



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

**“DESARROLLO DE JUGOS PROBIÓTICOS A BASE DE FRUTOS
ROJOS Y XILITOL”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

AUTORA: MELIDA MARIBEL OCHOA CONGACHA

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

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Melida Maribel Ochog Congacha

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

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

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

Riobamba, 22 de agosto de 2023

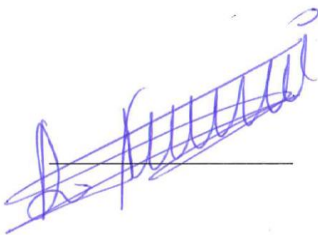
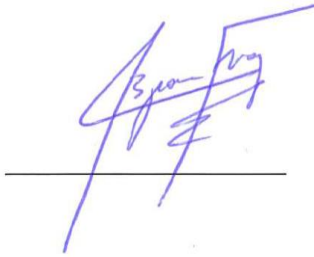

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Melida Maribel Ochog Congacha', enclosed within a blue circular scribble.

Melida Maribel Ochog Congacha

060536439-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA AGROINDUSTRIA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, “**DESARROLLO DE JUGOS PROBIÓTICOS A BASE DE FRUTOS ROJOS Y XILITOL**”, realizado por la señorita: **MELIDA MARIBEL OCHOA CONGACHA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dra. Sonia Elisa Peñafiel Acosta, MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-08-22
Ing. Byron Leoncio Díaz Monroy, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-22
Bqf. Sandra Elizabeth López Sampedro, Mg. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-08-22

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a Dios por su infinita gracia, por ser tan bueno conmigo, por brindarme la fortaleza necesaria para salir adelante ante cualquier obstáculo, y por darme sabiduría e inteligencia para lograr cumplir con esta meta tan anhelada. A mi querida familia Ochog Congacha por confiar siempre en mí y a todas las personas cercanas que de una u otra manera estuvieron apoyándome y motivándome a continuar con mis estudios, en especial a mi madre Andrea Congacha y a mi padre Gregorio Ochog por inculcarme valores, por su amor y apoyo incondicional. A mí misma como recordatorio de mi valentía, por haber creído en mis propias capacidades, por tener la determinación de continuar con mis estudios a pesar de las dificultades, por ser constante y disciplinada con mis proyectos. A mis hermanos y hermanas; Edwin Ochog, David Ochog, Carolina Ochog, Lida Ochog, Sergio Ochog, Edgar Ochog, Cecilia Ochog y Nelson Ochog, por enseñarme a tener una visión más amplia de la vida, y por darme consejos para mi crecimiento personal. A todos mis sobrinos, cuñadas y el resto de los familiares por sus buenos deseos, por su cariño y su amabilidad, en particular a Evelyn, Silvana, Doris, Marivi, Nancy, Nayeli, Ruth, María y Diego. Sin olvidar a una de mis mejores amigas Martha Toapanta por acompañarme en esta etapa universitaria y por estar conmigo cuando más lo necesitaba.

Maribel

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por permitirme formar parte de su prestigiosa institución, a la Facultad de Ciencias Pecuarias por su servicio y a todas las autoridades que me permitieron finalizar este proceso académico. A todos los docentes de la Escuela de Agroindustria por sus conocimientos impartidos y estrategias desarrolladas para formar profesionales integrales con la capacidad de contribuir a la sociedad, en particular a mis tutores Ing. Byron Díaz, Bqf. Sandra López y al Ing. Cristian Vimos, por su paciencia, sabiduría y guía compartida en el camino hacia la culminación de este trabajo de titulación. A mis amigos más cercanos Elsa Velasco, Jennifer Yucta, Evelyn Cayambe, Milagros Gualoto, Jenny Peralta, Melany Ramos, Abigail Usca, Paulina Paca, Adriana Quinatoa, William Acán, Luis Chacha, Rosa Rojas, Aracely Chicaiza, Greys Guamán y Miriam Padilla, a quienes les tengo un gran afecto por ser amables conmigo. Finalmente, quiero agradecer a todas aquellas personas que en algún momento me brindaron su ayuda y apoyo en este proceso, también al resto de mis amigos y compañeros por su amistad y alegría compartida.

Maribel

ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 <i>Objetivo General</i>	4
1.4.2 <i>Objetivos Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación.....	5
2.2 Referencias Teóricas.....	7
2.2.1 <i>Alimentos funcionales</i>	7
2.2.2 <i>Probióticos</i>	7
2.2.3 <i>Jugos probióticos a base de frutas</i>	7
2.2.3.1 <i>Beneficios</i>	8
2.2.4 <i>Fermentación</i>	8
2.2.4.1 <i>Fermentación láctica</i>	8
2.2.5 <i>Cultivos iniciadores</i>	9
2.2.6 <i>Cepas probióticas</i>	9
2.2.6.1 <i>Requisitos de las cepas probióticas</i>	9
2.2.7 <i>Bacterias ácido lácticas</i>	10
2.2.7.1 <i>Metabolitos producidos por las BAL</i>	10

2.2.7.2	<i>Funciones de las BAL</i>	11
2.2.8	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	12
2.2.8.1	<i>Clasificación taxonómica</i>	13
2.2.8.2	<i>Origen</i>	13
2.2.8.3	<i>Usos y propiedades de L. acidophilus</i>	13
2.2.9	<i>Frutos rojos</i>	14
2.2.9.1	<i>Fresa (Fragaria spp.)</i>	14
2.2.9.2	<i>Mora de Castilla (Rubus glaucus Benth)</i>	16
2.2.9.3	<i>Cereza (Prunus spp.)</i>	18
2.2.10	<i>Xilitol</i>	21
2.2.10.1	<i>Origen</i>	21
2.2.10.2	<i>Composición nutricional</i>	22
2.2.10.3	<i>Propiedades</i>	22

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1	Localización y duración del experimento	24
3.2	Unidades experimentales	24
3.3	Materiales, equipos, reactivos e insumos	24
3.3.1	<i>Materiales</i>	24
3.3.2	<i>Equipos</i>	25
3.3.3	<i>Reactivos</i>	25
3.3.4	<i>Insumos</i>	26
3.4	Tratamientos y diseño experimental	26
3.4.1	<i>Análisis estadísticos y pruebas de significancia</i>	27
3.5	Mediciones experimentales	27
3.5.1	<i>Análisis fisicoquímico</i>	27
3.5.2	<i>Análisis microbiológico</i>	27
3.5.3	<i>Análisis organoléptico</i>	27
3.5.4	<i>Análisis económico</i>	28
3.6	Procedimiento experimental	28
3.6.1	<i>Formulación de los jugos probióticos</i>	28
3.6.2	<i>Descripción del proceso experimental</i>	30
3.6.2.1	<i>Recepción de materia prima</i>	30
3.6.2.2	<i>Selección de la fruta</i>	30
3.6.2.3	<i>Lavado y desinfección</i>	30

3.6.2.4	<i>Descorazonado</i>	30
3.6.2.5	<i>Triturado</i>	30
3.6.2.6	<i>Tamizado</i>	30
3.6.2.7	<i>Estandarización</i>	30
3.6.2.8	<i>Homogenización</i>	31
3.6.2.9	<i>Inoculación</i>	31
3.6.2.10	<i>Envasado</i>	31
3.6.2.11	<i>Fermentación al ambiente</i>	31
3.6.2.12	<i>Fermentación en refrigeración</i>	31
3.7	Metodología de Evaluación	31
3.7.1	Análisis fisicoquímico	31
3.7.1.1	<i>pH</i>	32
3.7.1.2	<i>Acidez total</i>	32
3.7.1.3	<i>Sólidos solubles (°Brix)</i>	32
3.7.2	Análisis microbiológico	33
3.7.2.1	<i>Bacterias acido-lácticas, UFC/ml</i>	33
3.7.2.2	<i>Coliformes totales, UFC/ml</i>	33
3.7.2.3	<i>Mohos y levaduras, UPC/ml</i>	33
3.7.3	Análisis organoléptico	33
3.7.4	Análisis económico	34
3.7.4.1	<i>Costo de producción (USD/L)</i>	34
3.7.4.2	<i>Rentabilidad (Beneficio/costo)</i>	34

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	35
4.1	Análisis físico químico	35
4.1.1	<i>pH</i>	35
4.1.2	<i>Acidez total</i>	36
4.1.3	<i>Sólidos solubles (°Brix)</i>	37
4.2	Análisis microbiológico	38
4.2.1	<i>Lactobacillus acidophilus, UFC/ml</i>	38
4.3	Análisis organoléptico	39
4.3.1	<i>Color</i>	39
4.3.2	<i>Olor</i>	40
4.3.3	<i>Sabor</i>	40
4.3.4	<i>Textura</i>	41

4.4	Análisis económico	41
4.4.1	<i>Costo de producción (USD/L)</i>	41
4.4.2	<i>Rentabilidad (Beneficio/costo)</i>	42
	CONCLUSIONES	43
	RECOMENDACIONES	44
	BIBLIOGRAFIA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Requerimientos que debe cumplir una cepa probiótica.....	10
Tabla 2-2:	Composición nutricional de la fresa (100 g)	15
Tabla 3-2:	Composición nutricional de la mora (100 g)	17
Tabla 4-2:	Composición nutricional de la cereza (100 g)	19
Tabla 5-2:	Composición nutricional del xilitol (100 g)	22
Tabla 1-3:	Esquema del experimento.....	26
Tabla 2-3:	Esquema del ADEVA.....	27
Tabla 3-3:	Formulación de jugos probióticos	28
Tabla 4-3:	Escala hedónica con un rango de 5 puntos	34
Tabla 1-4:	Resultados fisicoquímicos de los jugos probióticos a base de frutos rojos	35
Tabla 2-4:	Resultados microbiológicos de los jugos probióticos a base de frutos rojos.....	38
Tabla 3-4:	Resultados de la valoración organoléptica de los jugos probióticos	39
Tabla 4-4:	Análisis económico de la elaboración de jugos probióticos	42

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Xilitol extraído del Abedul	21
Ilustración 1-3:	Diagrama de flujo de la elaboración de jugos probióticos.....	29
Ilustración 1-4:	Valores de pH de los jugos probióticos	35
Ilustración 2-4:	Valores de la acidez de los jugos probióticos	36
Ilustración 3-4:	Valores de sólidos solubles de los jugos probióticos.....	37
Ilustración 4-4:	Desarrollo de <i>L. acidophilus</i> en los jugos probióticos.....	38
Ilustración 5-4:	Valoración del color de los jugos probióticos.....	39
Ilustración 6-4:	Valoración del olor de los jugos probióticos	40
Ilustración 7-4:	Valoración del sabor de los jugos probióticos	40
Ilustración 8-4:	Valoración de textura de los jugos probióticos.....	41

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE pH DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS
- ANEXO B:** RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE ACIDEZ DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS
- ANEXO C:** RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE °BRIX DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS
- ANEXO D:** RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIÓLOGICOS
- ANEXO E:** RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LA PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL
- ANEXO F:** FICHA DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS
- ANEXO G:** ELABORACIÓN DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS
- ANEXO H:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS
- ANEXO I:** ANÁLISIS MICROBIÓLOGICOS DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS
- ANEXO J:** EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue elaborar jugos probióticos a base de frutos rojos (fresa, mora, cereza) y xilitol utilizando *Lactobacillus acidophilus*. Los jugos fueron fermentados a temperatura ambiente (14 °C) de la ciudad de Riobamba por 72 horas. Se evaluó el producto mediante el análisis fisicoquímico, microbiológico y sensorial para determinar si sus características cumplen con los de una bebida probiótica. De modo que para el análisis fisicoquímico se hizo la medición de pH, acidez y sólidos solubles; para el análisis microbiológico se empleó la técnica de recuento en placa; para el análisis sensorial se aplicó una prueba afectiva con una escala hedónica, la cual fue realizada a 25 panelistas no entrenados; finalmente para el análisis económico, se utilizó el indicador beneficio/costo. Para el análisis de datos se utilizó el Software InfoStat, aplicando el diseño completamente al azar (DCA) mediante el análisis de varianza y la prueba de separación de medias Tukey ($p < 0,05$), y también la prueba de Kruskal-Wallis. Los resultados experimentales del análisis fisicoquímico y microbiológico reportaron diferencias altamente significativas ($p < 0,05$), demostrando que el jugo de fresa obtuvo un mejor desarrollo de *L. acidophilus* con $8,6 \times 10^6$ UFC/mL, alcanzando un pH de 3,34, acidez de 0,52% y sólidos solubles de 5,68 °Brix. Asimismo, el tratamiento con mayor aceptación en cuanto a las características organolépticas fue el jugo de fresa presentando los valores más altos. Se concluyó que el mejor tratamiento es el jugo probiótico a base de fresa, en cuanto al crecimiento de *L. acidophilus*, a la preferencia de los consumidores y por su rentabilidad. Se recomienda extender la investigación utilizando otro tipo de frutas, así como diferentes niveles de xilitol para mejorar sus características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales.

Palabras clave: <JUGOS PROBIÓTICOS>, <FERMENTACIÓN>, <CULTIVO PROBIÓTICO>, <LACTOBACILO ACIDÓFILO (*Lactobacillus acidophilus*)>, <FRESA>, <MORA>, <CEREZA>, <XILITOL>.



1824-DBRA-UPTC-2023

ABSTRACT

This research aimed to develop probiotic juices based on red fruits (strawberry, blackberry, cherry) and xylitol using *Lactobacillus acidophilus*. The juices were fermented at room temperature (14°C) in Riobamba city for 72 hours. The physicochemical, microbiological, and sensory analyses were essential to determine if the product characteristics met the criteria of a probiotic beverage. The physicochemical analysis included pH measurements, acidity, and soluble solids. The microbiological analysis employed the plate count technique, while sensory analysis involved an affective test using a hedonic scale with 25 untrained panelists. Then, an economic analysis using the benefit-cost ratio indicator was also necessary. The InfoStat software, applying a completely randomized design (CRD) through analysis of variance and the Tukey mean separation test ($p < 0,05$), as well as the Kruskal-Wallis's test, was an effective tool for Data analysis. The experimental results of the physicochemical and microbiological analysis revealed highly significant differences ($p < 0,05$). The strawberry juice exhibited the most favorable *L. acidophilus* growth with $8,6 \times 10^6$ CFU/mL, a pH of 3,34, acidity of 0,52%, and soluble solids of 5,68 °Brix. Furthermore, the strawberry juice treatment demonstrated the highest acceptance regarding organoleptic characteristics. Finally, the best treatment is the probiotic strawberry juice, considering *L. acidophilus* growth, consumer preference, and profitability. Further research exploring other fruit types and varying xylitol levels to enhance microbiological, physicochemical, and sensory attributes is a final recommendation arising from this research.

Keywords: <PROBIOTIC JUICES>, <FERMENTATION>, <PROBIOTIC CULTURE>, <LACTOBACYL ACIDOPHIL (*Lactobacillus acidophilus*)>, <STRAWBERRY>, <BLACKBERRY>, <CHERRY>, <XYLITOL>.



Lic. Mónica Logroño B.

060274953-3

1824-DBRA-UPT-2023

INTRODUCCIÓN

Debido al estilo de vida y el corto tiempo para preparar los alimentos en el hogar, el mercado industrial implementó hace varios años sustitutos del jugo natural de fruta. Pero la mayoría de estas bebidas, al ser industrializadas, contienen acidulantes, así como una alta cantidad de azúcares y otros ingredientes que, a la larga, generan problemas en la salud, tales como la obesidad, diabetes, hipertensión, y muerte; además, pueden contribuir al desarrollo de alteraciones psicológicas como la hiperactividad, el síndrome premenstrual y las enfermedades mentales (Cabezas et al., 2016: p.321).

En la actualidad, las bebidas funcionales son una categoría relevante dentro del mercado de alimentos y, por otro lado, el consumo de jugos procesados ha mostrado un aumento significativo a nivel mundial. También es importante recalcar que las frutas contienen altas cantidades de azúcares, que podrían estimular el crecimiento de probióticos. Por tales motivos, el desarrollo de bebidas funcionales a base de frutas podría ser una alternativa saludable para aquellas personas que evitan los productos lácteos y para la población en general (Ruíz et al., 2020: pp.287-288).

Los alimentos saludables, también conocidos como “alimentos funcionales”, tienen la capacidad de ejercer efectos beneficiosos o funciones corporales más específicas en el organismo, además de tener un alto valor nutricional. Dichos beneficios son posibles gracias a la presencia de compuestos bioactivos, tales como fibra dietética, oligosacáridos y bacterias activas “amigables” que promueven el equilibrio de cepas bacterianas intestinales. Cabe destacar que los alimentos probióticos representan del 60%-70% de los alimentos funcionales (Fuentes et al., 2015: p.142).

Los probióticos son microorganismos vivos que confieren un efecto beneficioso sobre el huésped y pueden ayudar a disminuir el riesgo de contraer enfermedades si se administran en cantidades adecuadas (Mikstas, 2022, p.1). Por otro lado, los productos lácteos fermentados se han considerado tradicionalmente como los mejores portadores de probióticos; pero, hoy en día hasta el 70% de la población mundial sufre de intolerancia a la lactosa (Rosado, 2016, p.69). Por esta razón, se han investigado exhaustivamente diferentes tipos de materias primas para determinar si son sustratos adecuados para producir nuevos alimentos funcionales no lácteos.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En la actualidad existe un gran interés en el desarrollo de alimentos funcionales, entre los cuales se encuentran las bebidas probióticas a base de frutas, ya que tienen un perfil atractivo para todos los consumidores de todas las edades, al proporcionar beneficios para la salud más allá de la nutrición básica. De modo que, los consumidores han tomado consciencia de que ciertos alimentos pueden tener un impacto positivo en la salud a largo plazo, lo que facilita la aceptación del término “alimentos funcionales” (Panda et al., 2014: p.287).

Se ha señalado que el consumo habitual de gaseosas, jugos y bebidas energéticas con azúcar causa la muerte de 180.000 personas al año a nivel mundial. Es decir, una de cada 100 muertes en el mundo se debe a las bebidas azucaradas (Cabezas et al., 2016: p.321). En 2014, más de un tercio (39%) de los adultos mayores de 18 años en todo el mundo tenían sobrepeso y el número de personas con diabetes en el mundo aumentó de 108 millones a 422 millones en el período de 1980 a 2014. Además, se estimó que, en 2015, cerca de 42 millones de niños menores de 5 años tenían sobrepeso o eran obesos, lo que representa un aumento de alrededor de 11 millones en los últimos 15 años (OPS/OMS, 2016, p.1).

A causa de los efectos que tienen las bebidas industrializadas en la salud, la Organización Mundial de la Salud recomienda aplicar medidas en todo el mundo para reducir el consumo de bebidas azucaradas. También la Asociación Médica Mundial (AMM) y sus miembros constituyentes piden a los gobiernos nacionales disminuir la asequibilidad de bebidas sin azúcar y azucaradas por medio de un impuesto al azúcar (OMS, 2019, p.1).

Los jugos de frutas pueden ser explotados como medio de fermentación para suministrar BAL probiótico a personas intolerantes a la lactosa, así como para aquellos que son alérgicos a la leche y sus derivados. Se cree que los productos de frutas fermentadas están libres de colesterol, lo que podría brindar mayores beneficios para la salud de la población, además de tener un bajo costo (Panda et al., 2014: p.293). *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (géneros de BAL) son los probióticos más utilizados en alimentos. Otros microorganismos, como *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* y *Bacillus*, también se utilizan como probióticos (Nagpal et al., 2012: p.1573).

Los probióticos se han utilizado durante siglos en productos lácteos fermentados. Sin embargo, las aplicaciones en productos no lácteos no han recibido reconocimiento formal (Nagpal et al., 2012:

p.1573). Existen pocas investigaciones sobre probióticos en matrices vegetales, ya que debe ocurrir un sinergismo entre el metabolismo de BAL y los compuestos bioactivos de las frutas para la producción de bebidas con metabolitos bioactivos de mayor biodisponibilidad, por lo este proceso biotecnológico representa un desafío en el desarrollo y formulación de bebidas frutales fermentadas (Ruíz et al., 2020: pp.24-25).

Los frutos rojos tienen un alto valor nutricional y han sido consideradas frutos saludables, ya que contienen fuentes de vitaminas, minerales, fibra y una alta cantidad de compuestos bioactivos como los flavonoides y otros compuestos fenólicos. Su consumo ayuda a mantener una salud adecuada en los seres humanos al reducir el riesgo de enfermedades degenerativas mediante la reducción del estrés oxidativo y la inhibición de la oxidación macromolecular (Cosme et al., 2022: pp.16-17). Sin embargo, este grupo de frutos es muy perecedero, lo que se caracteriza por tener una vida útil muy corta después de la cosecha debido a que contiene una alta actividad de agua, una alta tasa de respiración y ablandamiento, y susceptibilidad a daños mecánicos y descomposición (Horvitz, 2017, p.107). Esto provoca grandes pérdidas económicas, pero la fermentación es una alternativa para elaborar bebidas o jugos con potencial probiótico que alargue la vida útil de dichas frutas.

1.2 Planteamiento del problema

A nivel mundial, las industrias procesadoras de jugos y bebidas se dedican a la elaboración de jugos, pero la mayoría de ellos son poco saludables y tienen un alto contenido de azúcares, sin considerar el aporte nutricional que pueden brindar al consumidor. Por esta razón, surge la necesidad de seguir generando alimentos funcionales alternativos, como en este caso el desarrollo de jugos probióticos bajos en calorías que sean ideales para las personas intolerantes a la lactosa, sin la necesidad de utilizar una fuente de lactosa como la leche u otros subproductos lácteos, también para consumidores con hábitos veganos, vegetarianos o aquellas personas que prefieran alternativas a los alimentos lácteos. Esto permitiría generar nuevos emprendimientos en la producción de jugos probióticos y que se convierta en una tendencia en el mercado. Además, se busca impulsar la realización de más investigaciones sobre el uso de bacterias probióticas en otros tipos de productos que no sean lácteos, con el fin de fortalecer los conocimientos en el ámbito de las bebidas y alimentos funcionales.

1.3 Justificación

En la presente investigación se plantea la elaboración de jugos probióticos a base de frutos rojos, que contribuyan a mejorar el estado de salud de los consumidores. Se implantará en los jugos la

bacteria “*Lactobacillus acidophilus*”, la cual es una cepa probiótica que proporcionará propiedades beneficiosas al huésped al interactuar con las células del sistema inmunológico, aumentando así la integridad intestinal. Además, se utilizará el edulcorante xilitol para endulzar la bebida, que, a diferencia del azúcar, no es perjudicial para la salud bucal, no afecta los niveles de insulina en el cuerpo, aporta la mitad de las calorías y tiene el mismo poder edulcorante que el azúcar, por lo que la OMS lo considera una sustancia segura. De esta manera, se busca mejorar la disponibilidad de jugos más saludables en el mercado como una nueva alternativa frente a otras bebidas tradicionales tales como gaseosas, refrescos, jugos, entre otros, con el objetivo de generar un cambio en los hábitos de consumo y fomentar una alimentación más sana y saludable. Esto se debe a que, en la actualidad, según la OPS/OMS (2014, p.1), existe una variedad de alimentos procesados que solo sacian el hambre, pero son nutricionalmente desequilibrados, altos en grasas saturadas y/o “trans”, azúcares, sal y escasos en fibra dietética y compuestos bioactivos. Además, pueden contener sustancias que a la larga pueden ser nocivas para la salud del consumidor.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Elaborar jugos probióticos a base de frutos rojos utilizando *Lactobacillus acidophilus* y edulcorados con xilitol.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Evaluar tres frutos rojos (fresa, mora, cereza) en la producción de jugos probióticos con *Lactobacillus acidophilus*.
- Analizar las características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de los jugos probióticos de frutos rojos.
- Calcular los costos de producción para estimar la rentabilidad de los productos elaborados a través del indicador beneficio/costo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Al revisar diferentes investigaciones como fundamento para el nuevo estudio, se encontró las siguientes publicaciones acerca de la elaboración de jugos probióticos utilizando bacterias ácido lácticas.

Perricone y sus colaboradores (2015: pp.95-96) llevaron a cabo una profunda revisión sobre la viabilidad de producir jugos probióticos de frutas, en la cual se abordaron temas como la inoculación de probióticos en los jugos, con un enfoque especial en las posibilidades y desafíos para el futuro. Los autores determinaron que los jugos podrían ser un medio adecuado para los probióticos, ofreciendo una apariencia de alimentos frescos y saludables diseñados para un amplio espectro de consumidores.

Patel (2017, p.1850) realizó una investigación acerca de los jugos probióticos a partir de frutas y vegetales, examinando los diversos factores que influyen en la supervivencia de los probióticos durante el almacenamiento en distintos jugos de frutas y verduras. Llegó a la conclusión de que los jugos de frutas pueden ser un vehículo adecuado para los probióticos, ya que las frutas contienen macro y micro nutrientes. Sin embargo, todavía se enfrentan retos en cuanto a la supervivencia de los probióticos en matrices vegetales y sus efectos en los atributos sensoriales de este tipo de alimentos.

Worku y sus colaboradores (2013: p.935) elaboraron jugos de frutas utilizando *Lactobacillus acidophilus* a través del atrapamiento de la bacteria con alginato de calcio para aumentar la eficiencia de fermentación. Su objetivo era determinar la actividad antagónica y vida útil del jugo probiótico, y concluyeron que los jugos probióticos pueden tener una actividad antagónica contra patógenos debido a los metabolitos secretados por las bacterias ácido lácticas. Aunque el método de encapsulación aumenta la supervivencia de los probióticos en los jugos de fruta, es necesario analizar más a fondo el efecto de los probióticos en las características sensoriales de los jugos y la percepción de los consumidores. Los resultados obtenidos en el estudio pueden ser útiles para desarrollar un jugo probiótico con mayores beneficios para la salud, siendo ideal para las personas vegetarianas o que son alérgicas a los productos lácteos.

Serna (2012, pp.111-112) realizó un estudio en el que evaluó el potencial probiótico de algunas cepas de bacterias lácticas aisladas de alimentos en la elaboración de jugos de frutas. Los resultados demostraron que las cepas nativas aisladas tienen un gran potencial en el desarrollo de nuevos probióticos, ya que son capaces de adaptarse y resistir eficazmente a las condiciones simuladas del tracto gastrointestinal. Cabe señalar que la adición de las bacterias lácticas generó cambios significativos en los factores fisicoquímicos de los jugos después de 30 días de almacenamiento, en donde se observó un aumento en el porcentaje de acidez, y una disminución tanto en el valor de pH y en los grados Brix. Sin embargo, estos cambios no afectaron a las características organolépticas de los jugos, siendo aceptados por los consumidores.

Horáčková y sus colaboradores (2018: p.4) llevaron a cabo un estudio sobre la estabilidad de las células de la cepa comercial *Bifidobacterium animalis subsp. lactis BB* en jugo de piña, fresa y manzana durante un período de 28 días de almacenamiento. Los resultados demostraron que el jugo de fresa y manzana no era adecuado como vehículo probiótico, lo que confirma que la selección del tipo de jugo es un factor clave en la estabilidad de los probióticos agregados. En cambio, el jugo de piña demostró adecuado para la viabilidad de las células *B. animalis subsp. Lactis BB*. Además, la encapsulación mediante emulsión permitió aumentar la estabilidad de las células después de 28 días de almacenamiento y fue importante para mantener las propiedades del jugo.

Panda y sus colaboradores (2014: p.286) evaluaron la idoneidad de varios jugos de frutas como materia prima para la producción de jugos probióticos con dos cepas de bacterias ácido lácticas (*Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus ramosus*). Se observó que las bacterias ácido lácticas en los jugos de frutas fermentados permanecieron constantes durante cuatro semanas. También se descubrió que ambas cepas producían sideróforos en un rango del 50% y el 90 % de unidades sideróforas. Por lo tanto, los jugos de frutas demostraron ser un medio adecuado para la producción de bebidas probióticas, que podrían servir como una bebida saludable para personas vegetarianas, especialmente para diabéticos.

2.2 Referencias Teóricas

2.2.1 Alimentos funcionales

Son aquellos alimentos que han pasado por procesos especiales o que han sufrido modificaciones en su composición para generar propiedades saludables. Es decir, están diseñados para promover la salud del cuerpo y mantenerlo en buen estado. Actualmente, están en tendencia en los países desarrollados, y se espera que en los próximos años se vuelva una herramienta importante en la medicina preventiva. Dichos alimentos se pueden clasificar como probióticos, prebióticos, nutracéuticos, farmaalimentos, entre otros (Morcillo et al., 2013: p.56).

2.2.2 Probióticos

Según Morcillo et al. (2013: p.54), los probióticos son microorganismos vivos que se agregan a los suplementos alimenticios, y al ser consumidos en determinadas cantidades, contribuyen al mantenimiento del equilibrio del microbioma del intestino, lo que resulta beneficiosa para la salud. Por lo tanto, es un alimento funcional que tiene gran aceptación en Europa y Asia, y actualmente está comenzando a ganar popularidad en otras partes del mundo (Rondon et al., 2015: pp.124-125).

Las principales especies de probióticos que se integran en alimentos son bacterias capaces de producir ácido láctico y pertenecen principalmente a dos géneros: *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*, que son gérmenes anaerobios estrictos. También se emplean microorganismos no bacterianos, como *Saccharomyces boulardii* (levadura no patógena), y bacterias no patógenas como *Streptococcus thermophilus* y *Escherichia coli* (Rondon et al., 2015: p.125).

2.2.3 Jugos probióticos a base de frutas

Los jugos probióticos de frutas son bebidas fermentadas por las bacterias ácido lácticas, que representan una alternativa prometedora para conservar las frutas y sus jugos, alterando mínimamente sus propiedades. Es así como surge la fermentación láctica como alternativa de biopreservación que se utiliza para aumentar la vida útil de los alimentos perecederos. De modo que los jugos probióticos están ganando popularidad debido al incremento de bebidas no lácteas de alto valor funcional, siendo una alternativa en el vegetarianismo, veganismo y para personas con intolerancia a la lactosa (Ruíz et al., 2020: pp.287-288).

2.2.3.1 *Beneficios*

Las bebidas a base de frutas fermentadas con BAL presentan diferentes beneficios:

- Mejora la nutrición humana al aportar una ingesta equilibrada de vitaminas, minerales y carbohidratos (Ruíz et al., 2020: p.278).
- Ayuda a prevenir algunas enfermedades gracias a las propiedades probióticas de los cultivos (Ruíz et al., 2020: p.278).
- Algunos jugos fermentados contienen pigmentos como flavonoides, licopeno, antocianinas, β -carotenos y glucosinolatos, que actúan como antioxidantes en el cuerpo ayudando así a eliminar los radicales libres dañinos asociados a enfermedades degenerativas, como el cáncer, la artritis y el envejecimiento (Ruíz et al., 2020: p.278).

2.2.4 *Fermentación*

Durante miles de años, la fermentación ha sido una técnica importante para conservar los alimentos, y también para crear nuevos sabores y olores más agradables. El crecimiento microbiano, tanto natural como artificial, produce cambios químicos y de textura que permiten que los productos alimenticios se almacenen durante períodos más prolongados. De forma más específica, la fermentación es un método de conservación biológica que implica la inclusión o eliminación de ciertos componentes, o someterlos a tratamientos específicos para que tengan efectos saludables (Morcillo et al., 2013: pp.65-66). Además, es importante señalar los microorganismos causantes de putrefacción y enfermedad no pueden multiplicarse en un medio ácido, lo que da lugar a un producto duradero, aceptable y nutritivo (Renneberg, 2020, p.16).

2.2.4.1 *Fermentación láctica*

Es un proceso metabólico anaerobio, en el cual los microorganismos utilizan la glucosa para generar energía y como residuo principal es el ácido láctico. Aunque también se puede emplear otros azúcares (lactosa, sacarosa) como sustrato para este tipo de fermentación. La efectividad de la fermentación láctica se debe a la formación de metabolitos como ácidos orgánicos, etanol, dióxido de carbono y bacteriocinas, en combinación con un descenso en la actividad de agua (Benavides, 2019, p.5). Este proceso aparte de conservar los alimentos, mejora la calidad organoléptica (aroma, sabor y textura), mejora la calidad nutricional y puede tener efectos positivos en la salud debido a la presencia de microorganismos probióticos, vitaminas y minerales (Caplice, 1999; Bourdichon et al., 2012; Hugenholtz, 2013 citados en Benavides, 2019, p.5).

2.2.5 *Cultivos iniciadores*

Los cultivos iniciadores son microorganismos utilizados en los procesos de fermentación de alimentos y bebidas para aprovechar los productos derivados de su metabolismo o actividad enzimática. El uso de cultivos iniciadores permite asegurar la consistencia, fiabilidad, control y reproductibilidad en el proceso de producción, lo que da como resultado productos finales estandarizados, seguros y de calidad constante. Entre los cultivos más utilizados están cepas tales como *Lb. plantarum*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. gasseri* y *Lb. acidophilus* (Di Cagno et al., 2013; Swain et al., 2014; Buckenhüskes, 1993; citados en Ruíz et al., 2020: p.279).

Uno de los principales requisitos de los cultivos iniciadores es que deben adaptarse al ambiente estresante que suelen presentar las matrices vegetales. Para lograr esto, se requiere que sean capaces de fermentar carbohidratos, resistir un ambiente altamente ácido, tener un efecto tamponante, aprovechar nutrientes no digeribles como la fibra, inulina y fructooligosacáridos, y tolerar factores antinutrientes y compuestos inhibidores como los fenoles y taninos. Por ende, se debe considerar que los factores ambientales son determinantes para el crecimiento de los BAL y, por lo tanto, tienen un impacto significativo en la producción de alimentos de calidad uniforme (Ruíz et al., 2020: pp.279-278). Es importante resaltar que no todos los cultivos iniciadores son considerados probióticos, pero algunos de ellos pueden tener efectos beneficiosos para la salud.

2.2.6 *Cepas probióticas*

Una cepa probiótica se caracteriza por tener un efecto beneficioso en la salud del consumidor. Existe una nomenclatura aceptada por la comunidad científica la cual consiste en identificarlas mediante su género, especie y una designación alfanumérica, como por ejemplo *Lactobacillus casei* DN-114 001 o *Lactobacillus rhamnosus* GG. Sin embargo, los nombres comerciales de los productos probióticos no están regulados, lo que significa que las compañías pueden elegir el nombre que deseen, por ejemplo, *LGG* (Rondon et al., 2015: p.125).

2.2.6.1 *Requisitos de las cepas probióticas*

Rondon y colaboradores (2015: p.125) mencionan que para que un microorganismo pueda ser considerado y utilizado como probiótico, debe tener una serie de características de seguridad, funcionalidad y tecnología tales como:

Tabla 1-2: Requerimientos que debe cumplir una cepa probiótica

Requerimientos	Características
Aspectos de seguridad	<ul style="list-style-type: none"> - Es preferible que sea de origen humano y aislado de personas sanas. - No debe ser patógeno o tóxico - No debe portar genes de resistencia a antibióticos.
Términos funcionales	<ul style="list-style-type: none"> - Debe ser capaz de sobrevivir a las condiciones del ambiente gastrointestinal. - Capacidad de adherirse a las superficies epiteliales - Persistir en el tracto gastrointestinal. - Capacidad de estimular el sistema inmunológico, sin provocar efectos proinflamatorios. - Actividad antagonista contra patógenos. - Propiedades antimutagénicas y anticarcinogénicas.
Aspectos tecnológicos	<ul style="list-style-type: none"> - El probiótico debe contener un número adecuado de cepas viables que hayan demostrado tener efectos beneficiosos. - Debe tener resistencia a los fagos. - Viabilidad durante el procesamiento. - Estabilidad en el producto final y durante su almacenamiento. - Se requiere evidencia científica de su eficacia mediante estudios en seres humanos. - Las cepas deben ser almacenadas con sustancias de vehículo o relleno que no comprometan su viabilidad.

Fuente: (Rondon et al., 2015: p.125).

2.2.7 Bacterias ácido lácticas

Las bacterias ácido lácticas (BAL) son microorganismos Gram positivos, no patógenos ni toxigénicos, que tienen una forma cocoide o bacilar. Son microaerófilos o anaerobios facultativos y no esporulados (Carr et al., 2002; Vázquez et al., 2009 citados en Ramírez et al., 2011: p.1). En su metabolismo, utilizan azúcares no complejos y producen ácido láctico a través de procesos de fermentación. Estas bacterias tienen características probióticas y se encuentran en ambientes ricos en nutrientes, con presencia de carbohidratos solubles, productos de la degradación de proteínas y vitaminas; como por ejemplo en productos lácteos, cárnicos, vegetales fermentados, frutas y hortalizas frescas, y pescado. Algunos géneros de estas bacterias son *Aerococcus*, *Alloiococcus*, *Carnobacterium*, *Dolosigranulum*, *Enterococos*, *Globicatella*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Lactosphaera*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Tetragenococcus*, *Vagococcus* y *Weissella* (Serna, 2012, p.20).

2.2.7.1 Metabolitos producidos por las BAL

Según Parra (2010, pp.97-100), las bacterias ácido lácticas pueden producir una serie de metabolitos secundarios durante la fermentación. A continuación, se mencionan los más principales:

- *Ácido propiónico*: Las bacterias encargadas de la producción de este compuesto son las bacterias heterofermentativas, las cuales transforman el ácido láctico en ácido propiónico y acético con desprendimiento de CO₂ el cual forma los ojos en los quesos.
- *Fermentación de ácido cítrico*: Es realizado por bacterias heterofermentativas, en donde se transforma el ácido cítrico en productos aromatizantes como la acetoína y el diacetilo, los cuales imparten aroma y sabor a los productos lácteos. También se produce acetaldehídos y diacetilo. Dichos compuestos tienen un efecto antimicrobiano.
- *Ácido láctico*: Es un compuesto orgánico que tiene una actividad antimicrobiana y es clasificado como GRAS (generalmente reconocido como seguro), siendo uno de los productos más importantes producidos por las BAL.
- *Peróxido de hidrógeno*: Es producido por el grupo *Lactococcus* a través de la acción de NADH oxidasa, la cual cataliza la oxidación de NADH por oxígeno molecular. El sistema lactoperoxidasa, es un sistema antimicrobiano natural, ya que inhibe patógenos como *Pseudomona* y *Staphylococcus aureus spp* en leche y productos lácteos procesados.
- *Bacteriocinas*: Estas bacterias producen una serie de proteínas de pequeño tamaño, las cuales tienen propiedades antibióticas, siendo la nisina la más reconocida y aprobada como aditivo alimentario. Sin embargo, si las bacteriocinas se añaden desde fuera del alimento pierden su efectividad, por esta razón, actualmente se buscan clonar genes de diferentes bacteriocinas para integrarlos en el genoma de distintas especies y cepas de interés industrial (Morcillo et al., 2013: p.66). Algunas bacteriocinas pueden inhibir el crecimiento de Gram-positivas patogénicas y bacterias dañinas como también levaduras y especies Gram-negativas.
- *Exopolisacáridos (EPS)*: Son polisacáridos, que están unidos principalmente de unidades de azúcares como glucosa, galactosa y ramnosa en varias proporciones. Las BAL aparte de convertir una gran proporción de su fuente de carbono y azúcares fermentables a ácido láctico, están pueden desviar una pequeña proporción de azúcares fermentables hacia la biosíntesis de EPS.
- *Sustancias antimicrobianas*: Las BAL producen una serie de sustancias orgánicas como por ejemplo ácidos orgánicos, diacetilo, acetoína, peróxido de hidrógeno, reutina, reuterociclina, péptidos antifúngicos y bacteriocinas. Los cuales han sido utilizados como biopreservadoras evitando la proliferación de patógenos como *Listeria monocytogenes*, *Clostridium* y *Staphylococcus aerus*.

2.2.7.2 Funciones de las BAL

Las bacterias ácido lácticas (BAL) tienen diferentes funciones en la tecnología de productos alimenticios:

- Entre la principal función está la producción de ácidos orgánicos, principalmente de ácido láctico, a una velocidad óptima para garantizar una fermentación efectiva y constante. El ácido láctico genera un sabor ácido fresco mejorando la textura y consistencia, e inhibe parcialmente el crecimiento de flora contaminante y patógena (Parra, 2010, p.1).
- Los compuestos orgánicos producidos por el metabolismo bacteriano van a reducir el pH del medio, inhibiendo el crecimiento de bacterias sensibles a la acidez y además pueden desestabilizar la membrana de ciertas bacterias Gram negativas, provocando que las células se vuelvan más permeables y pierdan su capacidad de regular sustancias que entran y salen de la célula, lo que puede provocar su muerte o incapacidad para replicarse y crecer (Wongemuth et al., 2010; citados en Serna, 2012, p.87).
- Contribuyen a asegurar la calidad y uniformidad del producto final, así como también a mejorar el valor nutricional de ciertos productos alimenticios, gracias a la producción de exopolisacáridos (EPS) y modificación de proteínas (Parra, 2010, p.1).
- Las BAL generan un sabor y aroma agradable en los alimentos gracias a la producción de pequeñas cantidades de acetaldehído y diacetilo durante la fermentación de citratos (Parra, 2010, p.1).
- Producen bacteriocinas, las cuales realizan una exclusión competitiva y disminuyen el pH. Esto las involucra en procesos de antagonismo que inhiben a los organismos patógenos (Wongemuth et al., 2010; citados en Serna, 2012, p.87).
- Tienen otras funciones como gelificar la leche, disminuir el contenido de lactosa, generar gas necesario para la formación de “ojos” en los quesos, y llevar a cabo la proteólisis necesaria para la maduración de los quesos. Además, se han utilizado ampliamente como probióticos (Parra, 2010, p.1).
- También se genera otras sustancias orgánicas como acetona, butanol, etanol, ácido acético, glicerol, entre otros. Dichas reacciones ocurren en ambientes donde el sustrato es abundante, obteniéndose una pequeña cantidad de energía (Muñoz, 2012, p.109).

2.2.8 *Lactobacillus acidophilus*

El *Lactobacillus acidophilus* es una bacteria ácido láctica, y el término “acidophilus” indica que la bacteria tiene una afinidad por los ácidos, siendo capaz de crecer en medios ácidos con un pH de 4-5 o pH menores (Prado, 2010, pp.19-20). Morfológicamente es un bacilo gran positivo corto que mide de 2-10 μm , y su temperatura de crecimiento óptima es de 37 y 42 °C, pero es capaz de crecer hasta los 45 °C (Altermann et al., 2005 citados en Bull et al., 2013: p.81). Se caracteriza por ser homofermentador obligado, que al fermentar carbohidratos produce principalmente ácido láctico, agua y antibióticos (Altermann & Fridovich, 1981; Claesson et al., 2007 citados en Bull et al., 2013: p.81).

2.2.8.1 Clasificación taxonómica

El *Lactobacillus acidophilus* es una bacteria que pertenece al género *Lactobacillus*, a continuación, se presenta su clasificación taxonómica (National Center for Biotechnology Information, 2015, p.1):

- Reino: *Bacteria*
- Filo: *Firmicutes*
- Clase: *Bacilli*
- Orden: *Lactobacillales*
- Familia: *Lactobacillaceae*
- Género: *Lactobacillus*
- Especie *Lactobacillus acidophilus*

2.2.8.2 Origen

Fue aislado por primera vez a partir de heces infantiles en el año de 1900 y ahí fue designado como *Bacillus acidophilus* (Bull et al., 2013: p.80). El *L. acidophilus* se encuentra de forma natural en algunos alimentos y es una de las bacterias más abundantes en la flora intestinal de los seres humanos y animales, por lo que se considera un probiótico. Además, se encuentra en la boca y la vagina de los humanos (Ahmé et al., 1998; Kulp & Rettger, 1924; Rogosa & Sharpe, 1960 citados en Bull et al., 2013: p.76).

2.2.8.3 Usos y propiedades de *L. acidophilus*

- Es comúnmente utilizada en la producción de alimentos funcionales como en el desarrollo de algunas bebidas probióticas ya que cuando se encuentran en suficiente proporción son considerados como probióticos (Worku et al., 2013: p.45).
- Al utilizar el *L. acidophilus* como suplemento en jugos de frutas se han obtenido muy buenos resultados sin que sea necesario el uso de una fuente láctea, por su tolerancia a un pH bajo y su capacidad de utilizar eficientemente otras fuentes de carbono (proteínas, monosacáridos) para su crecimiento que no sean la lactosa (Worku et al., 2013: p.45).
- Este tipo de bacterias pueden equilibrar positivamente la microflora intestinal ya que se adhiere al epitelio humano de forma beneficiosa (Calvo y Adelantado, 2009: p.13), inhibiendo el crecimiento de bacterias perjudiciales y fortaleciendo el sistema inmunológico, tal como menciona Changwu (2022, p.1).

- Puede impedir la producción de biofilms de *Candida albicans* (levadura) en el tracto digestivo mediante la regulación inmunológica mediada por citoquinas, lo que reduce su capacidad filamentosa y evita su adherencia (James et al., 2017, pp:235-236).
- Ayudan a reducir el colesterol sérico del huésped, e incluso se dice que si se consume en combinación con otro tipo de especie (*Bifidobacterium*) pueden ofrecer mejores beneficios como por ejemplo reducir la inflamación en personas adultas que padecen trastornos intestinales funcionales y prevenir los síntomas de resfriado y la gripe en niños (Ringel et al., 2011; Leyer et al., 2009 citados en Bull et al., 2013: p.82).
- En definitiva, el *L. acidophilus* tiene la capacidad de metabolizar la lactosa y otros azúcares, es tolerante a la bilis, se adhiere a los enterocitos humanos, son considerados como seguros (GRAS) y producen compuestos antimicrobianos (Bull et al., 2013: p.78).

2.2.9 Frutos rojos

Son frutas tropicales que botánicamente son clasificadas como *Pandanus conoideus* y pertenecen a la familia *Pandanaceae*. Existe más de treinta variedades de frutos rojos que varían en tamaño, apariencia y color (Sesmi y Pérez, 2018: p.1). Son ricos en nutrientes por su excelente fuente de vitamina C y E, fibra, ácido fólico y minerales (Specialty Produce, 2015, p.1). Además, contienen betacarotenos, que convertidos en vitamina A, ayuda a disminuir la inflamación y protege contra la pérdida de vista (Cosme et al., 2022: pp.2-3).

2.2.9.1 Fresa (*Fragaria spp.*)

Son un tipo de fruta que pertenecen al género *Fragaria* y a la familia de las *Rosáceas*. Son originarias de regiones templadas del hemisferio norte, pero actualmente se pueden encontrar en todo el mundo, existiendo así más de 1.000 variedades debido a su gran capacidad de hibridación (Enciclopedia Británica, 2023, p.1).

En función del tipo de cultivo, ubicación y variedad, los frutos pueden tener diferentes formas, como cónico-alargadas, cónico-redondeadas, esferoidales, achatadas o reniformes (Acuña y Fischer, 2020: p.24). La fresa atraviesa diferentes estados de madurez, acumulando azúcares y ácidos orgánicos, especialmente ácido cítrico y málico (Basson et al., 2010: p.1158).

2.2.9.1.1 Composición nutricional

El valor nutritivo de la fresa puede variar según la especie. De manera general, cada 100 gramos de fresa comestible contienen lo siguiente:

Tabla 2-2: Composición nutricional de la fresa (100 g)

Compuesto	Unidad	Cantidad promedio
Energía	kcal	36
Agua	g	90,8
Proteínas	g	0,64
Grasas	g	0,22
Hidratos de carbono	g	7,96
Azúcares	g	4,86
Fibra	g	2,2
Calcio	mg	17
Hierro	mg	0,26
Fósforo	mg	23
Magnesio	mg	12,5
Sodio	mg	<2
Potasio	mg	161
Zinc	mg	0,11
Cobre	mg	0,035
Manganeso	mg	0,368
Vitamina C	mg	59,6
Biotina	µg	<3,7

Fuente: (USDA, 2022, p.1).

Los componentes de azúcares saludables de la fresa son principalmente glucosa y fructosa, los cuales representan aproximadamente el 80% (Ajila 2015, p.1).

2.2.9.1.2 *Propiedades*

- Las fresas al contener un alto porcentaje de agua y un bajo contenido de sólidos solubles totales, aportan un bajo contenido calórico siendo de fácil digestión por lo que puede actuar como un laxante natural (Kessel, 2012: pp.34-35).
- Su aporte de fibra y fructosa puede contribuir a la regulación de los niveles de azúcar en la sangre al enlentecer la digestión, además por el contenido de fibra contribuye a controlar la ingesta de calorías por su efecto saciante (Giampieri et al., 2013: p.9).
- Es una excelente fuente de vitamina C (Moreiras et al., 2013; citados Arroyo et al., 2018), y una porción estándar de esta fruta es capaz de cubrir el 95% de las necesidades dietéticas recomendadas (Ajila 2015, p. 1). Además, es una de las fuentes más ricas de folato, la cual junto con la vitamina C juega un papel importante en la nutrición humana (Giampieri et al., 2013: p.9).
- Los compuestos presentes tales como el ácido salicílico, ácido elágico, compuestos fenólicos y minerales (K, P, Ca, Na y Fe) ayudan a reducir el riesgo de enfermedades

cardiovasculares y a prevenir la inflamación, además mejora la función del endotelio vascular y disminuye la trombosis (Pinto, 2008 y Ozcan 2007 citados en Kessel, 2012: pp.34-35). También existen estudios que gracias a la suplementación de las fresas puede prevenir la diabetes tipo 2, la obesidad y la neurodegeneración (Giampieri et al., 2013: p.14).

- Las fresas contienen diferentes compuestos no nutritivos, como fitoquímicos polifenólicos (flavonoides, ácidos fenólicos, lignanos y taninos), presentando propiedades antioxidantes, antialérgicas y antihipertensivas. Además, cada vez existe más evidencia que la fresas posee propiedades anticancerígenas bloqueando a la iniciación de carcinogénesis y beneficios para el envejecimiento cerebral (Pinto, 2008 y Ozcan 2007 citados en Kessel, 2012, pp.33-34).

- Las fresas tienen una mayor capacidad antioxidante comparado con las manzanas, melocotones, peras uvas, tomates, naranjas o kiwis (Giampieri et al., 2013: p.11). Por lo tanto, al contener niveles significativos de ácido elálgico, puede reducir significativamente el estrés oxidativo producido por la dieta, disminuyendo así la formación de malondialdehído y protegiendo a las células sanguíneas mononucleares del daño en el ADN (Giampieri et al., 2013: p.14).

2.2.9.2 *Mora de Castilla (Rubus glaucus Benth)*

La mora es una fruta perteneciente a la familia *Rosaceae*, está rodeado de hojas con un patrón imparipinnado (3-5 folíolos) (Vinasco et al., 2010: p.235). Es de origen andino, nativa de los climas fríos y moderados de los Andes en Ecuador y Colombia. Esta especie se ha extendido hasta Guatemala, Panamá, y México (Sánchez et al., 2018, pp: 209-210).

A nivel mundial, existe alrededor de 700 a 750 especies dentro de la familia *Rosaceae* distribuida en 12 géneros, siendo *Rubus* el género con mayor número de especies (Ayala, 2013; citado en Moreno y Oyola 2016, p.131). En el territorio nacional, se han reportado más de 20 especies pertenecientes al género *Rubus*, donde se incluye la mora de castilla (Martínez et al., 2013: p.2)

La tonalidad de la mora varía durante su proceso de maduración, exhibiendo una pigmentación verdosa durante su juventud y evolucionando hacia tonos rojizos y negros vibrantes a medida que alcanza su plena madurez. En general, se consume cuando están maduras, y se caracterizan por tener un sabor agradablemente dulce con un toque ligero de acidez (INEN, 2016, p.5).

2.2.9.2.1 Composición nutricional

Cada 100 gramos comestible de mora contiene:

Tabla 3-2: Composición nutricional de la mora (100 g)

Compuesto	Unidad	Cantidad promedio
Energía	kcal	39
Agua	g	87,2
Proteínas	g	0,9
Grasas	g	0,2
Hidratos de carbono	g	5,1
Azúcares	g	5,1
Fibra	g	6,6
Calcio	mg	41
Hierro	mg	0,7
Yodo	mg	0
Magnesio	mg	23
Zinc	mg	0,2
Sodio	mg	2
Potasio	mg	160
Fósforo	mg	31
Tiamina	mg	0,02
Riboflavina	mg	0,05
Eq. de niacina	mg	0,6
Vitamina B6	mg	0,05
Folato	µg	34
Vitamina C	mg	15
Vitamina A	µg	13
Vitamina E	µg	0,2

Fuente: (Arroyo et al., 2018, p.37).

2.2.9.2.2 Propiedades

La mora es una fruta de bajo valor calórico debido a su bajo aporte de hidratos de carbono, lo que la convierte en un alimento saludables que contribuye al metabolismo. A continuación, se presentan más a detalle sus propiedades:

- Son ricas en vitaminas, principalmente en vitamina C, por ende, su consumo ayuda al cuerpo a combatir los radicales libres que son compuestos tóxicos producidos naturalmente en el cuerpo humano durante la conversión de los alimentos en energía (Xu, 2022, p. 2).
- La vitamina E salvaguarda y protege de los daños causados por los radicales libres protegiendo así a las células del cuerpo humano, estimula el sistema inmunológico, también

gracias a la evidencia científica se sostiene que las propiedades antioxidantes de la vitamina soluble en grasa podrían permitirle nutrir la grasa de la piel, reducir las arrugas y retrasar el envejecimiento de la piel (Xu, 2022, p.1).

- La vitamina K ayuda a la coagulación de la sangre y es fundamental para la salud, ya que su deficiencia puede aumentar el riesgo de osteoporosis una condición médica en la que la pérdida de densidad ósea provoca que los huesos se debiliten y sean más susceptibles a las fracturas (Xu, 2022, p.2).

- Estudios realizados en laboratorios y modelos de animales han demostrado que los compuestos fenólicos podrían prevenir enfermedades crónicas e inflamatorias, reducir las posibilidades de trastornos cognitivos relacionados con la edad; así como varios tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares, inflamación o envejecimiento (Xu 2022, p. 1).

- Presentan porcentajes elevados de antocianinas responsables de su color, y también de carotenoides. Las antocianinas ayudan a regular la presión arterial, reducen la inflamación corporal, protegen la salud del cerebro y mejoran la función cognitiva (Igwe et al., 2019 citados en Xu, 2022, p.1). Existen estudios que han demostrado que podrían ayudar aliviar la diabetes y proporcionar efectos anticancerígenos y antioxidantes (Khoo et al., 2017 citados en Xu, 2022, p.1).

- Tiene un gran contenido en fibra dietética (Martínez et al., 2013: pp.1-2). Conteniendo así fibras solubles e insolubles, la fibra insoluble ayuda a prevenir el estreñimiento y permite que los alimentos pasen más rápidamente por el intestino, mientras que las fibras solubles fermentadas pueden unirse con el colesterol dentro del intestino grueso y eliminarlo del cuerpo evitando que entre en el torrente sanguíneo. Estas fibras forman un gel en el estómago lo que prolonga la sensación de saciedad y ayuda a la pérdida de peso. La ingesta de fibra ayuda a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares y enfermedades coronarias (Xu, 2022, p.2).

2.2.9.3 Cereza (*Prunus spp.*)

Las cerezas son frutas con hueso que pertenecen a la familia *Rosaceae* y al género *Prunus*. Existen más de cien especies clasificadas en dos grupos (corimbo o racemosa) según el tipo de inflorescencia que presentan. Estos frutos presentan forma ovoide o esférica, y su tamaño varía según la variedad o especie que generalmente es de 2 centímetros de diámetro. Esta fruta posee una amplia gama de colores como tonos rojos oscuros e intensos, amarillos, oscuro púrpura y verde (Ferretti et al., 2010: p.6994).

2.2.9.3.1 Composición nutricional

Cada 100 gramos comestible de cereza contiene:

Tabla 4-2: Composición nutricional de la cereza (100 g)

Compuesto	Unidad	Cantidad promedio
Energía	kcal	71
Agua	g	82,2
Proteínas	g	1,04
Grasas	g	0,19
Hidratos de carbono	g	16,2
Azúcares	g	13,9
Fibra	g	1,6
Calcio	mg	12
Hierro	mg	0,11
Magnesio	mg	12,1
Fósforo	mg	23
Potasio	mg	230
Sodio	mg	<2,5
Zinc	mg	0,06
Cobre	mg	31
Manganeso	mg	0,07
Molibdeno	µg	1
Vitamina C	mg	10.4
Vitamina B6	mg	0,049

Fuente: (USDA, 2022, p.1)

Cabe recalcar que la composición y concentración de macronutrientes, micronutrientes y fitonutrientes en las cerezas no solo depende de la genética, sino también de los factores ambientales y las técnicas de cultivo (Ferretti et al., 2010: p.7001).

Mediante el uso de la tecnología moderna se podría aumentar indirectamente el valor nutricional de las frutas, ya que se las protegería del agrietamiento y se retrasaría el proceso de ablandamiento, por lo tanto, frutas se pueden cosechar en una etapa más madura con un mayor contenido de fitocompuestos (Ferretti et al., 2010: p.7001).

2.2.9.3.2 Propiedades

A continuación, se presenta una lista de las propiedades más importantes de la cereza y que son benéficas para la salud humana:

- Contienen pocas calorías ya que el 80% de su contenido es agua, tienen un bajo contenido de sodio y contienen azúcares simples (glucosa, fructosa) y análogos (sorbitol), así como ácidos orgánicos como los ácido málico y succínico (Szpadzik et al., 2022: p.2). Por otro lado, al proporcionar una cantidad significativa de fibra, contribuye a una mejor digestión y un tránsito intestinal saludable (Summer Fruit, 2022, p.1).
- Las cerezas tienen efectos nutraceuticos debido a su alto contenido de compuestos bioactivos como polifenoles (antocianinas, flavonoles, quercetina, hidroxycinamato y procianidinas), carotenoides, triptófano, melatonina y serotonina. Además, son ricas en vitaminas C, B, A, E y K, así como en minerales como Ca, Mg, P y K (Szpadzik et al., 2022: p.2).
- En comparación con otras frutas, las guindas y las cerezas contienen cantidades más altas de fitocompuestos, en particular de fenoles que demuestran tener propiedades antiinflamatorias. No obstante, los niveles de estos compuestos tienen gran variabilidad de acuerdo con los diversos cultivares de cereza dulce y ácida (Ferretti et al., 2010: p.6994).
- *Antocianinas.* Son el grupo principal de compuestos presentes en las cerezas, responsables del color en la piel y la pulpa. Estos compuestos tienen la capacidad de reducir la producción de especies reactivas de oxígeno y disminuir el estrés oxidativo (Szpadzik et al., 2022: p.2). Asimismo, estudios realizados en humanos, animales y cultivos celulares indican que las antocianinas podrían disminuir los niveles de glucosa en la sangre al reducir la producción de glucagón. Sin embargo, se requieren más estudios para determinar si las cerezas pueden reducir el riesgo de diabetes (Kelley et al., 2018: p.14).
- *Flavonoles.* Los científicos han descubierto que las cerezas dulces también contienen flavonoles importantes, siendo la epicatequina y la quercetina-3-O-rutinoso los principales compuestos. Además, se han identificado ácidos hidroxicinámicos y derivados del ácido hidroxibenzoico (Szpadzik et al., 2022: p.2).
- *Melatonina.* Las cerezas ya sean dulces o ácidas contienen melatonina, la cual es un antioxidante que puede contribuir a regular el sistema inmunológico y a mejorar el equilibrio del sistema endocrino ayudando así a la regulación del sueño y a despertar renovado (Kelley et al., 2018: p.13).
- La evidencia de varios estudios indica que el consumo de cerezas disminuye los marcadores del estrés oxidativo, la inflamación, el dolor muscular inducido por el ejercicio y

pérdida de la fuerza, y también la presión arterial de forma aguda por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias (Kelley et al., 2018: p.13).

- En algunas investigaciones realizadas se mostraron los efectos beneficiosos de las cerezas sobre la artritis, los lípidos en sangre, las funciones cognitivas y en el estado de ánimo (Kelley et al., 2018: pp.16-17). Además, el consumo regular de esta fruta puede tener el potencial para reducir enfermedades cardiovasculares o crónicas en humanos (Ferretti et al., 2010: p.6994).

2.2.10 Xilitol

Es un edulcorante natural, conocido como azúcar de abedul. Es un tipo de alcohol de azúcar (poliol), que se puede encontrar en la corteza de abedul, ciertas plantas y frutas, aunque también puede ser producido a nivel industrial a partir del xilano (Juárez, 2020, p.1). Ha sido de gran interés industrial debido a sus propiedades físico-químicas, siendo utilizado desde hace décadas como un sustituto natural para endulzar alimentos y bebidas, y en otras aplicaciones como en la pasta de dientes y jarabes para la tos (Ur-Rehman et al. 2015, pp.12-23). En la Ilustración 1-2 se puede observar el xilitol obtenido junto con la corteza del árbol de abedul.



Ilustración 1-2: Xilitol extraído del Abedul

Fuente: (Force Ultra Nature, 2023, p.1)

2.2.10.1 Origen

El xilitol se descubrió en 1891 y ha sido utilizado como sustituto del azúcar desde los años 60 (Ledezma et al., 2017: p.1096). Se pueden encontrar en pequeñas cantidades en algunas frutas y vegetales de manera natural. La producción a gran escala se realiza generalmente a través de la hidrólisis de polisacáridos presentes en la madera, la mazorca de maíz, el bagazo de caña, el bagazo de agave, el eucalipto, la paja de arroz y la paja de trigo, a partir de los cuales se obtiene xilosa que posteriormente se convierte en xilitol (James, 2009, p.5).

2.2.10.2 Composición nutricional

El xilitol, por su aporte calórico y por su bajísimo índice glucémico se considera un notable sustituto de los azúcares convencionales. Cada 100 gramos comestible de xilitol contiene:

Tabla 5-2: Composición nutricional del xilitol (100 g)

Compuesto	Unidad	Cantidad promedio
Energía	kcal	240
Proteínas	g	0
Grasas	g	0
Fibra	g	0
Carbohidratos	g	99,8
Azúcares	g	0,2
Polioles	g	98,5
Sodio	mg	4

Fuente: (Force Ultra Nature, 2023, p.1)

2.2.10.3 Propiedades

El xilitol al ser un compuesto que se encuentra de manera natural ha ganado gran popularidad, de modo que presenta varias propiedades:

- Presenta propiedades anticaries por el hecho de no ser utilizado por los microorganismos de la flora bucal, lo que evita la formación de la flora bucal, lo que evita la formación de ácidos que atacan el esmalte dental, lo cual es muy importante para una buena salud bucal (Winkelhausen y Kuzmanova, 1998; citados en Villalba Cadavid et al., 2009). Por esta razón, se ha aprobado su uso como alternativa al azúcar en varios productos de higiene bucal para reducir el riesgo de caries dental.

- El xilitol puede ser una alternativa de edulcorante para personas con diabetes, ya que no eleva los niveles de glucosa en sangre. Tiene un valor calórico menor que la sacarosa ya que aporta 2.4 kcal/g, mientras que la sacarosa aporta con 4 kcal/g. A diferencia del azúcar, el xilitol se absorbe de forma más lenta y se metaboliza sin la necesidad de insulina (Chavarrías, 2021, p.1).

- El consumo de xilitol podría ayudar a prevenir las infecciones de oído, ya que las mismas bacterias que se encuentran en la boca también pueden estar presentes en el oído y provocar infecciones, como la otitis media aguda. El xilitol tiene la capacidad de reducir la cantidad de bacterias *Streptococcus pneumoniae* y *Haemophilus influenzae*, que pueden diseminarse desde la cavidad nasal hacia detrás de los tímpanos. De acuerdo con un estudio, los niños que padecen

infecciones recurrentes de oído experimentaron una reducción del 40% en la frecuencia de infecciones al masticar chicles de xilitol (Chavarrías, 2021, p.1).

- Ayuda a reducir la ingestión de calorías debido a que posee un contenido calórico menor en comparación con el azúcar convencional. El xilitol tiene alrededor de un 40% menos de calorías que la sacarosa. Aunque el xilitol contiene carbohidratos y calorías, el cuerpo no las digiere por esta razón puede ser una opción de edulcorante beneficiosa para aquellas personas que buscan reducir calorías y por ende favorecer la pérdida de peso. Por ejemplo, 100 gramos de xilitol contienen aproximadamente 236 calorías, mientras que la misma cantidad de azúcar tiene alrededor de 450 calorías (Chavarrías, 2021, p.1).

- Se ha encontrado cierta evidencia en estudios realizados en ratas que sugiere que el xilitol puede favorecer la producción de colágeno en la piel. Esto podría ayudar a retrasar la aparición de arrugas y mejorar la elasticidad cutánea, lo que contribuiría a ralentizar el envejecimiento de la piel. Aunque estos estudios se llevaron a cabo en ratas, se necesitarán más investigaciones para confirmar sus efectos en humanos, el xilitol se ha consolidado como un ingrediente popular en productos de cuidado personal debido a sus propiedades humectantes y antioxidantes (Chavarrías, 2021, p.1).

Por todos los beneficios y propiedades mencionados anteriormente, el Comité de la Unión Europea, el uso del xilitol es considerado seguro y adecuado para su empleo en alimentos especiales para regímenes particulares. Además, el Comité Mixto de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA), un ente consultor de la OMS/FAO, ha fijado una ingesta diaria aceptable (IDA) de “no especificado” para el xilitol. Esto corresponde con la categoría más segura que se puede otorgar a un aditivo alimentario (Chavarrías, 2021, p.1).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización y duración del experimento

La investigación se realizó en el Laboratorio de biotecnología y microbiología animal de la Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, ubicada en la Av. Panamericana Sur km 1 1/2 en la ciudad de Riobamba.

El tiempo de duración propuesto para el desarrollo del trabajo experimental fue de 10 semanas aproximadamente.

3.2 Unidades experimentales

En la elaboración de los jugos probióticos se empleó tres diferentes frutos rojos, para lo cual se utilizó un total de 45 L de jugo de frutas con la adición del cultivo probiótico, por lo tanto, el tamaño de cada unidad experimental fue de 3 L, de modo que se tuvo 15 unidades experimentales.

3.3 Materiales, equipos, reactivos e insumos

3.3.1 *Materiales*

- Equipo de bioseguridad personal (mandil, mascarilla, cofia, guantes)
- Cuchillos
- Tabla de cortar
- Recipientes de vidrio
- Recipientes de plástico
- Ollas
- Coladores
- Cucharas
- Baldes plásticos
- Vasos de precipitación
- Soporte universal
- Tubos de ensayo
- Papel secante
- Cajas Petri

- Asas
- Pipetas
- Mecheros
- Frascos termorresistentes
- Franelas para la limpieza
- Materiales de oficina

3.3.2 Equipos

- Refrigeradora
- Licuadora
- Mesa de trabajo
- Cocina
- Balanza digital
- Contador de placas
- Microscopio
- pH-metro
- Termómetro
- Soporte universal
- Agitador Vortex
- Estufa
- Autoclave
- Refractómetro digital
- Cabina de flujo laminar
- Reverbero eléctrico
- Cámara
- Computadora

3.3.3 Reactivos

- Hipoclorito de sodio
- Agua destilada
- Agar (MacConkey, MRS, PDA)
- Desinfectantes
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio
- Alcohol

- Alcohol etílico

3.3.4 Insumos

- Frutos rojos (fresa, mora y cereza)
- Agua potable
- Cultivo láctico (*Lactobacillus acidophilus*)
- Xilitol

3.4 Tratamientos y diseño experimental

Se evaluaron tres tratamientos (fresa, mora, cereza) con 5 repeticiones por cada tratamiento para la elaboración de jugos probióticos con una cantidad estándar de 0.03g/L de *Lactobacillus acidophilus* edulcorados con xilitol (4,2%) para comprobar el medio más adecuado para la supervivencia del cultivo probiótico y que posea las mejores características organolépticas.

Se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA), respondiendo al siguiente modelo lineal aditivo:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

- **Y_{ij}**: Variable respuesta de la ij-esima unidad experimental
- **μ**: Efecto de la media general
- **T_i**: Efecto del i-esimo tratamiento
- **ε_{ij}**: Efecto del error experimental asociado a la i-esima unidad experimental

Tabla 1-3: Esquema del experimento

Tratamientos	Código	Repeticiones	*TUE (L)	Total
Fresa con xilitol	T1	5	3	15
Mora con xilitol	T2	5	3	15
Cereza con xilitol	T3	5	3	15
Total				45

*TUE= tamaño de unidad experimental (3L)

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

3.4.1 Análisis estadísticos y pruebas de significancia

Para la recolección y organización de los datos se utilizó los siguientes análisis estadísticos:

- Análisis de varianza
- Prueba de separación de medias según Tukey ($P < 0,05$)
- Escala hedónica (Prueba de Kruskal-Wallis)

Tabla 2-3: Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad	GL
Total	(n-1)	14
Tratamiento (Tipo de fruta)	(t-1)	2
Error	(n-1)- (t-1)	12

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

3.5 Mediciones experimentales

Una vez elaborado el producto final, se procedió a realizar diferentes análisis para determinar las características microbiológicas, fisicoquímicas y organolépticas de los jugos probióticos a base de frutos rojos endulzado con xilitol.

3.5.1 Análisis fisicoquímico

- pH
- Acidez total
- Sólidos solubles (°Brix)

3.5.2 Análisis microbiológico

- *Lactobacillus*, UFC/ml
- Coliformes totales, UFC/ml
- Mohos y levaduras, UPC/ml

3.5.3 Análisis organoléptico

- Olor
- Sabor

- Color
- Textura en boca

3.5.4 *Análisis económico*

- Costo de producción (USD/L)
- Rentabilidad (Beneficio/costo)

3.6 Procedimiento experimental

3.6.1 *Formulación de los jugos probióticos*

Para la elaboración de los jugos probióticos a base de frutos rojos y xilitol, se planteó la siguiente formulación:

Tabla 3-3: Formulación de jugos probióticos

Materia prima	%
Pulpa de fruta	25
Agua	70,797
Xilitol	4,2
<i>L. acidophilus</i>	0,003
<i>Total</i>	100 %

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

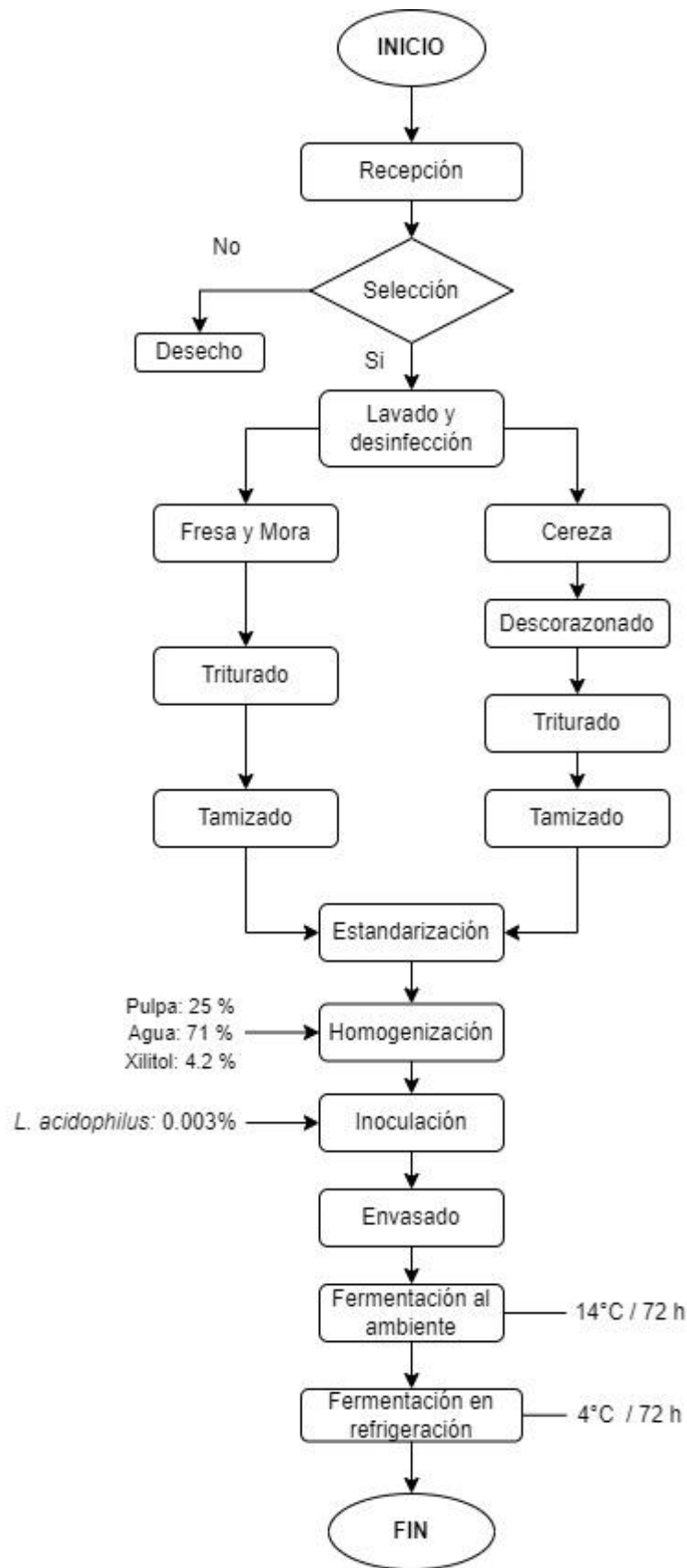


Ilustración 1-3: Diagrama de flujo de la elaboración de jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

3.6.2 Descripción del proceso experimental

3.6.2.1 Recepción de materia prima

Para la elaboración de los jugos se recibió fruta fresca (fresa, mora y cereza), agua potable, cultivo láctico (*Lactobacillus acidophilus*) y xilitol.

3.6.2.2 Selección de la fruta

En esta etapa se realizó el control de calidad de los frutos rojos (fresa, mora y cereza) para eliminar toda fruta que presente contaminación por patógenos (hongos) o signos de deterioro físico.

3.6.2.3 Lavado y desinfección

Posteriormente las frutas fueron lavadas por separado con agua potable para eliminar la suciedad o evitar que algunos microorganismos pasen a las siguientes etapas del proceso, luego se pasó a la desinfección de la fruta por inmersión con 100 ppm de hipoclorito de sodio en un litro de agua por 5 minutos y finalmente se vuelve a enjuagar con agua limpia.

3.6.2.4 Descorazonado

En el caso de la cereza primero se realizó el descorazonado antes de continuar con la trituración con el fin de retirar todas las semillas.

3.6.2.5 Triturado

Una vez obtenida la fruta lavada se procedió a licuar aproximadamente por un minuto hasta obtener una mezcla homogénea.

3.6.2.6 Tamizado

Seguidamente la mezcla licuada se tamizó con la ayuda de un colador, para eliminar las semillas y demás partículas.

3.6.2.7 Estandarización

En esta etapa se mezcló todos los ingredientes para mejorar la calidad y el sabor de los jugos.

- *Dilución de la pulpa:* Se agregó la pulpa obtenida con el agua en base a las proporciones establecidas.
- *Dilución del xilitol:* Se añadió el xilitol al 4,2% a la mezcla de jugo, previamente diluida para evitar la formación de grumos.

3.6.2.8 Homogenización

Luego se removió la mezcla hasta obtener una disolución completa de todos los ingredientes.

3.6.2.9 Inoculación

- *Preparación del cultivo:* El cultivo probiótico *L. acidophilus* se encuentran liofilizados por ello se reconstituye con agua a 42-45 °C. La cantidad de cultivo se utilizó de acuerdo con su marca comercial nu-trish® LA-5® de Chr. Hansen A/S.
- *Adición del cultivo:* Se añadió el cultivo probiótico “*Lactobacillus acidophilus*” en una dosis de 0.03g/L a la mezcla.

3.6.2.10 Envasado

El jugo obtenido de cada fruta se colocó en envases de vidrio previamente esterilizados a una temperatura de 120°C por 15 minutos para evitar la contaminación cruzada.

3.6.2.11 Fermentación al ambiente

Una vez envasados los jugos se dejó a temperatura ambiente (14 °C) por un tiempo de 72 horas para que se dé el proceso de fermentación.

3.6.2.12 Fermentación en refrigeración

Finalmente, se llevó a refrigeración por tres días a una temperatura de 4°C para reducir la velocidad de fermentación.

3.7 Metodología de Evaluación

3.7.1 Análisis fisicoquímico

3.7.1.1 pH

Para medir el pH de los diferentes tratamientos se aplicó la norma (INEN-1842, 2013, p.3), para lo cual primero se lavó con agua destilada el pH-metro digital y se lo secó con papel secante, después se colocó aproximadamente 25 ml de cada muestra en un vaso de precipitación. Se procede a introducir el pH-metro en la muestra y esperar 1 minuto hasta que la lectura se estabilice, posteriormente anotar el valor del pH correspondiente al jugo. Estos valores vienen representados en la escala del 1 a 14.

3.7.1.2 Acidez total

Para la medición de la acidez se basa en el método de rutina descrita en la norma (NTE INEN 750, 2013, p.3) para ello se tomó 10 ml de la muestra y se colocó en un matraz Erlenmeyer que contenga agua destilada (dos veces mayor al volumen de la muestra), luego se agregó de 2 ml del indicador fenolftaleína y finalmente titular con la solución 0.1 N de hidróxido de sodio hasta conseguir un cambio de coloración en la muestra. Para los cálculos se registró el volumen consumido del hidróxido de sodio. La acidez de la muestra de jugo de fresa se expresó como ácido cítrico mientras que el jugo de mora y cereza en ácido málico.

La acidez de la muestra se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A = \frac{V1 * N * \text{mEq. ácido}}{V2} * 100$$

En donde:

A = % de acidez titulable de la muestra.

V1 = Volumen de la solución de NaOH gastado en la titulación, en ml.

N = Normalidad de la solución de NaOH.

mEq. ácido = Miliequivalente del ácido predominante en la muestra.

V2 = volumen de la muestra, en ml o masa de la muestra, en gr.

mEq. ácido cítrico= 0,064

mEq. ácido málico= 0,067

3.7.1.3 Sólidos solubles (°Brix)

Para realizar los análisis de sólidos solubles se utilizó un refractómetro digital, primero se procedió a lavar el instrumento con agua destilada, después se secó para encerrar. Seguidamente se añadió de 2 gotas de la muestra de jugo probiótico y se tomó la lectura. Finalmente se retiró la

muestra del orificio y se lo limpió cuidadosamente con agua (INEN-ISO 2173, 2013, p.3).

3.7.2 Análisis microbiológico

Para la toma de muestras, se transfirió con una pipeta estéril 10 cm³ del producto a un frasco y añadir 90 cm³ de diluyente, por consiguiente, se mezcló con la ayuda de un homogeneizador tipo “Vortex” por 5-10 segundos para que los microorganismos se distribuyan homogéneamente (NTE INEN 1529-2 2013, p.14).

3.7.2.1 Bacterias ácido-lácticas, UFC/ml

La determinación de las bacterias probióticas se realizó por recuento en placa después de la fermentación del jugo. Para lo cual, se preparó una secuencia de diluciones utilizando 1 mL de muestra en 9 mL de agua destilada y se inocularon 0.1 mL en placas con agar sólido MRS y se esparcieron sobre la superficie del agar (NTE INEN 1529-5, 2013, p.2). Las placas fueron incubadas en condiciones anaerobias a 39 °C ± 2 °C por 48 h. Para los cálculos pertinentes del conteo final de las UFC se tomó como referencia la normativa (NTE INEN 1529-5 2006, p.4).

3.7.2.2 Coliformes totales, UFC/ml

Para la determinación del número de coliformes se utilizó la técnica de recuento de colonias en un medio sólido agar MacConkey el cual es un método basado en la norma (NTE INEN 1529-7, 2013, pp.1-4). La temperatura de incubación óptima para este tipo de microorganismo es de 30 ± 1°C para productos refrigerados, y para productos que se mantienen a temperatura ambiente es 35 ± 1°C , por 24 h ± 2h.

3.7.2.3 Mohos y levaduras, UPC/ml

Para cuantificar el número de las unidades propagadoras de mohos y levaduras se aplicó el método descrito en la norma (NTE INEN 1529-10, 2013, p.1). Para ello, se realizó la siembra de 0.1 mL de la tercera dilución de la muestra en placas con un medio sólido de Potato Dextrose Agar (PDA), por consiguiente, fueron incubadas entre 22°C y 25°C.

3.7.3 Análisis organoléptico

Para realizar el análisis sensorial, se utilizó la prueba afectiva con una escala hedónica de 5 puntos con la participación de 25 panelistas no entrenados para conocer la aceptabilidad de los jugos

probióticos, por lo que se evaluaron los cuatro atributos (olor, color, sabor, textura) con relación a cinco variables que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4-3: Escala hedónica con un rango de 5 puntos

Puntaje	Nivel de agrado
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

3.7.4 Análisis económico

3.7.4.1 Costo de producción (USD/L)

Para calcular el costo de producción se sumó los costos totales de materia prima, mano de obra, los costos indirectos de fabricación y los gastos generados en la elaboración de los jugos probióticos, los cuales son divididos para la cantidad total obtenida en cada tratamiento.

3.7.4.2 Rentabilidad (Beneficio/costo)

El beneficio costo es un indicador de rentabilidad del producto, para ello se dividió los ingresos totales obtenidos por el producto para los egresos totales, tal como se observa en la siguiente ecuación:

$$\text{Beneficio / Costo} = \text{Ingresos totales} / \text{Egresos}$$

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis físico químico

Los resultados de las características fisicoquímicas de los jugos probióticos a base de frutos rojos se reportaron en la tabla 1-4:

Tabla 1-4: Resultados fisicoquímicos de los jugos probióticos a base de frutos rojos

Parámetros	Tipo de fruta			*EE	*Prob.
	Fresa	Mora	Cereza		
pH	3,34 b	3,14 c	4,36 a	0,04	0,0001
Acidez total	0,52 a	0,35 b	0,32 c	0,004	0,0001
Sólidos solubles (°Brix)	5,68 b	4,08 c	7,12 a	0,04	0,0001

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

4.1.1 pH

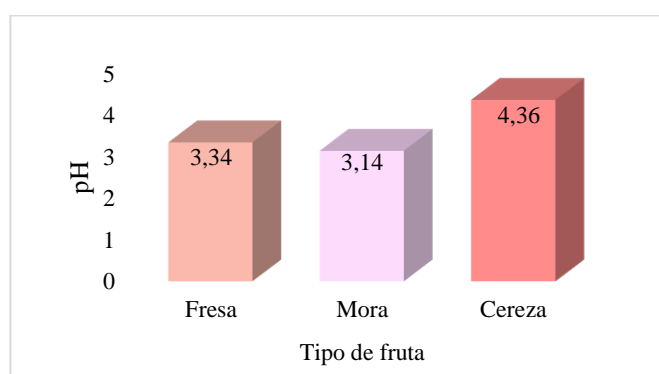


Ilustración 1-4: Valores de pH de los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

El pH de los jugos probióticos presentó diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) por efecto del tipo de fruta utilizado, en donde el jugo de cereza alcanzó un pH menos ácido con 4,36 (T3), mientras que el jugo de mora alcanzó un pH más ácido con 3,14 (T2) según la ilustración 1-4; dicha variación de pH se debe a que la mora por naturaleza ya presentó un pH inicial ácido de manera que no hubo un cambio evidente en la disminución de pH, mientras que el jugo de fresa si presentó una caída notoria de pH siendo el medio más adecuado para el desarrollo de *L. acidophilus* lo que permitió mayor producción de ácido láctico y otros metabolitos secundarios,

por el contrario, la cereza dulce no fue el más óptimo debido a la rápida oxidación de compuestos fenólicos al momento de ser trituradas por ende el *L. acidophilus* disminuyó la producción de ácido láctico. Una rápida disminución del pH durante la fermentación es de gran importancia para la calidad del producto final.

Los resultados concuerdan con el trabajo realizado por Worku y sus colaboradores (2013, p.45) quienes elaboraron jugos probióticos a base de frutas y establecieron que existe una disminución de pH de 4,69 hasta 3,75 después de las 36 horas. También son comparables a lo reportado por Mohan (2013, p.74), en donde el *L. acidophilus* mostró tolerancia a un amplio rango de pH en jugos de fruta (chicozapote, uva, naranja y sandía), en el cual el crecimiento fue mejor cuando el pH osciló entre 3 y 4 y el máximo a pH 3,5, observándose una caída significativa en el pH inicial de los jugos probióticos. Es así como los resultados obtenidos cumplen con el límite establecido en la norma (NTE INEN 2337, 2008: p.6), en donde se menciona que el pH debe ser inferior a 4,5.

4.1.2 Acidez total

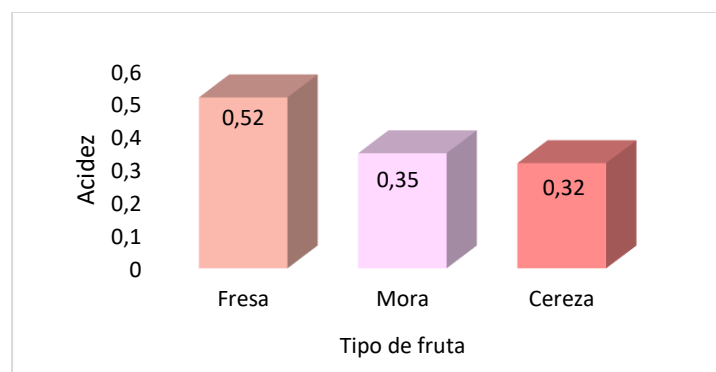


Ilustración 2-4: Valores de la acidez de los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

La valoración de la acidez total (%) de los diferentes tratamientos presenta diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), por efecto del tipo de fruta con *L. acidophilus*, registrando la mayor acidez al jugo de fresa con 0,52%, seguido por el jugo de mora que presentó 0,35% y por último el jugo de cereza que presentó una acidez de 0,32% según la ilustración 2-4.

Según la literatura la acidez aumenta a través del tiempo por la producción del ácido láctico y otros metabolitos tal como menciona Serna (2012, pp.102-103), quien en su investigación reportó un incremento significativo en los jugos fermentados, el jugo de mango, fresa y lulo presentaron una acidez de 0,50%, 0,72% y 1,2% respectivamente después de ser fermentados, solo en el caso del

jugo de fresa logra tener una acidez similar y el resto de los valores difieren con este estudio. Los jugos cumplen con el porcentaje de acidez requerido ya que presentaron un máximo de 0,52%, lo cual está dentro de la norma (NTE INEN 2304, 2017, p.2), en donde se establece que el porcentaje mínimo de acidez es de 0,1%. Por ende, mientras más ácida sea la bebida es mejor porque minimizará la influencia de las bacterias del deterioro y por ende no se permitirá la proliferación de los mismos (Vera, 2017, p.25).

4.1.3 Sólidos solubles (°Brix)

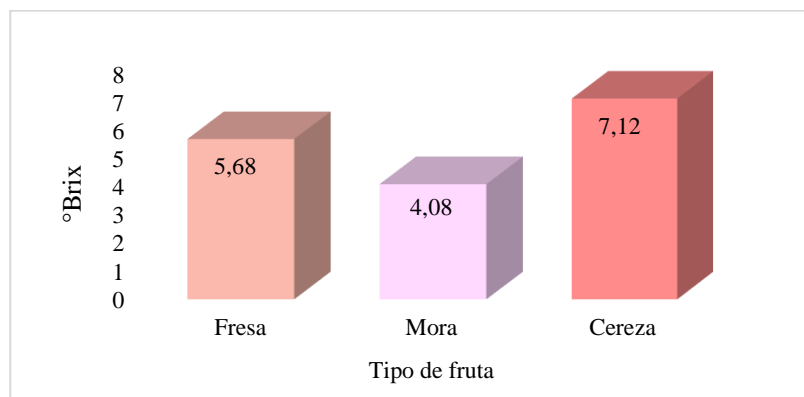


Ilustración 3-4: Valores de sólidos solubles de los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

La valoración de los °Brix de los diferentes tratamientos presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), por efecto del tipo de fruta, registrando el mayor valor al jugo de cereza con 7,12, seguido por el jugo de fresa que presentó una valoración de 5,68 y por último el jugo de mora con un valor de 4,08 como se puede observar en la ilustración 3-4.

El contenido de sólidos solubles en los jugos debe ser proporcional al aporte de fruta, dejando fuera a la azúcar añadida (NTE INEN 2337, 2008, p.6), por lo tanto, el reporte de los °Brix demuestra que el jugo de cereza posee el nivel más alto por su cantidad de azúcares. Los datos difieren por efecto del tipo de fruta y especie de bacteria utilizado tal como menciona en un estudio realizado por Panda y colaboradores (2014: p.292) quienes reportaron valores finales que van desde 10 °Brix hasta 17,5 °Brix. Cabe recalcar que gracias a la cantidad de sólidos solubles (azúcares) los jugos son una matriz adecuada para el crecimiento y proliferación de los microorganismos probióticos (Natt y Katyal 2022, p. 125).

4.2 Análisis microbiológico

Se procede a mostrar los resultados microbiológicos de los jugos probióticos a bases de frutos rojos (tabla 2-4), en donde se analizó las bacterias probióticas, los coliformes totales, al igual que mohos y levaduras por cada tratamiento.

Tabla 2-4: Resultados microbiológicos de los jugos probióticos a base de frutos rojos

Parámetros	Tipo de fruta			*EE	*Prob.
	Fresa	Mora	Cereza		
<i>L. acidophilus</i>	8,6 x10 ⁶ a	6,6x10 ⁶ b	6,4 x10 ⁶ b	0,04	0,0001
Coliformes totales	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-
Mohos y levaduras	Ausencia	Ausencia	Ausencia	-	-

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

El producto elaborado cumplió con los parámetros establecidos en la norma (NTE INEN 2337, 2008, p.6), en donde se especifica que el producto final debe estar Ausente de microorganismos patógenos o presentar un nivel mínimo de aceptación descrita en la norma. Por ende, se verifico que los jugos probióticos presentan inocuidad siendo un alimento apto para el consumo humano ya que existe ausencia tanto de coliformes totales, así como de mohos y levaduras.

4.2.1 *Lactobacillus acidophilus*, UFC/ml

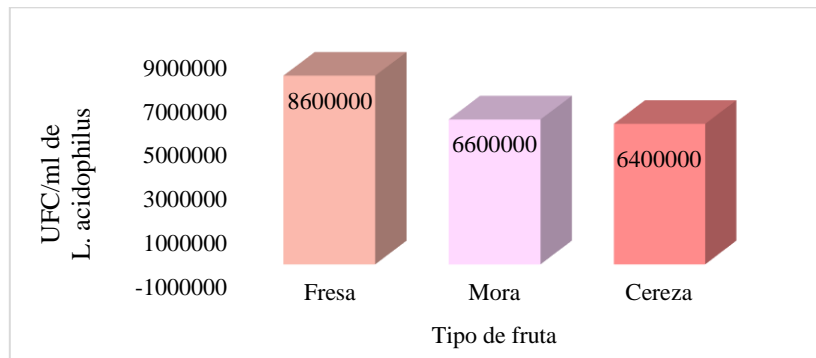


Ilustración 4-4: Desarrollo de *L. acidophilus* en los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

Al analizar las bacterias probióticas en los diferentes tratamientos de jugos se presentó que existen diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), ya que el mayor valor tuvo el jugo de fresa con $8,6 \times 10^6$ UFC/ml, seguido por el jugo de mora con $6,6 \times 10^6$ UFC/ml y por último el jugo de cereza con un valor menor de $6,4 \times 10^6$ UFC/ml según la ilustración 4-4. De modo que, la presencia de las bacterias probióticas (*L. acidophilus*) son favorables para el producto.

Por consiguiente, los jugos de fruta analizados cumplieron con los requisitos para ser considerados como un alimento funcional, puesto que la norma (INEN 1334-3, 2011, p.5) establece que un alimento funcional debe contener un número mayor o igual de bacterias viables de origen probiótico a 1×10^6 UFC/g en el producto terminado hasta el final de la vida útil. En un estudio Serna (2012, p.100) reportó que en los jugos de fruta de lulo, mango y fresa con la bacteria se obtuvo poblaciones cercanas a 10^8 UFC/mL, presentando una alta tolerancia a condiciones de acidez, bajo en pH. Generalmente las concentraciones que son aceptadas como niveles mínimos y satisfactorios son de 10^6 - 10^8 UFC/mL (Karimi et al., 2011; citado en Worku et al., 2013, p.45).

4.3 Análisis organoléptico

Los resultados obtenidos del análisis sensorial se reportan en la tabla 3-4, en donde se puede observar las medias del color, olor, sabor y textura en base a una escala de referencia de 5 puntos calculada mediante la prueba de Kruskal Wallis.

Tabla 3-4: Resultados de la valoración organoléptica de los jugos probióticos

Parámetros	Tipo de fruta			*H	*Prob.
	Fresa	Mora	Cereza		
Color	4,40 a	4,52 a	2,68 b	30,52	0,0001
Olor	4,28 a	4,44 a	2,84 b	24,22	0,0001
Sabor	4,24 a	3,44 b	2,96 b	13,60	0,0007
Textura	4,20 a	3,60 b	3,32 b	8,70	0,0087

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

4.3.1 Color

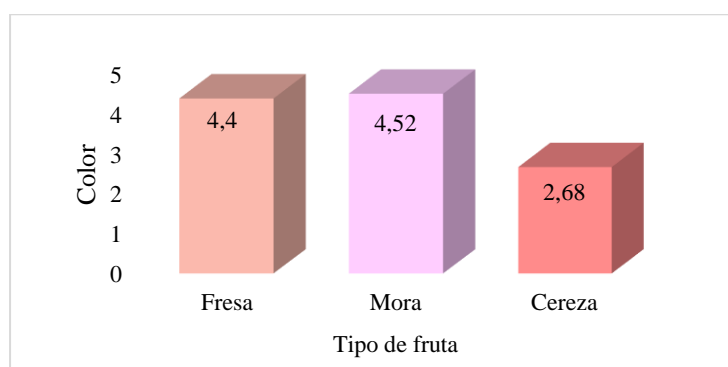


Ilustración 5-4: Valoración del color de los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

Al analizar el atributo del color se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$) es decir que las medias difirieron entre ellas debido a que los jugos presentaron distinta coloración, en la ilustración 5-4 se observó que el jugo de mora tuvo la mayor aceptación con una puntuación de 4,52/5, seguido del jugo de fresa que presentó una valoración de 4,44/5 y finalmente el jugo de cereza con la valoración más baja de 2,64/5, debido a que tuvo una tonalidad marrón oscuro.

4.3.2 Olor

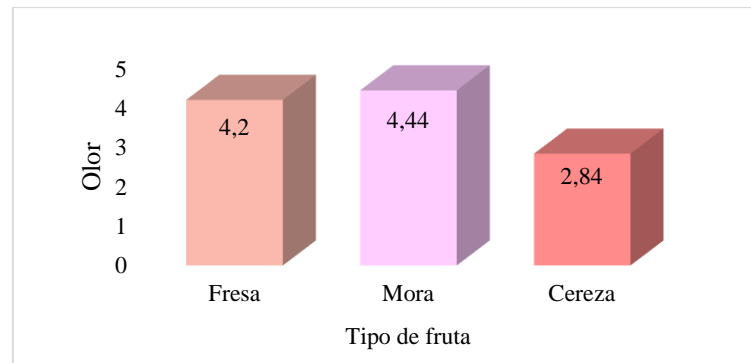


Ilustración 6-4: Valoración del olor de los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

De acuerdo con el atributo del olor se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0,01$), es decir que las medias difirieron entre ellas, según la ilustración 6-4 se puede observar que el olor más aceptado fue el jugo de mora con una puntuación de 4,44/5, seguido del jugo de fresa que presentó una valoración de 4,2/5 y finalmente el jugo de cereza con una valoración más baja de 2,84/5. De modo que se determina que el tipo de fruta si influye en el olor.

4.3.3 Sabor

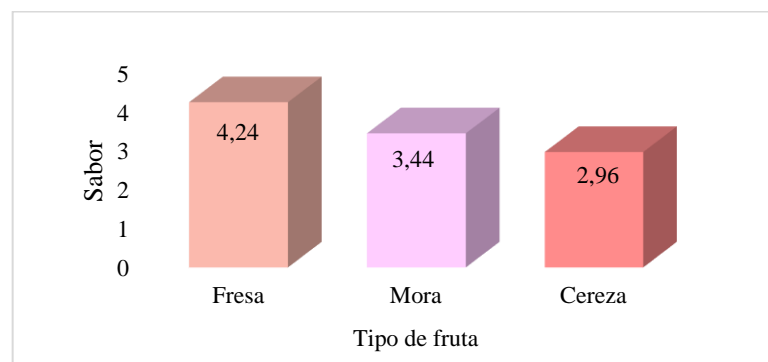


Ilustración 7-4: Valoración del sabor de los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

En la valoración del sabor de los jugos a base de frutos rojos se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$), es decir que las calificaciones tuvieron una alta variación debido a que la mayor aceptación tuvo el jugo de fresa con una puntuación 4,24/5 siendo el tratamiento que tuvo el sabor más agradable en comparación al jugo de mora y cereza los cuales presentaron valores de 3,44/5 y 2,96/5 respectivamente, como se muestra en la ilustración 7-4.

4.3.4 Textura

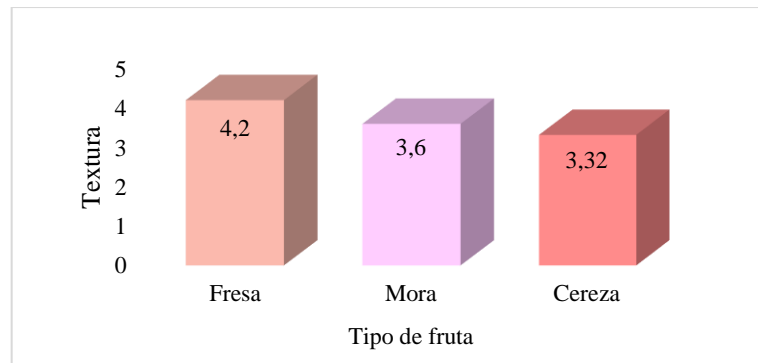


Ilustración 8-4: Valoración de textura de los jugos probióticos

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

De acuerdo con el atributo de la textura en boca, el jugo de fresa obtuvo la mejor valoración con 4,2/5, seguido por el jugo de mora con una puntuación de 3,6/5 y el jugo de cereza con un valor de 3,32/5, tal como se muestra en la ilustración 8-4. Cabe recalcar que la textura va a depender de la materia prima, el desarrollo de las bacterias probióticas, el tiempo de fermentación y por el contenido de sólidos solubles.

4.4 Análisis económico

4.4.1 Costo de producción (USD/L)

En la tabla 4-4 se observa el costo de producción calculado para cada litro de jugo probiótico de acuerdo con el tipo de fruta, en donde se determinó que el costo más alto fue el jugo de cereza ya que presentó un valor de \$2,78 debido a que la fruta tiene un elevado precio a diferencia de las otras frutas, seguido del jugo de mora que presentó un valor de \$2,24 y por último el jugo de fresa que fue el más económico con un valor de \$2,04. El monto estimado fue para un litro, pero luego se dividió para la cantidad de presentación al público que es de 250 mL, lo que muestra que los jugos de fresa y mora son los más asequibles.

4.4.2 Rentabilidad (Beneficio/costo)

El análisis de beneficio/costo se realizó en base al total de egresos e ingresos por cada 250 mL de producto final, indicando que el B/C y los costos son inversamente proporcionales ya que el beneficio aumenta cuando los costos de producción disminuyen y viceversa. Es así como el jugo de fresa obtuvo el mejor valor presentando un B/C de 1,47, seguido por el jugo de mora con un B/C de 1,34, y por último el jugo de cereza presentó un B/C de 1,08. Por ende, los tres tratamientos son rentables porque los valores obtenidos son mayores que 1, pero los jugos de fresa y mora presentan mayores beneficios.

Tabla 4-4: Análisis económico de la elaboración de jugos probióticos

DESCRIPCIÓN	Jugos probióticos					
	Jugo de fresa		Jugo de mora		Jugo de cereza	
	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
Costos directos						
Pulpa de fruta	250 g	\$0,40	250 g	\$0,60	250 g	\$1,00
Agua potable	708 ml	\$0,16	708 ml	\$0,16	708 ml	\$0,16
Xilitol	42 g	\$0,63	42 g	\$0,63	42 g	\$0,63
<i>L. acidophilus</i>	0,03 g	\$0,09	0,03 g	\$0,09	0,03 g	\$0,09
CIF						
Envases de plástico	4	\$0,40	4	\$0,40	4	\$0,40
Mano de obra	10 min	\$0,31	10 min	\$0,31	15 min	\$0,45
Gastos						
Gas		\$0,05		\$0,05		\$0,05
Energía (kw/h)	5 min	\$0,002		\$0,002		\$0,002
TOTAL, EGRESOS						
Costo de producción USD/L	1L	\$2,04	1L	\$2,24	1L	\$2,78
Costo de producción USD/mL	250 mL	\$0,51	250 mL	\$0,56	250 mL	\$0,70
TOTAL, INGRESOS						
Precio de venta USD/mL	250 mL	\$0,75	250 mL	\$0,75	250 mL	\$0,75
BENEFICIO/COSTO		1,47		1,34		1,08

Realizado por: Ochog, Maribel, 2023.

CONCLUSIONES

- Se determinó que el mejor tipo de fruto rojo para la producción de jugos probióticos, es la fresa debido a que tuvo un mejor desarrollo y crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* ya que presentó $8,6 \times 10^6$ UFC/mL en comparación a la mora que presentó $6,6 \times 10^6$ UFC/mL y la cereza con $6,4 \times 10^6$ UFC/mL.
- Como resultado de las características microbiológicas, se comprobó que los jugos probióticos cumplen con los requisitos de calidad, ya que no se encontró presencia de coliformes totales, ni de mohos y levaduras. El análisis fisicoquímico determinó que el pH de los jugos probióticos estuvo en un rango de 3,14 a 4,36; el porcentaje de acidez en un rango de 0,32% a 0,52%; y los valores de sólidos solubles en un rango de 5,68 °Brix a 7,12 °Brix. Finalmente, tras realizar el análisis sensorial, se manifiesta que solo el jugo de fresa cumplió con todos los atributos sensoriales que exige el consumidor ya que recibió una mayor aceptación por parte de los panelistas.
- Se calculó que, el costo de producción varía en dependencia del tipo de fruta utilizado, obteniendo así el menor costo para el jugo de fresa ya que para cada litro de producto es de \$2,04, por ende, se determina que presentó una mejor rentabilidad obteniendo un B/C de 1,47 en comparación a las otras frutas.

RECOMENDACIONES

- Realizar más estudios acerca de la producción de jugos probióticos con *Lactobacillus acidophilus*, probando otros tipos de fruta.
- Probar diferentes niveles de xilitol para ver si influye o no en el desarrollo de *L. acidophilus* y en las características organolépticas de los jugos fermentados.
- Ampliar la investigación incorporando otro tipo de bacteria láctica en combinación con *L. acidophilus* para observar si hay una mejora en las características microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de los jugos probióticos a base de frutos rojos.

BIBLIOGRAFIA

- ACUÑA, John. & FISCHER, Gerhard.** *Fresa (Fragaria × ananassa Duch.): Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca* [en línea]. Colombia: 2020 [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: http://investigacion.bogota.unal.edu.co/fileadmin/recursos/direcciones/investigacion_bogota/Manuales/04-manual-fresa-2020-EBOOK.pdf
- AJILA, Josean.** *La fresa* [blog]. España: Montagud, 2015. [Consulta: 20 febrero 2023]. Disponible en: <https://www.joseanalija.com/fresa/#:~:text=La%20glucosa%20y%20la%20fructosa,cree%20que%20es%20un%20anticancer%C3%ADgeno>
- ARROYO, Paula; et al.** *Frutas y hortalizas: Nutrición y Salud en la España del S. XXI* [en línea]. España: Fundación Española de la Nutrición, 2018. [Consulta: 11 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.fen.org.es/index.php/publicacion/informe-de-estado-de-situacion-sobre-frutas-y-hortalizas-nutricion-y-salud-en-la-espana-del-siglo-xxi>
- BASSON, Carin; et al.** “Sugar and acid-related quality attributes and enzyme activities in strawberry fruits: Invertase is the main sucrose hydrolysing enzyme”. *Food Chemistry* [en línea], 2010, Sud África 121(4), pp.1-7. [Consulta: 5 junio 2023]. ISSN 0308-8146. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/223564875_Sugar_and_acid-related_quality_attributes_and_enzyme_activities_in_strawberry_fruits_Invertase_is_the_main_sucrose_hydrolysing_enzyme
- BENAVIDES, María.** *Aplicación de la fermentación láctica como estrategia de transformación y valorización de matrices vegetales (Trabajo de titulación) (Doctoral)* [en línea]. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química y Ambiental. Bogotá-Colombia. 2019. p.5. [Consulta: 9 enero 2023]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/669678/TMABM1de1.pdf?sequence=2>
- BULL, Matthew; et al.** “The life history of *Lactobacillus acidophilus* as a probiotic: a tale of revisionary taxonomy, misidentification and commercial success”. *FEMS Microbiology Letters* [en línea], 2013, Reino Unido 349(2), pp.77-87. [Consulta: 14 marzo 2023]. ISSN 0378-1097. Disponible en: <https://academic.oup.com/femsle/article/349/2/77/533643>

- CABEZAS, C; et al.** 2016. “Azúcares adicionados a los alimentos: Efectos en la salud y regulación mundial”. *Revista Facultad de Medicina* [en línea], 2016, Colombia 64(2), pp.319-329. [Consulta: 19 enero 2023]. ISSN 0120-0011. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112016000200017
- CHANGWU, Xiong.** *Effects and application of yeast extract on the morphology of Lactobacillus acidophilus* [blog]. China: 2022. [Consulta: 17 mayo 2023]. Disponible en: <https://en.angelyeast.com/blog/microbial-nutrition/yeast-extract-on-the-morphology-of-lactobacillus-acidophilus.html>
- CHAVARRÍAS, Marta.** *Xilitol, qué es y por qué está ganando popularidad* [blog]. España: elDiario.es, 2021. [Consulta: 29 enero 2023]. Disponible en: https://www.eldiario.es/consu-moclaro/xilitol-ganando-popularidad_1_8083643.html
- COSME, Fernanda; et al.** “Red Fruits Composition and Their Health Benefits-A Review”. *Foods* [en línea], 2022, Suiza 11(5), pp.1-28. [Consulta: 29 enero 2023]. ISSN 2304-8158. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/11/5/644/htm>
- ENCICLOPEDIA BRITÁNICA.** *Strawberry: Plant and fruit* [blog]. Inglaterra: 2023. [Consulta: 9 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.britannica.com/plant/strawberry>
- FERRETTI, Gianna; et al.** “Cherry Antioxidants: From Farm to Table”. *Molecules* [en línea], 2010, Italia 15(10), pp.6993-7005. [Consulta: 10 abril 2023]. ISSN 1420-3049. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6259571/>
- FORCE ULTRA NATURE.** *Xilitol - Azúcar de Abedul Natural* [blog]. Finlandia: 2023. [Consulta: 17 abril 2023]. Disponible en: <https://www.forceultranature.com/fr/2125-xylitol-sucre.html>
- FUENTES, Lorenzo; et al.** “Alimentos funcionales: Impacto y retos para el desarrollo y bienestar de la sociedad colombiana”. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2015, Colombia 13(2), pp.140-149. [Consulta: 11 marzo 2023]. ISSN 1909-9959. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612015000200016

GIAMPIERI, Francesca; et al. “The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health”. *Nutrition* [en línea], 2012, Italia y España 28(1), pp.9-19. [Consulta: 10 agosto 2023]. ISSN 0899-9007. Disponible en: https://www.academia.edu/13784746/The_strawberry_Composition_nutritional_quality_and_impact_on_human_health

HORÁČKOVÁ, Sárka; et al. “Fruit Juices With Probiotics – New Type of Functional Foods”. *Czech Journal of Food Sciences* [en línea], 2018, República Checa 36(4), pp.284-288. [Consulta: 2 junio 2023]. ISSN 1805-9317. Disponible en: <https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/cjf/2018/04/02.pdf>

HORVITZ, Sandra. Postharvest Handling of Berries. *Postharvest Handling* [en línea]. Ambato-Ecuador: Intech, 2017. [Consulta: 14 enero 2023]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/55546>

JAMES, Mark. “Embracing xilitol”. *Vital* [en línea], 2009, Inglaterra 7(18), pp.18-20. [Consulta: 10 abril 2023]. ISSN 1741-7503. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/vital1087.pdf>

JAMES, Mariuxy. “Evaluación de las condiciones de cultivo de *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus casei* a nivel de laboratorio, con inulina como fuente de carbono”. *Bionatura* [en línea], 2017, Ecuador 2(1), pp.235-240. [Consulta: 19 febrero 2023]. ISSN 1390-9355. Disponible en: <https://www.revistabionatura.com/files/2017.02.01.4.pdf>

JUÁREZ, Carlos. *Xylitol: edulcorante natural en tendencia y promotor de bienestar* [blog]. The Food Tech, 2020. [en línea]. [Consulta: 30 enero 2023]. Disponible en: <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/xylitol-edulcorante-natural-y-promotor-de-bienestar/>

KELLEY, Darshan; et al. “A Review of the Health Benefits of Cherries”. *Nutrients* [en línea], 2018, USA 10(3), pp.1-22. [Consulta: 17 junio 2023]. ISSN 2072-6643. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5872786/>

KESSEL, Argelys. “Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), a través de métodos biotecnológicos”. *Cultivos Tropicales* [en línea], 2012, Cuba 33(3), pp.34-41. [Consulta: 11 mayo 2023]. ISSN 1819-4087. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193223814005>

- LEDEZMA, Edgar; et al.** 2018. “Producción de xilitol a partir de hidrolizados ácidos no detoxificados de bagazo de sorgo por *Debaryomyces hansenii*”. *Agrociencia* [en línea], 2018, Colombia 52(1), pp.1095-1106. [Consulta: 17 marzo 2023]. ISSN 1095-1106. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952018000801095
- MARTÍNEZ, Aníbal; et al.** 2013. Ficha técnica de la variedad de mora sin espinas (*Rubus glaucus* Benth). [en línea]. Quito-Ecuador: [consulta: 27 mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4768/1/iniapsc359.pdf>
- MIKSTAS, Christine.** *What Are Probiotics?* [blog]. Estados Unidos: WebMD, 2022. [Consulta: 21 enero 2023]. Disponible en: <https://www.webmd.com/digestive-disorders/what-are-probiotics>
- MOHAN, Gaanappriya; et al.** “Probiotication of fruit juices by *Lactobacillus acidophilus*”. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research* [en línea], 2013, India 4(1), pp.72-77. [Consulta: 21 febrero 2023]. ISSN 2278-599X. Disponible en: <https://bipublication.com/files/IJABR-V4I1-2013-11.pdf>
- MORCILLO, Gloria; et al.** *Biología y alimentación* [en línea]. Madrid-España: UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2013. [Consulta: 29 enero 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/48653>
- MORENO, Brigitte; & DEAQUIZ, Yuli.** “Caracterización de parámetros fisicoquímicos en frutos de mora (*Rubus alpinus* Macfad)”. *Acta Agronómica* [en línea], 2016, Colombia 65(2), pp.130-136. [Consulta: 27 mayo 2023]. ISSN 0120-2812. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169943292005.pdf>
- MUÑOZ, María.** *Biología (2a. ed.)* [en línea]. 2ª ed. Bernal-Argentina: Universidad Nacional de Quilmes, 2013. [Consulta: 9 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/77596>
- NAGPAL, Ravinder; et al.** “Fortification and fermentation of fruit juices with probiotic lactobacilli”. *Annals of Microbiology* [en línea], 2012, India 62(4), pp.1573-1578. [Consulta: 24 enero 2023]. ISSN 1590-4261. Disponible en: <https://annalsmicrobiology.biomedcentral.com/articles/10.1007/s13213-011-0412-5>

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. *Taxonomía de Lactobacillus acidophilus* [blog]. USA: 2015. [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/tree/?taxon=1579>

NATT, Simranpreet; & KATYAL, Priya. “Production and Assessment of Probiotic Fruit Juice from Punjab Pink Variety of Guava”. *Journal of Scientific & Industrial Research* [en línea], 2022, India 81(2), pp.125-130. [Consulta: 7 marzo 2023]. ISSN 0975-1084. Disponible en: <https://nopr.niscpr.res.in/bitstream/123456789/59087/1/JSIR%2081%282%29%20125-130.pdf>

NTE INEN 1334-3, 2011. *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables.*

NTE INEN 1529-2, 2013. *Control microbiológico de los alimentos. Toma, envío y preparación de muestras para el análisis microbiológico.*

NTE INEN 1529-5, 2006. *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de la cantidad de microorganismos aerobios mesófilos.*

NTE INEN 1529-7, 2013. *Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica de recuento de colonias.*

NTE INEN 1529-10, 2013. *Control microbiológico de los alimentos. Mohos y levaduras viables. Recuentos en placa por siembra en profundidad.*

NTE INEN 2304, 2017. *Refrescos o bebidas no carbonatadas. Requisitos.*

NTE INEN 2337, 2008. *Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de fruta y vegetales. Requisitos.*

NTE INEN 2427, 2016. *Frutas frescas. Mora. Requisitos.*

NTE INEN-ISO 750, 2013. *Productos vegetales y de frutas - Determinación de la acidez titulable (IDT).*

NTE INEN-ISO 1842, 2013. *Productos vegetales y de frutas - Determinación de pH (IDT).*

NTE INEN-ISO 2173, 2013. *Productos vegetales y de frutas - Determinación de sólidos solubles - Método refractométrico (IDT).*

OMS. *OMS invita a la acción mundial para reducir el consumo de bebidas azucaradas* [blog]. Colombia: Así Vamos en Salud, 2019. [en línea]. [Consulta: 21 enero 2023]. Disponible en: <https://www.asivamosensalud.org/publicaciones/noticias-de-interes/oms-invita-la-accion-mundial-para-reducir-el-consumo-de-bebidas>

OPS/OMS. *Clasificación de los alimentos y sus implicaciones en la salud* [blog]. Ecuador: 2014. [Consulta: 21 enero 2023]. Disponible en: <https://www3.paho.org/ecu/1135-clasificacion-alimentos-sus-implicaciones-salud.html>

OPS/OMS. La OMS insta a tomar acción a nivel mundial para reducir el consumo de las bebidas azucaradas y su impacto sobre la salud [blog]. Suiza: 2016. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=12600:who-urges-global-action-curtail-consumption-sugary-drinks&Itemid=0&lang=es#gsc.tab=0

PANDA, Smita; et al. “Fortification of Fruit Juices by Probiotic Lactic acid Bacteria Producing Siderophore Isolated from Infant Faecal Matter”. *JAM* [en línea], 2014, India 1(5), pp.286-296. [Consulta: 14 febrero 2023]. ISSN 2349-7785. Disponible en: https://hkbpublications.com/Articles/67041cb5-87d9-48ac-b5fb-06f4f404972c_286-296.pdf

PARRA, Ricardo. “Review. Bacterias ácido lácticas: Papel funcional de los alimentos”. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2010, Colombia 8(1), pp.93-105. [Consulta: 17 mayo 2023]. ISSN 1692-3561. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000100012&lng=en&nrm=iso&tlng=es

PATEL, Ami. “Probiotic fruit and vegetable juices-recent advances and future perspective”. *International Food Research Journal* [en línea], 2017, India 24(5), pp.1850-1857. [Consulta: 30 enero 2023]. ISSN 2231-7546. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320755625_Probiotic_fruit_and_vegetable_juices-recent_advances_and_future_perspective

- PERRICONE, Marianne; et al.** “Challenges for the Production of Probiotic Fruit Juices”. *Beverages* [en línea], 2015, Italia 1(2), pp.95-103. [Consulta: 30 enero 2023]. ISSN 2306-5710. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2306-5710/1/2/95>
- PRADO, Mariano.** S-layer de lactobacillus acidophilus: caracterización y análisis funcional (Trabajo de titulación) (Doctoral) [en línea]. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Química Biológica. Buenos Aires-Argentina. 2010. pp.19-20 [Consulta: 20 mayo 2023]. Disponible en: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4606_PradoAcosta.pdf
- RAMÍREZ, José; et al.** “Bacterias lácticas: Importancia en alimentos y sus efectos en la salud”. *Fuente* [en línea], 2011, México 2(7), pp.1-16. [consulta: 23 enero 2023]. ISSN 2007-0713. Disponible en: <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>
- RENNEBERG, Reinhard.** *Biología para principiantes* [en línea]. Barcelona-España: Editorial Reverté, 2020. [Consulta: 8 mayo 2023]. Disponible en: https://www.reverte.com/libro/biologia-para-principiantes_107129/
- RONDON, Lisett; et al.** “Probióticos: Generalidades”. *Archivos Venezolanos de la Puericultura y Pediatría* [en línea], 2015, Venezuela 78(4), pp.123-128. [Consulta: 21 enero 2023]. ISSN 0004-0649. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/avpp/v78n4/art06.pdf>
- ROSADO, Jorge.** “Intolerancia a la lactosa”. *Gaceta Médica de México* [en línea], 2016, México 152(1), pp.67-73. [Consulta: 7 febrero 2023]. ISSN 0016-3813. Disponible en: https://www.anmm.org.mx/bgmm/2016/S1/GMM_152_2016_S1_067-073.pdf
- RUÍZ, Luciana; et al.** Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas. *Alimentos fermentados: microbiología, nutrición, salud y cultura* [en línea]. Tucumán-Argentina: Instituto Danone, 2020. [Consulta: 17 febrero 2023]. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/120385>
- SÁNCHEZ, José; et al.** “Efecto del piso altitudinal sobre la calidad de la mora (*Rubus glaucus* benth) en la región interandina del Ecuador”. *IDESIA* [en línea], 2018, Chile 36(2), pp.209-215. [Consulta: 27 mayo 2023]. ISSN 0718-3429. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v36n2/0718-3429-idesia-00702.pdf>

- SERNA, Johanna.** Elaboración de jugos de fruta con adición de bacterias ácido lácticas con potencial probiótico (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad de La Sabana, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Química. Chía-Colombia. 2012. pp.100-112. [Consulta: 28 marzo 2023]. Disponible en: https://intellectum.unisabana.edu.co/bitstream/handle/10818/3633/Johanna%20Serna%20Jim%E9nez_157728.pdf?sequence=1
- SESMILO, Gemma; & PÉREZ, Laia.** *Frutos rojos* [blog]. España: ENDOCS, 2018. [Consulta: 16 enero 2023]. Disponible en: <https://www.endocrino.cat/es/blog-endocrinologia.cfm/ID/10605/ESP/frutos-rojos.htm#:~:text=Frutos rojos o frutos del,%2C madroños%2C grosellas y moras>
- SPECIALTY PRODUCE.** *Red Fruit* [blog]. Estados Unidos: 2015. [Consulta: 29 mayo 2023]. Disponible en: https://specialtyproduce.com/produce/Red_Fruit_20274.php
- SUMMER FRUIT.** *Cereza* [blog]. España: 2015. [Consulta: 29 enero 2023]. Disponible en: <http://www.summerfruit.es/frutas-frescas/cerezas/>
- SZPADZIK, Ewa; et al.** "Fruit Quality and Contents of Some Bioactive Compounds in Selected Czech Sweet Cherry (*Prunus avium* L.) Cultivars under Conditions of Central Poland". *Agriculture* [en línea], 2022, Polonia 12(11), pp.1-18. [Consulta: 25 enero 2023]. ISSN 2077-0472. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2077-0472/12/11/1859>
- UR-REHMAN, Salim; et al.** 2015. "Xylitol: A Review on Bioproduction, Application, Health Benefits, and Related Safety Issues". *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*- [en línea], 2015, Pakistan 55(11), pp.1514-1528. [Consulta: 10 abril 2023]. ISSN 1549-7852. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24915309/>
- USDA.** *Strawberries, raw* [blog]. USA: 2022. [Consulta: 16 mayo 2023]. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346409/nutrients>
- USDA.** *Cherries, sweet, dark red, raw* [blog]. USA: 2022 [Consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/2346399/nutrient>
- VERA, Ruth.** Análisis de la acidez total en bebidas refrescantes sabor a limón comercializadas en Machala, comparando con la norma INEN 2304 (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud,

Escuela de Ingeniería en alimentos. Machala-Ecuador. 2017. pp.22-25. [Consulta: 28 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11086>

VILLALBA, Marcela; et al. “Producción xilitol a partir de cascarilla de arroz utilizando *Candida guilliermondii*”. *Facultad Nacional de Agronomía* [en línea], 2009, Colombia 62(1), pp.4897-4905. [Consulta: 11 abril 2023]. ISSN 0304-2847. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179915377016>

VINASCO, Marta; et al. “Evaluación de cinco parámetros de calidad en fruta de la mora de castilla *Rubus glaucus* benth variedad sin espigas comparada con la variedad con espigas, en cultivos de la zona sur del departamento del Huilla”. *Revista de Investigaciones UNAD* [en línea], 2010, Colombia 9(2), pp.235-244. [Consulta: 27 mayo 2023]. ISSN 2805-7007. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/revista-de-investigaciones-unad/article/view/685/1506>

WORKU, Kidist; et al. “Probiotication of fruit juices by Supplemented Culture of *Lactobacillus acidophilus*”. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering* [en línea], 2013, Etiopía 99(4), pp.45-48. [Consulta: 26 abril 2023]. ISSN 2166-5192. Disponible en: <http://article.sapub.org/10.5923.j.food.20190902.03.html>

XU, Tianyou. “Blackberry Fruit: Nutrition Facts and Health Benefits”. *Virginia Cooperative Extension* [en línea], 2022, Estados Unidos, pp.1-5. [Consulta: 1 enero 2023]. Disponible en: https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/spes/spes-366/SPES-366P.pdf



ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE pH DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS

Análisis de varianza: Resultados de pH de los jugos probióticos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5,06	2	2,53	399,58	<0,0001
Tipo de fruta	5,06	2	2,53	399,58	<0,0001
Error	0,08	12	0,01		
Total	5,14	14			

Prueba de separación de medias según Tukey (P < 0,05)

Tipo de fruta	Medias	n	E.E.	Rango
Cereza	4,46	5	0,04	A
Fresa	3,34	5	0,04	B
Mora	3,14	5	0,04	C

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

ANEXO B: RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE ACIDEZ DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS

Análisis de varianza: Resultados de acidez de los jugos probióticos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	2	0,06	736,75	<0,0001
Tipo de fruta	0,12	2	0,06	736,75	<0,0001
Error	9,60E-04	12	8,00E-05		
Total	0,12	14			

Prueba de separación de medias según Tukey (P < 0,05)

Tipo de fruta	Medias	n	E.E.	Rango
Fresa	0,52	5	4,00E-03	A
Mora	0,35	5	4,00E-03	B
Cereza	0,32	5	4,00E-03	C

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

ANEXO C: RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE °BRIX DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS

Análisis de varianza: Resultados de °Brix de los jugos probióticos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	23,13	2	11,56	1651,81	<0,0001
Tipo de fruta	23,13	2	11,56	1651,81	<0,0001
Error	0,08	12	0,01		
Total	23,21	14			

Prueba de separación de medias según Tukey (P < 0,05)

Tipo de fruta	Medias	n	E.E.	Rango
Cereza	7,12	5	0,04	A
Fresa	5,68	5	0,04	B
Mora	4,08	5	0,04	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO D: RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Análisis de varianza: Resultados de bacterias probióticas de los jugos probióticos

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,48E+13	2	7,4E+12	24,67	0,0001
Tipo de fruta	1,48E+13	2	7,4E+12	24,67	0,0001
Error	3,6E+12	12	3E+11		
Total	1,84E+13	14			

Prueba de separación de medias según Tukey (P < 0,05)

Tipo de fruta	Medias	n	E.E.	Rango
Fresa	8600000	5	244948,97	A
Mora	6600000	5	244948,97	B
Cereza	6400000	5	244948,97	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

ANEXO E: RESULTADOS ESTADISTICOS DE LA PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL

Atributo Color

Variable	Tipo de fruta	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Color	Cereza	25	2,68	1,14	3	30,52	<0,0001
Color	Fresa	25	4,4	0,71	5		
Color	Mora	25	4,52	0,65	5		

Atributo Olor

Variable	Tipo de fruta	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Olor	Cereza	25	2,84	1,18	3	24,22	<0,0001
Olor	Fresa	25	4,28	0,84	4		
Olor	Mora	25	4,44	0,77	5		

Atributo Sabor

Variable	Tipo de fruta	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Sabor	Cereza	25	2,96	1,27	3	13,6	0,0007
Sabor	Fresa	25	4,24	0,93	5		
Sabor	Mora	25	3,44	1,04	4		

Atributo Textura en boca

Variable	Tipo de fruta	N	Medias	D.E.	Medianas	H	p
Textura en boca	Cereza	25	3,32	1,07	3	8,7	0,0087
Textura en boca	Fresa	25	4,2	0,82	4		
Textura en boca	Mora	25	3,6	1	4		

PRUEBA SENSORIAL DE ACEPTABILIDAD

Nombre del producto: Jugos probióticos **Fecha:** _____

Instrucciones: A continuación, se le presenta tres muestras de jugos probióticos. Por favor inicie la degustación, seleccione el nivel de agrado en base a la escala mostrada y coloque el puntaje que usted considere adecuado para evaluar los atributos de cada muestra.

Nota: Recuerde tomar agua entre cada muestra para limpiar su paladar.

Puntaje	Nivel de agrado
5	Me gusta mucho
4	Me gusta moderadamente
3	Ni me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta moderadamente
1	Me disgusta mucho

CÓDIGO ATRIBUTOS	MUESTRAS		
Color			
Olor			
Sabor			
Textura en boca			

¡GRACIAS POR SU COLABORACIÓN!

ANEXO G: ELABORACIÓN DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS



Anexo 1G: Selección y clasificación de la fruta



Anexo 2G: Lavado y desinfección de la fruta



Anexo 3G: Triturado



Anexo 4G: Tamizado



Anexo 5G: Homogenización de la pulpa, agua y xilitol



Anexo 6G: Inoculación del *L. acidophilus*



Anexo 7G: Envasado



Anexo 8G: Fermentación



Anexo 9G: Producto final

ANEXO H: ANÁLISIS FISICOQUIMICO DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS



Anexo 1H: Medición de pH



Anexo 2H: Titulación para la acidez



Anexo 3H: Análisis de los °Brix

ANEXO I: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS



Anexo 12I: Esterilización de todos los materiales



Anexo 13I: Siembra de los microorganismos



Anexo 14I: Incubación



Anexo 12I: Conteo de bacterias probióticas



Anexo 13I: Conteo de Coliformes totales



Anexo 14I: Recuento de mohos y levaduras

ANEXO J: EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS JUGOS PROBIÓTICOS





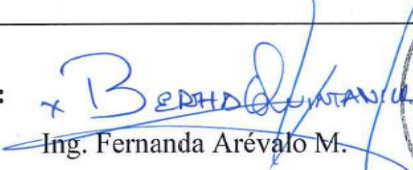
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06/ 11/ 2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES
Nombres – Apellidos: Melida Maribel Ochog Congacha
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias Pecuarias
Carrera: Agroindustria
Título a optar: Ingeniera Agroindustrial
f. Analista de Biblioteca responsable:  Ing. Fernanda Arévalo M.



1824-DBRA-UPT-2023