valor Diario*</small>
Total Fat / Grasa Total 1 g	2%
Total Carbohydrate / Carbohidrato Total 11 g	4%
Protein / Proteínas 3 g	5%
Dietary Fiber / Fibra Dietética 2 g	9%
Sodium / Sodio 51 mg	2%
Calcium / Calcio 48 mg	4%
Iron / Hierro 0.51 mg	3%
Zinc / Zinc 0.08 mg	1%
Phosphorus / Fósforo 33 mg	3%
<small>*The % Daily Value tells you how much a nutrient in a serving of food contributes to a daily diet. 2,000 calories a day is used for general nutrition advice. *El % Valor Diario le indica cuánto un nutriente en una porción de alimentos contribuye a una dieta diaria. 2,000 calorías al día se utiliza para asesoramiento de nutrición general.</small>	

Conclusiones

El tratamiento con 1.70% de harina de amaranto tostado fue el más aceptado por los panelistas y la incorporación de la harina mejoró la aceptación en apariencia, color, olor y viscosidad de la bebida.

Las formulaciones con adición de harina de amaranto tostado en distintas cantidades (1.14, 1.42 y 1.70%) en el producto a base de suero lácteo no afectó la preferencia del consumidor.

La adición de harina de amaranto tostado en diferentes concentraciones (1.14, 1.42 y 1.70%) no generó variaciones significativas en pH, pero si incrementó la acidez titulable, sólidos no grasos y sólidos solubles totales.

Recomendaciones

Realizar pruebas de vida anaquel de la bebida para determinar cambios en pH, sedimentación y carga microbiana durante el almacenamiento.

Incorporar estabilizantes o agentes de suspensión de origen natural, como Goma Guar y Arábica, para mejorar atributos sensoriales como apariencia y viscosidad de la bebida.

Ampliar los estudios de composición nutricional, a fin de complementar y reforzar los resultados obtenidos.

Realizar un estudio de factibilidad de mercado y económico que permitan evaluar el potencial de comercialización de la bebida a un nivel industrial.

Referencias

- Abreu, A. T., Milke-García, M. P., Argüello-Arévalo, G. A., La Calderón-de Barca, A. M., Carmona-Sánchez, R. I., Consuelo-Sánchez, A., Coss-Adame, E., García-Cedillo, M. F., Hernández-Rosiles, V., Icaza-Chávez, M. E., Martínez-Medina, J. N., Morán-Ramos, S., Ochoa-Ortiz, E., Reyes-Apodaca, M., Rivera-Flores, R. L., Zamarripa-Dorsey, F., Zárate-Mondragón, F. y Vázquez-Frias, R. (2021). Fibra dietaria y microbiota, revisión narrativa de un grupo de expertos de la Asociación Mexicana de Gastroenterología. *Revista De Gastroenterología De México*, 86(3), 287–304. <https://doi.org/10.1016/j.rgmx.2021.02.004>
- Acosta Medina, J. K., Contreras Pacheco, O. E. y Pedraza Avella, A. C. (2023). Empaques vs Bioempaques para alimentos: Una comparación a nivel técnica, comercial y normativa. *Ingeniería Y Competitividad*, 25(3). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i3.13066>
- Administración de Alimentos y Medicamentos. (2024). *Calorías en la etiqueta de información nutricional*. <https://www.fda.gov/food/nutrition-facts-label/calorias>
- Al Juhaimi, F., Ahmed, I. A. M., Özcan, M. M. y Uslu, N. (2024). Effect of roasting times on bioactive compounds, fatty acids, polyphenol and nutrients of amaranth (*Amaranthus cruentus* L.) seed roasted in pan, and principal component analysis. *Journal of Food Science and Technology*, 61(1), 129–138. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05828-7>
- Andrade, A., Castillo, G. y Chacater, C. (2021). Efectos de la variabilidad de los datos iniciales en el índice de condición del pavimento y predicción de su deterioro. *Novasinerгия*, 4(1), 102–114. <https://doi.org/10.37135/ns.01.07.06>
- Antosik, A. K., Kowalska, U., Stobińska, M., Dziecioł, P., Pieczykolan, M., Kozłowska, K. y Bartkowiak, A. (2021). Development and Characterization of Bioactive Polypropylene Films for Food Packaging Applications. *Polymers*, 13(20). <https://doi.org/10.3390/polym13203478>
- Arias, S. y López, M. (2022). Uses, nutritional properties and sensory evaluation for amaranth, quinoa and grape and coffee by-products. *Ingeniería Y Competitividad*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.25100/iyc.vi00>
- Asas, C., Llanos, C., Matavaca, M. y Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105–116. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8085141>
- Ayala, E. B., Merino, A. E. y Robles, M. D. R. (2019). *Formulación de una bebida nutricional a base de lactosuero fortificada con amaranto* [Trabajo de grado]. Facultad

- Multidisciplinaria De Occidente, Santa Ana, El Salvador, Centroamérica. <https://repositorio.ues.edu.sv/items/381eb43e-3dd4-4177-9bfe-69c4f08f0f6d>
- Ballon Paucara, W. G., Del Gutierrez Durán, M. P., Castillo Magariños, C. L., Mamani Mayta, D. D., Grados-Torrez, R. E. y Gonzáles Dávalos, E. L. (2021). Efecto de un producto natural a base de Amaranto, Quinua y Tarwi sobre el Perfil Lipídico en pacientes con obesidad y diabetes Mellitus tipo 2. *CON-CIENCIA*, 9(1), 27–44. <https://doi.org/10.53287/accl6518bf21d>
- Bambridge-Sutton, A. (2025). *The health needs driving functional food demand*. <https://www.foodnavigator.com/Article/2025/04/09/demand-for-functional-ingredients-to-meet-health-needs/>
- Benavides, S. y Hughes, N. (2024). Industria láctea en Costa Rica: desafíos y oportunidades para su desarrollo sostenible. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 22(43), 1–29. <https://doi.org/10.15359/prne.22-43.5>
- Burgos, V. E. y Del Castillo, V. C. (2021). Utilización de kiwicha precocida (*Amaranthus caudatus*) para el desarrollo de barras funcionales. *Revista Chilena De Nutrición*, 48(3), 307–318. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182021000300307>
- Cervilla, N. S., Peralta, M. I. y Albrecht, C. (2024). *Composición Nutricional de productos lácteos y sus análogos en Córdoba: Análisis y conocimiento del consumidor (21-27)* [Tesis]. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <https://bicyt.conicet.gov.ar/fichas/produccion/12601026>
- Codex Alimentarius Commission (2022). *Standard for Sugars*. (Norma internacional, Codex Stan 212-1999). FAO/WHO. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/it/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B212-1999%252FCXS_212e.pdf
- Cortéz, J. D., Cuffia, F. y Rozycki, S. D. (2021). *El lactosuero como materia prima para el desarrollo de alimentos sustentables y sostenibles*. Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/245459>
- Dash, K. K., Fayaz, U., Dar, A. H., Shams, R., Manzoor, S., Sundarsingh, A., Deka, P. y Khan, S. A. (2022). A comprehensive review on heat treatments and related impact on the quality and microbial safety of milk and milk-based products. *Food Chemistry Advances*, 1, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2022.100041>
- Durango Avalos, J. K. (2022). *Diseño de un proceso para la elaboración de una bebida energética y nutritiva a base de harina de amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), maracuyá (*Passiflora Edulis*) y panela* [Tesis]. Escuela Politécnica de Chimborazo, Ecuador. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/6c62eca2-3aea-4644-abef-d1a44d0c9621>

- El Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A. y Bou-Maroun, E. (2025). Maillard Reaction: Mechanism, Influencing Parameters, Advantages, Disadvantages, and Food Industrial Applications: A Review. *Foods (Basel, Switzerland)*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/foods14111881>
- Fundación Simón I. Patiño. (2021). *Agroecología - patino*. Fundación Simón I. Patiño. <https://patino.org/agroecologia/>
- Gómez, J. A. y Sánchez, Ó. J. (2019). Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. *Ingeniería Y Desarrollo*, 37(1), 129–157. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8232844>
- Guzmán, A. A. (2022). *Desarrollo de una bebida proteica a base de suero de leche y harina de quinua (Chenopodium quinoa)* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/items/43fc0d83-fb0d-4865-9619-c347b0e4f1a3>
- Igartúa, D. E. y Sceni, P. (2023). Abordaje experimental para la enseñanza y el aprendizaje de la reacción de Maillard en química de los alimentos. *Educación Química*, 34. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.86124e>
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) (2002). *Norma Boliviana - Ensayos microbiológicos - Preparación de muestras para el análisis microbiológico de alimentos*. (32002:2002). <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb/-nid=381>
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) (2003a). *Norma Boliviana - Ensayos microbiológicos - Recuento de bacterias coliformes*. (32005:2003). <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb/-nid=381>
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) (2003b). *Norma Boliviana - Ensayos microbiológicos - Recuento de mohos y levaduras*. (32006:2003). <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb/-nid=381>
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) (2021). *Norma Boliviana - Leches Fermentadas*. (0078:2009). <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb/-nid=381>
- Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA) (2024). *Norma Boliviana - Leches y Productos Lácteos*. (33013:2013). <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb/-nid=381>
- Instituto de Agricultura. (2023). *Mejores prácticas para el almacenamiento de trigo para mantener la calidad*. Instituto de Agricultura. <https://agriculture.institute/wheat-maize-coarse-grains-milling/best-practices-wheat-storage-quality/>

- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá y Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Tabla de Composición de Alimentos de Centroamérica*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. <https://www.sennutricion.org/media/tablas/INCAP.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (2011). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2594:2011*. (1). <https://es.scribd.com/document/383452511/Inen-Lactosuero>
- Khattab, A. M., Esmael, M. E., Farrag, A. A. y Ibrahim, M. I. A. (2021). Structural assessment of the bioplastic (poly-3-hydroxybutyrate) produced by *Bacillus flexus* Azu-A2 through cheese whey valorization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 190, 319–332. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.090>
- Lama, A. (2020). Grasas Saturadas y Salud. *Revista Chilena De Cardiología*, 39(2), 188–190. <https://doi.org/10.4067/S0718-85602020000200188>
- León, J., Ortiz, J., Astudillo, D., Astudillo, G. y Donoso, S. (2023). Control microbiológico de alimentos en la vía pública en Cuenca, Ecuador. *Revista Chilena De Nutrición*, 50(3), 261–270. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182023000300261>
- Machaca, J. y Condori, S. (2021). Determinación de coliformes totales en refrescos artesanales expendidos en las avenidas independencia y goyeneche de la ciudad de Arequipa, causantes de enfermedades transmitidas por alimentos. *Ñawparisun - Revista De Investigación Científica*, 3(3), 59–63. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i3.7>
- Martínez, R. (2021). *Reformulación de bebida láctea con reducción en energía y azúcares añadidos* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/5e7f31ae-e3ee-4ef1-b424-a842382a15b7/content>
- Martinez Giron, J., Figueroa Sepúlveda, K. y Castillo Robles, N. Z. (2021). Aplicación de altas presiones y otras tecnologías en frutas como alternativa de tratamientos térmicos convencionales. *Bioteología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 19(2), 271–285. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v19.n2.2021.1772>
- Mazorra, M. á. y Moreno, J. M. (2019). Propiedades y opciones para valorizar el lactosuero de la quesería artesanal. *CienciaUAT*, 14(1), 133–144. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-78582019000200133&script=sci_arttext
- Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador. (2018). *Ficha técnica del Amarando (Amarantus caudatus)*. <https://es.scribd.com/document/431188217/Ficha-Tecnica-Del-Amaranto>

- Ministerio de Planificación del Desarrollo y Economía Plural. *Caracterización del Desarrollo Productivo del Departamento de Cochabamba*. Gobierno del Estado Plurinacional de Bolivia. <https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/2024-a97c5-Caracterizacion-de-Cochabamba.pdf>
- Ministerio de Salud (MSB); Dirección General de Promoción de la Salud; Unidad de Alimentación y Nutrición (2013). *Bases técnicas de las guías alimentarias para la población boliviana*. (Documentos Técnico, 342). Editorial Quatro Hnos.; Ministerio de Salud (Bolivia). https://www.minsalud.gob.bo/images/Libros/DGPS/PDS/p342_bt_dgps_uan_BASES_TECNICAS_DE_LAS_GUIAS.pdf
- Molero Méndez, M., Castro Albornoz, G. y Briñez Zambrano, W. (2017). Evaluación fisicoquímica de lactosuero obtenido de la producción de queso blanco aplicando un método artesanal. *Revista Científica*, 27(3), 149–153. https://www.redalyc.org/journal/959/95952010003/html/#redalyc_95952010003_re_f20
- Molina, R. (2024). *Aprovechamiento de lactosuero en el desarrollo de una bebida con quinua y avena* [Tesis]. Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. <https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b4887137-667c-4beb-a375-59c4698cacfe/content>
- Montesdeoca Párraga, R. R. y Piloso Chávez, K. (2020). Evaluación fisicoquímica del lactosuero obtenido del queso fresco pasteurizado producido en el taller de procesos lácteos en la Espam “MFL”. *Revista Ciencia Y Tecnología El Higo*, 10(1), 2–10. <https://doi.org/10.5377/elhigo.v10i1.9921>
- Mora, J. y Portilla, D. (2022). Lactosuero: materia prima para la elaboración de productos con valor agregado. *CEI, Boletín Informativo*, 9(1), 103–106. <https://revistas.umariana.edu.co/index.php/BoletinInformativoCEI/article/view/3017/3275>
- Moreano, J. C. y Moreta, T. M. (2022). *Elaboración de una bebida a base de lactosuero, con pulpa de maracuyá (Passiflora edulis) y harina de amaranto (Amaranthus)* [Tesis]. Universidad Nacional de Cotopaxi, Ecuador. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/d0e26894-d155-4e08-9af7-69b6cba9f4c6>
- Mosquera-Martínez, A. J., Sepúlveda-Valencia, J. U., Ciro-Velásquez, H. J., Vargas-Díaz, S. y Pérez-Escobar, L. (2023). Whole yogurt sweetened with glucose-galactose syrup obtained by nanofiltration: Effect on galactooligosaccharides concentration, physicochemical and sensory properties. *Applied Food Research*, 3(1), 100272. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100272>

- Muvdi Nova, C. J., Cáceres Roa, S. A. y Mora García, S. (2022). Effect of operating parameters and modes in the filtration of acid whey using ultra- and microfiltration ceramic membranes. *Ingeniería Y Competitividad*, 25(1). <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i1.12002>
- Negro, E., Hochstrasser, A., Joubert, M. V. y Williner, M. R. (2020). Ingesta de calcio en jóvenes estudiantes de Licenciatura en Nutrición de Santa Fe (Argentina). *Nutrición Clínica Y Dietética Hospitalaria*, 40(3). <https://doi.org/10.12873/403willine>
- Nuñez, R. (2023). *Efecto del tiempo y temperatura de tostado en la solubilidad, el color y la aceptabilidad de una bebida instantánea elaborada a base de haba (Vicia faba), arveja (Pisum Sativum L.) y cebada (Hordeum vulgare L.)* [Tesis, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Perú]. PubMed. <https://repositorio.unach.edu.pe/items/33497c6c-bdf9-4344-a204-e58c49449c53>
- Olmos, E., Roman-Garcia, I., Reguera, M., Mestanza, C. y Fernandez-Garcia, N. (2022). An update on the nutritional profiles of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), amaranth (*Amaranthus* spp.), and chia (*Salvia hispanica* L.), three key species with the potential to contribute to food security worldwide. *JSFA Reports*, 2(12), 591–602. <https://doi.org/10.1002/jsf2.93>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Organización Mundial de la Salud (OMS) (2020). *Principios y directrices generales para el muestreo microbiológico*. Codex Alimentarius. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXG%2B21-1997%252FCXG_021s.pdf
- Organización Mundial de la Salud (OMS) (2025). *Reducción de la ingesta de sodio*. (Hoja informativa institucional). <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets>
- Osorio, M. (2018). *Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos* [Tesis]. Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú. <http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/3230/osorio-lopez-mery-ann.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Osorio, W. (2012). pH del suelo y disponibilidad de nutrientes. *Manejo Integral Del Suelo Y Nutrición Vegeta*, 1(4), 1–4. <https://www.bioedafologia.com/sites/default/files/documentos/pdf/pH-del-suelo-y-nutrientes.pdf>
- Ramirez Infante, A. E., Montesdeoca Tamay, J. A. y Torres Segarra, S. M. (2024). Determinación de Coliformes spp y *Escherichia coli* en quesos frescos del mercado. *Tesla Revista Científica*, 4(1), e294. <https://doi.org/10.55204/trc.v4i1.e294>

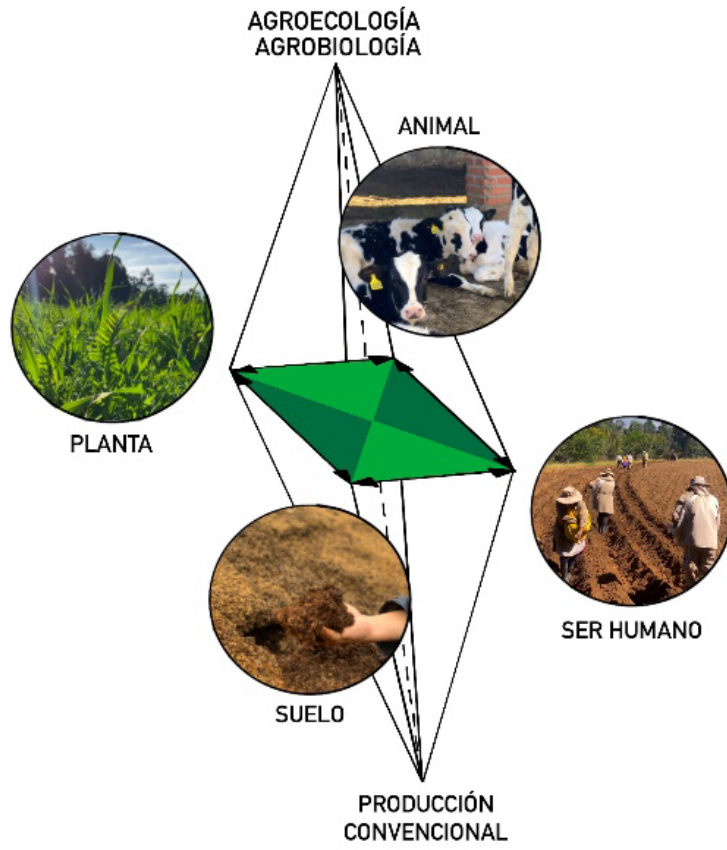
- Rodríguez, A., Abad, C., Pérez, A. y Diéguez, K. (2020). Elaboración de una bebida a base de suero lácteo y pulpa de *Theobroma grandiflorum*. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 18(2), 166. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(18\)166-175](https://doi.org/10.18684/bsaa(18)166-175)
- Rodríguez Robelo, M. C., Espinosa Rangel, C. M., Del Valdez Caudillo, R. C., Macías Alfaro, Z. M. y Rivera González, M. (2024). Determinación de contenido de azúcares en bebidas endulzadas de consumo cotidiano. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 28. <https://doi.org/10.15174/jc.2024.4440>
- SaintyCo. (2025). *Stainless steel sieve for filter milk*. <https://www.sieving.net/Stainless-steel-sieve-for-filter-milk.html>
- Sánchez, J. (2011). *Producción, Agrobiología y Educación* [Tesis]. Universidad Autónoma del Beni, Beni, Bolivia.
- Secretaría de Desarrollo Económico (SDE) (2011). *Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 67.01.60:23 – Etiquetado nutricional de productos alimenticios preenvasados para consumo humano a partir de los 3 años de edad*. (Norma Técnica). <https://sde.gob.hn/wp-content/uploads/2024/03/RTCA-Etiq.-Nutricional-CPI.pdf>
- Shinde, N. W., Kartikeyan, S., Agrawal, A. K., Goel, B. K., Choudhary, K. K. y Punita, K. (2020). Selection of suitable form of amaranth (*Amaranthus cruentus*) for development of amaranth incorporated composite fermented milk drink. *International Journal of Chemical Studies*, 8(2), 352–357. <https://doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i2f.8793>
- Soria Torres, D. A., Albán Caiza, A. M. y Carrera Borja, W. X. (2024). Desarrollo de una bebida probiótica a base de pseudocereales andinos quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y amaranto (*Amaranthus* spp.): un enfoque en la sostenibilidad y salud. *Código Científico Revista De Investigación*, 5(2), 1553–1570. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v5/n2/598>
- Suárez-Villa, A. J., Falcones-Molina, E. L. y Macías-Chila, R. R. (2024). Cuantificación de caseína aislada de tres hatos ganaderos en el Cantón Chone. *MQRInvestigar*, 8(1), 1088–1097. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.1088-1097>
- Tercero Tercero, J. P. y Tercero Tipanguano, J. O. (2023). *Caracterización fisicoquímica del suero lácteo de las industrias queseras del cantón Latacunga* [Tesis]. Universidad Nacional de Cotopaxi, Latacunga, Ecuador. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d1a0b834-3915-4c65-af12-c19e201b0392/content>
- D Tirado, B Yacub, J Cajal, L Murillo, R Leal, M Franco, B Escobar, D Acevedo, Tirado Armesto, D. F., Yacub Bermudez, B., Cajal Barrios, J. V., Murillo Fernández, L., Leal Betancour, R. F., Franco Plata, M. Y., Escobar Ismael, B. M. y Acevedo Correa, D. (2017).

- Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño. *Entre Ciencia E Ingeniería*, 11(21), 36–41. <https://doi.org/10.31908/19098367.3275>
- Trejo Cuevas, K., Rodríguez Castillejos, G., Reyes Gallardo, J., Lizarazo Ortega, C. y Hernández Jiménez, C. (2024). Almidón, una plataforma versátil en la industria de alimentos. *Revista Boliviana De Química*, 41(1). <https://doi.org/10.34098/2078-3949.41.1.6>
- Valdés, A. (2022). *Evaluación sensorial y determinación de características fisicoquímicas de una bebida funcional a base de lactosuero y β -glucanos* [Proyecto Especial de Graduación]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, Centroamérica. <https://bdigital.zamorano.edu/items/f5b80d4f-2cd9-4b5a-a23e-91002a4d158e>
- Vasquez Lara, F. (2021). Efecto del tratamiento térmico en harina de avena utilizada en la sustitución de harina de trigo para la elaboración de pan. *Biotecnia*, 23(2), 55–64. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v23i2.1388>
- Zuluaga, N. (2017). *El análisis sensorial de alimentos como herramienta para la caracterización y control de calidad de derivados lácteos*. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/items/6f59964c-e51a-47b4-bfd4-7c3d8f31a0a6>

Anexos

Anexo A

Sistema Agro biológico de la Hacienda Pairumani



Anexo B

Evaluaciones sensoriales



Anexo C

Boleta de evaluación Sensorial



EVALUACIÓN SENSORIAL - BEBIDA DE LACTOSUERO CON AMARANTO

Fecha: _____ Sexo: _____ Edad: _____

Se le presentan 4 muestras codificadas de bebidas, sírvase a observar oler y probar cada muestra de izquierda a derecha. Tiene a su disposición agua para limpiar su paladar antes de degustar cada muestra.

Prueba de aceptación: Evalúe una muestra a la vez, **una por una** e indique el grado en que le gusta o disgusta seleccionando el puntaje siguiente:

1	2	3	4	5
Me disgusta mucho	Me disgusta	No me gusta ni disgusta	Me gusta	Me gusta mucho

#Muestra	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Dulzura	Viscosidad	Aceptación general

Comentarios: _____

Prueba de preferencia: Ordene por preferencia, de la muestra de mayor preferencia a la muestra de menor preferencia. Escribir el número de muestra según el que más le gusta hasta el que menos le gusta.

1 (más preferido)	2	3	4 (menos preferido)

Justifique su preferencia:

Anexo D

Tabla de Prueba de Basker y Kramer “Valor crítico de diferencia entre suma de categorías”

Número de panelistas	Número de productos								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
20	8.8	14.8	21.0	27.3	33.7	40.3	47	53.7	60.6
21	9.0	15.2	21.5	28.0	34.6	41.3	48.1	55.1	62.1
22	9.2	15.5	22.0	28.6	35.4	42.3	49.2	56.4	63.5
23	9.4	15.9	22.5	29.3	36.2	43.2	50.3	57.6	65.0
24	9.6	16.2	23.0	29.3	36.9	44.1	51.4	58.9	66.4
25	9.8	16.6	23.5	29.9	37.7	45.0	52.5	60.1	67.7
26	10.0	16.9	23.9	30.5	38.4	45.9	53.5	61.3	69.1
27	10.2	17.2	24.4	31.1	39.2	46.8	54.6	62.4	70.4
28	10.4	17.5	24.8	31.7	39.9	47.7	55.6	63.6	71.7
29	10.6	17.8	25.3	32.3	40.6	48.5	56.5	64.7	72.9
30	10.7	18.2	25.7	32.8	41.3	49.3	57.5	65.8	74.2
31	10.9	18.5	26.1	33.4	42.0	50.2	59.4	66.9	75.4
32	11.1	18.7	26.5	34.0	42.6	51.0	60.3	60.3	76.6
33	11.3	19.0	26.9	35.0	43.3	51.7	61.2	69.0	77.8
34	11.4	19.3	27.3	35.6	44.0	52.5	62.1	70.1	79.0
35	11.6	19.6	27.7	36.1	44.6	53.3	63	71.1	80.1
36	11.8	19.9	28.1	36.6	45.2	54.0	63.9	72.1	81.3
37	11.9	20.2	28.5	37.1	45.9	54.8	64.7	73.1	82.4
38	12.1	20.4	28.9	37.6	46.5	55.5	67.2	74.1	83.5
39	12.2	20.7	29.3	38.1	47.1	56.3	65.6	75.0	84.6
40	12.4	21.0	29.7	38.6	47.7	57.0	66.4	76.0	85.7
41	12.6	21.2	30.0	39.1	48.3	57.7	67.2	76.9	86.7
42	12.7	21.5	30.4	39.5	48.9	58.4	68	77.9	87.8
43	12.9	21.7	30.8	40.0	49.4	59.1	68.8	78.8	88.8
44	13.0	22.0	31.1	40.5	50.0	59.8	69.6	79.7	89.9
45	13.1	22.2	31.5	40.9	50.6	60.4	70.4	80.6	90.9
46	13.3	22.5	31.8	41.4	51.1	61.1	71.2	81.5	91.9
47	13.4	22.7	32.2	41.8	51.7	61.8	72	82.4	92.1
48	13.6	23.0	32.5	42.3	52.2	62.4	72.7	83.2	93.8
49	13.7	23.2	32.8	42.7	52.8	63.1	73.5	84.1	94.8
50	13.9	23.4	33.2	43.1	53.3	63.7	74.2	85.0	95.8
55	14.5	24.6	34.8	45.2	55.9	66.8	77.9	89.1	100.5
60	15.2	25.7	36.3	47.3	58.4	69.8	81.3	93.1	104.9
65	15.8	26.7	37.8	49.2	60.8	72.6	84.6	96.9	109.2
70	16.4	27.7	39.2	51.0	63.1	75.4	87.8	100.5	113.3
80	17.5	29.6	42.0	54.6	67.4	80.6	93.9	107.5	121.2
90	18.6	31.4	44.5	57.9	71.5	85.5	99.6	114.0	128.5
100	19.6	33.1	46.9	61.0	75.4	90.1	105	120.1	135.5
110	20.6	34.8	49.2	64.0	79.1	94.5	110.1	126.0	142.1
120	21.5	36.3	51.4	66.8	82.6	98.7	115	131.6	148.4

Ref: Liria, María. Guía para la Evaluación Sensorial. Lima (2007)

Anexo E

Resultados de análisis microbiológicos realizados en el laboratorio de AquaLab S.R.L.

Parámetro	Unidades	Lactosuero	T1 control	T2	T3	T4
Coliformes Totales	UFC/g	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰
<i>E. Coli</i>	UFC/g	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰
Mohos	UFC/g	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰
Levaduras	UFC/g	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰	<1x10 ⁰

Nota. UFC: unidades formadoras de colonia, g: gramos, T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.

Anexo F

Resultados de análisis de correlación de los atributos apariencia, color, olor, sabor, dulzura y viscosidad con la aceptación general de tratamientos en la bebida de lactosuero con adición de harina de amaranto tostado

Coeficientes de Pearson en Correlación Prob > r suponiendo Ho: Rho=0						
Aceptación general	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Dulzora	Viscosidad
T1 control	0.22069	0.17514	0.44217	0.68508	0.49953	0.28279
	0.0237	0.0739	<.0001	<.0001	<.0001	0.0035
T2	0.69302	0.40246	0.50865	0.67075	0.67056	0.4681
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001
T3	0.45211	0.3782	0.60969	0.65723	0.61459	0.32181
	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	0.0008
T4	0.43341	0.3024	0.43143	0.59747	0.34215	0.30715
	<.0001	0.0017	<.0001	<.0001	0.0004	0.0014

Nota: T1 Control: Lactosuero con azúcar, T2: tratamiento con 1.14% de amaranto, T3: tratamiento con 1.42% de amaranto, T4: Tratamiento con 1.70% de amaranto.