



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**CALIDAD DEL YOGURT ELABORADO CON PREBIÓTICOS DE**  
*Opuntia ficus-indica* **Y** *Passiflora edulis* **EN FUNCIÓN DE LA**  
**CONCENTRACIÓN DE PROBIÓTICOS INOCULADOS DURANTE**  
**LA ETAPA FERMENTATIVA**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORA:** YOCASTA SALOMÉ VELASTEGUI PARRAGA

**DIRECTORA:** Dra. IRENE DEL CARMEN GAVILANES TERÁN, PhD.

Riobamba – Ecuador

2024

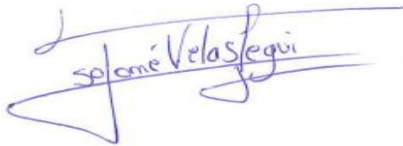
© 2024, Yocasta Salomé Velastegui Párraga

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, Yocasta Salomé Velastegui Párraga, 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, 17 de mayo de 2024



**Yocasta Salomé Velastegui Párraga**  
**C.I. 065043392-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Trabajo Experimental, **CALIDAD DEL YOGURT ELABORADO CON PREBIÓTICOS DE *Opuntia ficus-indica* Y *Passiflora edulis* EN FUNCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE PROBIÓTICOS INOCULADOS DURANTE LA ETAPA FERMENTATIVA**, realizado por la señorita: **YOCASTA SALOMÉ VELASTEGUI PÁRRAGA**, 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.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2024-05-17
Dra. Irene del Carmen Gavilanes Terán, PhD. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-05-17
Dra. Sandra Noemi Escobar Arrieta, PhD. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2024-05-17

## **DEDICATORIA**

A mis amados padres, Margarita Párraga y Byron Velastegui, y a mi abuelita Flora Caicedo, cuyo amor incondicional y apoyo constante han sido mi roca en los momentos más desafiantes. A mis queridos hermanos, Surya, Neus y Josep, quienes han sido mi fuente de alegría y compañía en cada paso del camino. A mi enamorado, Charly, por su paciencia, comprensión y aliento constante que me han dado fuerzas para perseverar. A todos ustedes, mi gratitud eterna por ser mi inspiración y por creer en mí incluso cuando dudaba de mí mismo. ¡Gracias por ser mi mayor motivación y por estar siempre a mi lado en este viaje hacia el éxito!

Yocasta

## **AGRADECIMIENTO**

Estoy profundamente agradecida por el apoyo incondicional que he recibido en mi viaje hacia la culminación de este trabajo de titulación. Agradezco a Dios por su guía constante y fortaleza, a mi familia por ser mi pilar con su apoyo inquebrantable, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por haberme abierto sus puertas, a los docentes por sus enseñanzas, en especial a la Dra. Irene Gavilanes, quien me brindo orientación durante todo este proceso y representa un modelo a seguir para mí.

Yocasta

## ÍNDICE DE CONTENIDO

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

### CAPITULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
1.1 Planteamiento del problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	5
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	6
1.4 Hipótesis.....	6
1.4.1 <i>Hipótesis nula</i> .....	6
1.4.2 <i>Hipótesis alternativa</i> .....	6

### CAPITULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
2.1 Antecedentes de investigación.....	7
2.2 Referencias teóricas.....	9
2.2.1 <i>Leche</i> .....	9
2.2.2 <i>Yogurt</i> .....	14
2.2.3 <i>Bacterias ácido-lácticas</i> .....	17
2.2.4 <i>Bacterias probióticas</i> .....	18
2.2.5 <i>Prebióticos</i> .....	20
2.2.6 <i>Fermentación</i> .....	21
2.2.7 <i>Componentes</i> .....	22
2.2.8 <i>Definición microorganismos y medios de cultivos</i> .....	30
2.2.9 <i>Definiciones del análisis fisicoquímico</i> .....	32
2.2.10 <i>Análisis proximal</i> .....	32

2.2.11	<i>Definiciones de los análisis complementarios</i> .....	36
--------	---	----

### CAPITULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	39
3.1	<b>Enfoque de investigación</b> .....	39
3.2	<b>Nivel de la investigación</b> .....	39
3.3	<b>Diseño de investigación</b> .....	39
3.3.1	<i>Según la manipulación o no de variable independiente</i> .....	39
3.3.2	<i>Según las intervenciones en el trabajo de campo</i> .....	39
3.4	<b>Tipo de Estudio</b> .....	39
3.5	<b>Diseño Experimental</b> .....	40
3.6	<b>Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra.</b> .....	40
3.6.1	<i>Población y planificación</i> .....	40
3.6.2	<i>Selección y cálculo del tamaño de la muestra</i> .....	40
3.7	<b>Materia prima, materiales, reactivos y equipos</b> .....	41
3.7.1	<i>Diagrama resumen de la metodología a utilizar</i> .....	41
3.7.2	<i>Materia prima</i> .....	41
3.7.3	<i>Materiales</i> .....	42
3.7.4	<i>Equipos</i> .....	42
3.7.5	<i>Reactivos</i> .....	43
3.7.6	<i>Medios de cultivo</i> .....	44
3.8	<b>Métodos y técnicas empleadas en la investigación</b> .....	44
3.8.1	<i>Análisis sensorial de la leche</i> .....	44
3.8.2	<i>Caracterización fisicoquímica de la leche</i> .....	44
3.8.3	<i>Control de calidad microbiológico de leche</i> .....	47
3.8.4	<i>Caracterización fisicoquímica de las materias primas</i> .....	47
3.8.5	<i>Análisis Bromatológico proximal</i> .....	48
3.8.6	<i>Formulación del yogurt regida a la noma NTE INEN 2395:2011</i> .....	53
3.8.7	<i>Control de calidad microbiológico de las formulaciones</i> .....	54
3.8.8	<i>Análisis Bromatológico-Complementarios</i> .....	55

### CAPITULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	60
4.1	<b>Caracterización de la leche</b> .....	60
4.2	<b>Requisitos fisicoquímicos de la leche</b> .....	61



4.3	Análisis bromatológicos complementario de leche .....	62
4.4	Análisis proximal bromatológico de la materia prima .....	62
4.5	Análisis fisicoquímico de las materias primas.....	64
4.6	Análisis complementario bromatológico de la materia prima.....	65
4.7	Análisis de metales pesados presentes en la materia prima.....	67
4.8	Elaboración de las formulaciones.....	70
4.8.1	<i>Diseño experimental utilizado para la elaboración yogurt</i> .....	70
4.9	Análisis bromatológico proximal y complementario de distintas formulaciones de yogurt .....	70
4.10	Pruebas de estabilidad durante el almacenamiento de las formulaciones.....	73
4.10.1	<i>Estabilidad de las propiedades organolépticas</i> .....	73
4.10.2	<i>Estabilidad de las propiedades fisicoquímicas</i> .....	74
4.10.3	<i>Estabilidad microbiológica de las formulaciones de yogurt</i> .....	77
4.11	Etiquetado nutricional de la mejor formulación .....	78
4.12	Comparación nutricional entre el yogurt control (Toni) y mejor formulación ...	80
4.13	Comprobación de la hipótesis.....	81

## CAPITULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	82
5.1	Conclusiones.....	82
5.2	Recomendaciones.....	84

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Contenido de grasa en leche .....	10
<b>Tabla 2-2:</b> Requisitos fisicoquímicos de la leche.....	10
<b>Tabla 2-3:</b> Limite para contaminantes en la leche.....	11
<b>Tabla 2-4:</b> Requerimientos microbiológicos.....	11
<b>Tabla 2-5:</b> Composición de la leche (por cada 100 gramos).....	11
<b>Tabla 2-6:</b> Clasificación y características del yogurt .....	15
<b>Tabla 2-7:</b> Especificaciones de leches fermentadas (yogurt).....	16
<b>Tabla 2-8:</b> Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento .....	16
<b>Tabla 2-9:</b> Cantidad de microorganismos específicos en yogur .....	16
<b>Tabla 2-10:</b> Composición química del yogur.....	17
<b>Tabla 2-11:</b> Microorganismos ácido-láctico con propiedades probióticas.....	18
<b>Tabla 2-12:</b> Clasificación taxonómica de Passiflora edulis .....	22
<b>Tabla 2-13:</b> Caracterización bromatológica proximal del maracuyá (por 100 g de pulpa).....	24
<b>Tabla 2-14:</b> Caracterización bromatológica complementaria del maracuyá (por 100 g de pulpa) .....	24
<b>Tabla 2-15:</b> Clasificación taxonómica de Opuntia ficus-indica.....	26
<b>Tabla 2-16:</b> Caracterización bromatológico proximal (por 100 gramos).....	29
<b>Tabla 2-17:</b> Caracterización bromatológico complementario (por 100 gramos).....	29
<b>Tabla 3-1:</b> Requisitos y técnicas para el desarrollo microbiológico. ....	54
<b>Tabla 3-2:</b> procedimiento para los estándares en el análisis de Fe.....	56
<b>Tabla 3-3:</b> procedimiento para los estándares en el análisis de K.....	57
<b>Tabla 3-4:</b> procedimiento para los estándares en el análisis de Ca .....	57
<b>Tabla 3-5:</b> procedimiento para los estándares en el análisis de P .....	58
<b>Tabla 4-1:</b> Caracterización de la leche de acuerdo con la normativa INEN 9:2012 .....	60
<b>Tabla 4-2:</b> Parámetros fisicoquímicos de la leche fresca .....	61
<b>Tabla 4-3:</b> Análisis bromatológicos de leche.....	62
<b>Tabla 4-4:</b> Análisis proximal bromatológico de la materia prima .....	63
<b>Tabla 4-5:</b> Resultados fisicoquímicos de las materias primas .....	64
<b>Tabla 4-6:</b> valor nutricional de las materias primas.....	66
<b>Tabla 4-7:</b> Promedios de concentración de metales pesados por materia prima.....	67
<b>Tabla 4-8:</b> Formulación para la elaboración de yogur con variadas concentraciones de Probióticos .....	70
<b>Tabla 4-9:</b> Análisis bromatológico proximal de las formulaciones .....	70

<b>Tabla 4-10:</b> Análisis bromatológico complementario de las formulaciones .....	72
<b>Tabla 4-11:</b> Estabilidad organoléptica de las formulaciones a 4 C° .....	73
<b>Tabla 4-12:</b> Propiedades fisicoquímicas del día 1.....	74
<b>Tabla 4-13:</b> Propiedades fisicoquímicas del día 7.....	75
<b>Tabla 4-14:</b> Propiedades fisicoquímicas del día 15.....	76
<b>Tabla 4-15:</b> Estabilidad de yogures.....	77

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Proceso de fermentación láctica.....	21
<b>Ilustración 2-2 :</b> Passiflora edulis (maracuyá).....	22
<b>Ilustración 2-3:</b> Características botánicas de la Passiflora edulis .....	23
<b>Ilustración 2-4:</b> Opuntia ficus-indica (tuna) .....	25
<b>Ilustración 2-5:</b> Clasificación botánica de Opuntia ficus-indica.....	26
<b>Ilustración 2-6:</b> Composición del fruto de tuna.....	27
<b>Ilustración 2-7:</b> Cladodio de tuna .....	28
<b>Ilustración 2-8:</b> Esquema de la determinación materia grasa .....	34
<b>Ilustración 2-9:</b> Extracción Soxhlet .....	35
<b>Ilustración 3-1:</b> Metodología .....	41
<b>Ilustración 4-1:</b> Valor nutricional formulación 2.....	79
<b>Ilustración 4-2:</b> Sistema gráfico formulación 2.....	79
<b>Ilustración 4-3:</b> Valor nutricional yogur Toni .....	80
<b>Ilustración 4-4:</b> Valor nutricional formulación 2.....	80

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** CARACTERIZACIÓN DE LECHE CRUDA

**ANEXO B:** ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL

**ANEXO C:** ELABORACIÓN DE LAS FORMULACIONES

**ANEXO D:** CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO

**ANEXO E:** PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

**ANEXO F:** ANÁLISIS BROMATOLÓGICO COMPLEMENTARIO

## RESUMEN

El yogurt es un alimento que se obtiene por la fermentación de bacterias ácido-lácticas y es muy consumido a nivel mundial, por ello el sector lácteo se encuentra en una constante evolución para satisfacer las necesidades nutricionales de la población con productos enriquecidos. Por ende, el objetivo de la investigación fue evaluar la calidad del yogurt elaborado con prebióticos de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, en función de la concentración de probióticos inoculados durante la etapa fermentativa en beneficio de propiedades nutricionales. Se receiptó la leche de acuerdo con los análisis estipulados en la normativa NTE INEN 9:2012 y frutas en perfecto estado; se inoculo la leche con cepas probióticas (ABY-3), luego se formuló 4 yogures con diferentes concentraciones del fermentado a 25%, 50%, 75% y 100%. Posteriormente se almacenó por 15 días a 4 °C, durante este tiempo se realizaron pruebas organolépticas, fisicoquímicas, bromatológicas proximales y complementarias, con una evaluación de estabilidad acompañado de pruebas microbiológicas. Consecutivamente, con la ayuda del estadístico ANOVA se determinó la relación entre las medias de los tratamientos para elegir la mejor formulación con elevada calidad nutritiva. Siendo la formulación 2 quién ofrece la mayor cantidad de vitamina C, hierro, fósforo y potasio en comparación al yogurt comercial. Además, las 4 formulaciones demostraron contener valores de fibra que se le atribuye a la implementación de la penca, tuna y maracuyá. Finalmente se demostró que el tiempo estimado de vida útil de las formulaciones realizadas es de 7 días.

**Palabras clave:** <TUNA >, <MARACUYÁ >, <PROBIÓTICOS>, < PREBIÓTICOS>, < YOGURT>, <BACTERIA>, <ÁCIDO LÁCTICAS >, < ETIQUETADO NUTRICIONAL>, <ALIMENTO ENRIQUECIDO >.

07010-DBRA-UPT-2024



## ABSTRACT

The main objective of this research study was to evaluate the quality of yogurt made with prebiotics from *Opuntia ficus-indica* and *Passiflora edulis*, according to the concentration of probiotics inoculated during the fermentation stage for the benefit of nutritional properties. Yogurt is a food obtained by the fermentation of lactic acid bacteria and is widely consumed worldwide; therefore, the dairy sector is constantly evolving to meet the nutritional needs of the population with enriched products. Therefore, the milk was received according to the analyses stipulated in the NTE INEN 9:2012 standard and fruits in perfect condition; the milk was inoculated with probiotic strains (ABY-3), then 4 yogurts were formulated with different concentrations of the fermented product at 25%, 50%, 75% and 100%. Subsequently, it was stored for 15 days at 4 °C, during which time organoleptic, physicochemical, proximal and complementary bromatological tests were carried out, with an evaluation of stability accompanied by microbiological tests. Subsequently, with the help of the ANOVA statistic, the relationship between the means of the treatments was determined in order to choose the best formulation with high nutritional quality. Formulation 2 offered the highest amount of vitamin C, iron, phosphorus and potassium compared to commercial yogurt. In addition, all 4 formulations were shown to contain fiber values attributed to the implementation of penca leaf, tuna and passion fruit. Finally, the estimated shelf life of the formulations was shown to be 7 days.

**Keywords:** <TUNA >, <PASSION FRUIT >, <PROBIOTICS>, < PREBIOTICS>, <YOGHURT>, <BACTERIA>, <LACTIC ACID>, <NUTRIENTIAL LABELING>, <ENRICHED FOOD>.



---

Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva

## INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la industria láctea, el yogurt ha cobrado una gran relevancia, gracias a sus múltiples beneficios para la salud y su versatilidad en la dieta humana, con raíces que se remontan a las antiguas civilizaciones de Mesopotamia hace miles de años. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) correspondientes al año 2021, el consumo global de yogurt alcanzó aproximadamente 368 millones de toneladas, lo que refleja su gran popularidad y su influencia significativa en los hábitos alimenticios a escala mundial (FAO, 2021, pág. 1).

Por ello este estudio se enfoca en la innovación de un nuevo producto, aprovechando los beneficios de las frutas de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, al ser incorporadas a la leche, junto con cultivos probióticos (*Bifidobacterium species Lactobacillus acidophilus Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus Streptococcus thermophilus*). De esta manera, el yogurt no solo se convierte en un alimento delicioso, sino que también aporta un valor nutricional a la dieta diaria para mejorar los atributos nutricionales y sensoriales. La presencia de ácido láctico, generado durante la fermentación, mejora la estabilidad y promueve la salud del sistema digestivo, brindando una defensa natural contra infecciones y enfermedades. Además, estimula el metabolismo, así como disminuye el insomnio, la hipertensión y las alergias, entre otras alteraciones (Nyanzi et al., 2021, págs. 1-19).

Es así como se comprende que las diferentes concentraciones de probióticos pueden influir en la calidad del yogurt. En cuanto, a la textura y beneficios microbiológicos, a la vez se añade el potencial de la fibra dietaria proveniente de la penca, tuna y maracuyá, como compuestos que pueden enriquecer el yogurt con prebióticos y mejorar su perfil nutricional.

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo, analizando la influencia de la concentración de probióticos en la viabilidad del yogurt, con un diseño experimental de varianza ANOVA de un solo factor con pruebas de comparación múltiple mediante el test de Tukey, que permite obtener medias entre 4 concentraciones diferente de probióticos, considerando sus propiedades bromatológicas y fisicoquímicas mejorando la calidad del producto lácteo y, por ende, a la salud digestiva del consumidor en comparación con un yogur comercial Toni.

Finalmente, se eligió a la mejor formulación de acuerdo con todos sus estudios, cuyos análisis se llevan a cabo en el Laboratorio de Bromatología y en el Laboratorio de Impactos y Protección Ambiental de la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.



# CAPÍTULO I

## 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

La Organización Mundial de la Salud (OMS), reporta un aumento gradual en las enfermedades gastrointestinales, ocasionadas principalmente por bacterias, parásitos, virus y dietas poco saludables, demostrándose un acenso del 20% de la prevalencia en comparación a la última década, lo que genera una preocupación para la salud digestiva a nivel global, respaldada por el informe reciente de las Naciones Unidas titulado "Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional 2022". Este artículo destaca que un porcentaje significativo de la población enfrenta dificultades económicas para acceder a una dieta saludable. En América Latina, esta dificultad afecta al 22,5% de la población, mientras que en el Caribe alcanza el 52%, en Mesoamérica el 27,8%, en América del Sur el 18,4% y en Ecuador el 36,8%. Estas cifras subrayan la urgente necesidad de abordar integralmente este desafío, como es el hecho de la elaboración de un alimento que tenga un alto contenido de probiótico, especialmente considerando las dificultades económicas que muchos enfrentan para acceder a una alimentación adecuada (FAO et al., 2023, págs. 43-56).

Las cepas probióticas representan una innovación en el campo alimentario que han sido aprovechadas por muchas industrias lácteas. Estos microorganismos, conocidos por sus beneficios para la salud gastrointestinal, ofrecen un prometedor cambio para la creación de un producto lácteo funcional y nutritivo. Las más aprovechadas son *Bifidobacterium species*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. La incorporación de estas cepas pretende potenciar las características nutricionales del yogurt y fomentar la innovación en el mercado lácteo (Toca et al., 2022, págs. 54-57).

El yogurt, es un producto coagulado obtenido a través de la fermentación láctica de la leche, siendo el resultado de la actividad fermentativa de bacterias como el *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. thermophilus*. Estas cepas bacterianas pueden estar acompañadas por microorganismos probióticos. La adopción de probióticos en la industria alimentaria se sustenta en su capacidad aprobada para contribuir de manera significativa a la salud de los consumidores. Sin embargo, a medida que avanza la tecnología, se llevan a cabo investigaciones destinadas a priorizar y emplear nuevos componentes e ingredientes en la formulación de productos comerciales, con el propósito de continuar mejorando la calidad y los beneficios de estos alimentos (Liu et al., 2022, págs. 1-9).

Actualmente, existe una gran cantidad de investigaciones que respaldan la seguridad y los efectos benéficos de los probióticos. Pero cabe resaltar que, en ciertos grupos vulnerables, como las mujeres embarazadas y las personas con sistemas inmunológicos debilitados debido a tratamientos de inmunosupresión, pueden presentar efectos adversos asociados con el consumo de probióticos. Por este motivo, los prebióticos pueden surgir como una alternativa viable o incluso complementaria. Es por ello, que la fibra dietética es considerada como un excelente prebiótico, que ayuda a reducir el riesgo de padecer ciertas enfermedades crónicas y a pesar de esto, su ingesta mundial está por debajo de los niveles favorables (Rodríguez et al., 2020, págs. 18-28).

La tuna es ampliamente reconocida por su riqueza en fibra, que se ha utilizado tradicionalmente como una fuente de prebióticos. Este recurso proviene de una especie arbustiva con cladodios y frutos que ha demostrado ser valiosa en la gastronomía. No obstante, la integración de esta fibra de tuna en la producción de yogurt plantea un desafío intrigante que merece una atención importante. A pesar de las potenciales ventajas nutricionales y funcionales que ofrece esta fibra natural, su aplicación en el yogurt es un campo poco explorado e investigado a profundidad. Esta falta de investigación genera una brecha de conocimiento que impacta tanto en la industria alimentaria como en la experiencia de los consumidores (Silva y Zucolotto, 2021, págs. 13-23).

En cuanto a la *Pasiflora edulis*, también distinguida como maracuyá, cultivada alrededor del mundo y considerada como popular en Colombia, Perú, Ecuador, Venezuela, y otros países de América Central de África y de Australia, se ha destacado por su contenido significativo de fibra, que incluye tanto la pulpa como las semillas de la fruta (Weill, 2017, pág. 178). De igual forma, su estudio dentro del ámbito lácteo es reducido y se considera que puede ser benéfico cuando se combine con la tuna y probióticos, es así como se podría abordar este tema aun inexplorado.

## **1.2 Justificación**

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Organización de las Naciones Unidas (ONU), se destaca la relevancia del Eje 2: Hambre Cero aborda que “Para 2030, poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas, en particular los pobres y las personas en situaciones vulnerables, incluidos los lactantes, a una alimentación sana, nutritiva y suficiente durante todo el año”. Además, el Objetivo 2.2 de los ODS establece que “Para 2030, poner fin a todas las formas de malnutrición, incluso logrando, a más tardar en 2025, las metas convenidas internacionalmente sobre el retraso del crecimiento y la emaciación de los niños menores de 5 años, y abordar las necesidades de nutrición de las adolescentes, las mujeres embarazadas y lactantes y las personas de edad”. Al abordar estas cuestiones, se pretende aportar conocimientos y estrategias que puedan influir positivamente en la erradicación del hambre y la mejora de la salud nutricional a nivel global. Este estudio busca no solo explorar la calidad del

yogur en sí, sino también evaluar cómo la inclusión de prebióticos derivados de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, junto con diferentes concentraciones de probióticos durante la fermentación, puede contribuir a la oferta de alimentos más nutritivos y accesibles (Organización Mundial de las Naciones Unidas, 2023, págs. 1-80).

La presente investigación encuentra su fundamento en la Constitución del Ecuador, específicamente en la sección primera referente al agua y alimentación, más concreto en el Artículo 13. Este artículo establece que “Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos; preferentemente producidos a nivel local y en correspondencia con sus diversas identidades y tradiciones culturales. El Estado ecuatoriano promoverá la soberanía alimentaria”. Dicho esto, se alinea con estos principios constitucionales al investigar la calidad del yogur, así la comprensión de cómo los productos alimentarios pueden contribuir a la soberanía alimentaria y a la diversidad cultural del Ecuador. En este sentido, la investigación propuesta no solo cumple con un propósito académico, sino que también responde a la responsabilidad social de contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar de la sociedad ecuatoriana (Martínez et al., 2021, pág. 74).

Desde su descubrimiento alrededor del 5000 a.C., el yogurt ha perdurado como un alimento apreciado por la humanidad. Hoy en día, se produce mediante la fermentación de la leche con bacterias específicas, como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. En el mundo, el yogurt ha desempeñado un papel significativo en la dieta local y se considera un producto saludable, vinculado a diversos beneficios para la salud, incluyendo su potencial en terapias alternativas para afecciones como el cáncer de colon y obesidad, además de contribuir al fortalecimiento del organismo (Liu et al., 2022, págs. 1-9).

En la actualidad, el uso de bacterias probióticas como alimento ha realzado las propiedades nutritivas del yogurt, consolidándolo como uno de los principales alimentos funcionales. Estas bacterias probióticas desempeñan un papel importante en la prevención y tratamiento de enfermedades infecciosas agudas del tracto digestivo, así como en condiciones crónicas intestinales y hepáticas. Además, tienen un impacto significativo en la función inmunológica del hospedador y en el equilibrio intestinal, y tienen la capacidad de modular la composición del microbiota intestinal. Es destacable que ciertas cepas probióticas, tanto individualmente como en combinación, demuestran un efecto inmunomodulador potente, no solo en condiciones intestinales variadas, sino también en trastornos alérgicos y autoinmunes, como el asma, la dermatitis atópica y la artritis reumatoide (Saborido y Leis, 2018, págs. 45-48).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), definen a los probióticos como organismos vivos que

brindan beneficios para la salud del hospedero cuando se administran en cantidades adecuadas. Además de los probióticos existe también los prebióticos que son una alternativa, es decir, que aumentan el tiempo de vida de los probióticos en el tracto digestivo (Molina, 2019, págs. 601-611).

Por otro lado, el maracuyá y la tuna son una fuente considerable de fibra, es decir, que presentan propiedades prebióticas. La fibra, un componente esencial de nuestra dieta, ha capturado la atención de la comunidad científica y nutricional. Al ser una fuente no digerible para el ser humano, pero si para las bacterias benéficas intestinales, es decir, la fibra actúa como un prebiótico, proporcionando un entorno propicio para el crecimiento y la actividad de estas bacterias. Además de facilitar el equilibrio del microbiota intestinal, la fibra prebiótica también ha demostrado tener efectos positivos en la inmunidad, la absorción de nutrientes y la regulación del azúcar en sangre. Este papel multifacético de la fibra como prebiótico subraya su importancia en la promoción de la salud gastrointestinal (He et al., 2020, págs. 1-16).

Dada la creciente preocupación por mejorar la calidad del yogurt mediante nuevas formulaciones y la incorporación de diversos aditivos, como los probióticos, se ha decidido que el siguiente trabajo tendrá como objetivo de evaluar la calidad del yogurt elaborado con prebióticos de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, variando la concentración de probióticos inoculados durante el proceso de fermentación en beneficio de propiedades nutricionales, ya que reviste una importancia práctica destacada en el contexto actual de la salud y el bienestar alimentario.

Además, el uso de tuna y maracuyá como fuentes de prebióticos aporta un componente innovador y sostenible al estudio, ya que estas plantas son conocidas por sus propiedades beneficiosas para la salud como antioxidantes (vitamina A, C) y minerales (potasio, magnesio, calcio, fósforo), así los resultados de esta investigación no solo contribuirán al conocimiento científico en el campo de la alimentación funcional, sino que también podrían tener implicaciones prácticas para la industria alimentaria, al proporcionar pautas para la formulación de productos lácteos mejorados nutricionalmente y promotores de la salud intestinal.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

Evaluar la calidad del yogurt elaborado con prebióticos de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, en función de la concentración de probióticos inoculados durante la etapa fermentativa en beneficio de propiedades nutricionales.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Formular un yogurt basado en la norma NTE INEN 2395:2011, utilizando *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis* mediante la inoculación de cuatro concentraciones diferentes de cultivo de probióticos durante el proceso fermentativo, con el propósito de la obtención de un producto enriquecido y seguro para la alimentación humana.
- Determinar las propiedades organolépticas y fisicoquímica del yogurt, considerando las variaciones de la concentración probiótica para la aceptabilidad sensorial.
- Realizar el análisis bromatológico del yogurt a base de tuna (*Opuntia ficus-indica*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) para la identificación de los componentes nutricionales.
- Analizar la viabilidad y actividad de cepas probióticas en yogurt con prebióticos de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis* a través de los análisis microbiológicos a lo largo del proceso fermentativo.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis nula**

H0: La concentración del probiótico no influye significativamente en la calidad nutricional del yogurt elaborado con *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*.

### **1.4.2 Hipótesis alternativa**

H1: La concentración del probiótico influye significativamente en la calidad nutricional del yogurt elaborado con *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

La importancia de explorar nuevas posibilidades en la utilización del nopal de tuna y su combinación con el maracuyá radica en el creciente interés de la combinación de probióticos con prebióticos, motivado por la preocupación sobre las afecciones gastrointestinales y la necesidad de fortalecer del sistema inmunológico, reducir las alergias, diabetes, las enfermedades renales, entre otras. En este contexto, el yogurt se presenta como un vehículo ideal para administrar estos componentes, ya que ha demostrado efectos beneficiosos en la mejora del equilibrio del microbiota intestinal, lo que, a su vez, puede contribuir a mejorar la calidad de vida.

En un estudio llevado a cabo en India sobre la "Asociación entre el consumo de probióticos, prebióticos y yogur y la enfermedad renal crónica: The NHANES 2010-2020", se aplicó una metodología prospectiva de análisis de datos procedentes de la Encuesta Nacional de Examen de Salud y Nutrición. Este estudio examinó el consumo de probióticos, prebióticos y yogur, además del diagnóstico de enfermedad renal crónica (ERC) utilizando parámetros de filtrado glomerular (TFGe) y cociente albúmina-creatinina (ACR). Los resultados revelaron que aquellos que consumieron estos productos mostraron una prevalencia significativamente menor de ERC, con una reducción de riesgo del 32% en individuos de 55 años o más y en la población femenina. Por tal motivo, estos hallazgos sugieren que la ingesta de probióticos, prebióticos y yogur desempeña un papel importante en la prevención y reducción del riesgo de ERC, y una menor tendencia al tabaquismo y al consumo excesivo de alcohol con mayor actividad física (Liu et al., 2022, págs. 1-9).

En otro estudio realizado en Estados Unidos, denominado "El efecto del yogur probiótico en el control glucémico en la diabetes tipo 2 o la obesidad: un metaanálisis de nueve ensayos controlados aleatorios" se efectuó una revisión sistemática y un metaanálisis de ensayos clínicos aleatorizados con el propósito de evaluar los efectos del yogur probiótico en el control de los niveles de glucosa en pacientes que padecen diabetes tipo 2 y obesidad, a través de una búsqueda en las bases de datos de Medline y Scopus. En total, se analizaron nueve ensayos que incluyeron 237 pacientes que consumieron yogur probiótico y 235 que consumieron yogur convencional, obteniendo como resultados del estudio que no se demostraron diferencias estadísticamente significativas en los niveles de hemoglobina A1c (HbA1c) entre el grupo que consumió yogur probiótico y el grupo de control en pacientes con diabetes tipo 2. Asimismo, no se observaron efectos del yogur probiótico en los niveles de glucosa en ayunas, insulina en ayunas o resistencia a la insulina. Por lo tanto, este análisis no proporciona evidencia sólida que respalde la

superioridad del yogur probiótico en comparación con el yogur convencional en lo que respecta a la mejora del control de la glucosa en pacientes con diabetes u obesidad , es así que se sugiere llevar a cabo investigaciones más amplias con el fin de confirmar los posibles beneficios del yogur probiótico, yogur convencional u otros productos lácteos fermentados probióticos, como el kéfir, en relación con los indicadores glucémicos en pacientes que padecen diabetes y obesidad (Barengolts et al., 2019, págs. 6-8).

Posteriormente, en otra investigación llevada a cabo en el mismo país, se realizó un proyecto sobre los “Productos lácteos fermentados, suplementos probióticos y enfermedades cardio metabólicas: una revisión sistemática y metaanálisis”. Esta iniciativa implicó la evaluación de estudios de cohortes prospectivos (PCS) para analizar la relación entre el consumo regular de alimentos lácteos fermentados (FDF) y los factores de riesgo relacionados con las enfermedades cardiometabólicas (DMC), y ensayos controlados aleatorizados (ECA). Se incluyeron un total de veinte PCS y 52 ECA que cumplieron con los criterios de inclusión en una revisión sistemática y un análisis conjunto de datos. Los resultados mostraron que el consumo de leche fermentada se asoció con una reducción del 4% en el riesgo de accidentes cerebrovasculares, enfermedad cardíaca isquémica y mortalidad cardiovascular en PCS, mientras que el yogur se relacionó con una disminución del 27% en el riesgo de diabetes tipo 2 (DM2) y un 20% en la prevalencia del síndrome metabólico. En ECA, la suplementación con probióticos en productos lácteos redujo los biomarcadores lipídicos en individuos hipercolesterolémicos, y la suplementación con cápsulas o polvos probióticos resultó en una disminución más pronunciada de los biomarcadores de DM2 en sujetos diabéticos. Ambos enfoques de tratamiento, ya sea mediante productos lácteos o cápsulas/polvos probióticos, produjeron una significativa reducción de los parámetros antropométricos en individuos con obesidad. Es por ello, la investigación respalda que el consumo de FDF, en particular el yogur, se asocia con una reducción del riesgo cardiovascular, y la suplementación con probióticos en matrices lácteas o cápsulas/polvos puede tener efectos beneficiosos en la reducción de lípidos, parámetros antropométricos y el manejo de la DM2 (Companys et al., 2020, págs. 834-863).

En América Latina, en particular en Brasil, se publicó un artículo de “Avances tecnológicos en la estabilidad probiótica en yogur: una revisión”. En este análisis, se empleó una metodología exhaustiva para examinar en profundidad los factores que inciden en la viabilidad de los probióticos a lo largo de las distintas etapas, desde el procesamiento hasta el consumo y la vida útil del producto. Se resaltó que tecnologías de vanguardia, como la microencapsulación, el calentamiento óhmico, el ultrasonido y la incorporación de prebióticos, han demostrado ser eficaces para mejorar la estabilidad y calidad del yogur. Estas innovaciones aseguran que el yogur alcance niveles óptimos de probióticos (al menos  $10^9$  UFC/g), lo que a su vez conlleva

beneficios para la salud sin comprometer el sabor. Como resultado, se ha establecido la relevancia de seguir perfeccionando estas tecnologías emergentes en la industria alimentaria, con el objetivo de satisfacer la creciente demanda de alimentos funcionales que promuevan la salud de los consumidores. En conclusión, este estudio pone de manifiesto la importancia de la innovación tecnológica en la producción de yogur probiótico, destacando su potencial para mejorar la calidad y la salud a través de la estabilidad de los probióticos (Hussein et al., 2021, págs. 1-15).

Por último, en la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, en Ecuador, se realizó un estudio sobre la “Evaluación de las características fisicoquímicas de yogurt con probiótico *bifidobacterium spp.* formulado con jalea de uvilla y harina de quinua” reportando que, en el marco de este experimento, se llevó a cabo la preparación de jalea de uvilla siguiendo el procedimiento establecido por la norma NTE INEN. El diseño experimental involucró la variación de los niveles de jalea de uvilla (25% y 30%) y harina de quinua (0,6%, 0,8% y 1%), en comparación con un grupo de control que no contenía estos ingredientes. Se empleó un diseño completamente al azar con un arreglo factorial AxB, y se evaluaron seis formulaciones desde una perspectiva sensorial, determinándose que la formulación T5 (0,8% de harina de quinua y 30% de jalea de uvilla) fue la más preferida por los evaluadores. En relación con las características fisicoquímicas, se registraron valores de pH de 4,28 y acidez de 0,765%. El contenido de sólidos totales del producto final fue del 23,47%, con un contenido de proteína de 3,23%, grasa de 2,88%, ceniza de 0,79%, fibra de 1,82%, carbohidratos de 67,81%, vitamina C de 0,049%, potasio de 1245,03 mg/kg y calcio de 738,23 mg/kg. Por lo tanto, se puede afirmar que este producto posee un perfil nutritivo y benéfico, siendo adecuado para el consumo humano (Estrella et al., 2021, págs. 98-106).

## **2.2 Referencias teóricas**

### **2.2.1 Leche**

#### **2.2.1.1 Definición**

Resultado de la secreción mamaria normal de animales bovinos saludables, obtenida mediante uno o más ordeños diarios que se realiza de manera higiénica, completa e ininterrumpida con el propósito de someterla a un tratamiento posterior antes de su consumo (NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18).

#### **2.2.1.2 Generalidades**

La leche es un líquido caracterizado por su aspecto blanco opalescente, aroma particular y un sabor ligeramente dulce esencial, que se obtiene de hembras mamíferas con una salud óptima y



una adecuada alimentación, cumpliendo un rol fundamental en la supervivencia, desarrollo y crecimiento de las crías. Su composición nutricional es rica en macronutrientes, micronutrientes, y minerales importantes para el crecimiento y desarrollo adecuado, tanto en humanos como en otras especies (Uscanga et al., 2019, págs. 357-371).

### 2.2.1.3 Clasificación

La clasificación de la leche según su contenido de grasa es un procedimiento importante en la industria láctea, ya que facilita su categorización en base a la calidad y trazabilidad, tal como se detalla en la Tabla 2-1 (Jalisco, 2023, págs. 3-9).

**Tabla 2-1:** Contenido de grasa en leche

<b>Producto</b>	<b>Grasa (%)</b>
Leche entera	3,25%
Semidesnatada	1%
Leche desnatada	0,5%

**Fuente:** Jalisco, 2023, págs. 3-9.

**Realizado por:** Velastegui, 2024.

### 2.2.1.4 Requisitos

La leche cruda debe satisfacer los requisitos fisicoquímicos presentados en la tabla 2-2.

**Tabla 2-2:** Requisitos fisicoquímicos de la leche

<b>Requerimientos</b>	<b>Unidad</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Método de ensayo</b>
Densidad relativa: a 15 °C 20 °C	-	1.029 1.028	1.033 1.032	NTE INEN 11
Materia grasa	% (fracción de masa)	3,0	-	NTE INEN 12
Sólidos totales	% (fracción de masa)	11.2	-	NTE INEN 14
Sólidos no grasos	% (fracción de masa)	8.2	-	Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de <u>grasa</u> .
Cenizas	% (fracción de masa)	0.65	-	NTE INEN 14
Punto de congelación (punto crioscópico)	°C °H	-0.536 -0.555	-0.512 -0.530	NTE INEN 15
Proteínas	% (fracción de masa)	2.9	-	NTE INEN 16
Ensayo de reductasa (azul de metileno)	h	3	-	NTE INEN 018

Reacción de estabilidad proteica (prueba de alcohol)	Para leche destinada a pasteurización: No se coagulará por la adición de un volumen igual de alcohol neutro de 68 % en peso o 75 % en volumen			NTE INEN 1500
Presencia de conservantes	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de neutralizantes	-	Negativo		NTE INEN 1500
Presencia de adulterantes	-	Negativo		NTE INEN 1500
Grasas vegetales	-	Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	-	Negativo		NTE INEN 2401

Fuente: NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18.

Realizado por: Velastegui, 2024.

El límite de impurezas se muestra en la tabla 2-3, ya que es esencial establecer términos máximos.

**Tabla 2-3:** Limite para contaminantes en la leche

Requerimientos	Límite máximo (LM)	Método de ensayo
Plomo, mg/kg	0.02	ISO/TS 6733
Aflatoxina M1, µg/kg	0.5	ISO 14674

Fuente: NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18.

Realizado por: Velastegui, 2024.

La leche cruda debe cumplir los requerimientos microbiológicos establecidos en tabla 2-4.

**Tabla 2-4:** Requerimientos microbiológicos

Requerimientos	Límite máximo	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aeróbios mesófilos REP, UFC/cm <sup>3</sup>	1,5 x 10 <sup>6</sup>	NTE INEN 1529: -5

Fuente: NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18.

Realizado por: Velastegui, 2024.

### 2.2.1.5 Composición química

La leche se caracteriza por su composición y estructura compleja, que exhiben un color blanco opaco, sabor suave y aroma distintivo, junto con un pH cercano a la neutralidad. En su matriz, la grasa se presenta en forma de emulsión, las proteínas se mantienen en suspensión, mientras que los demás componentes como; la lactosa, compuestos nitrogenados y minerales, se encuentran disueltos en el agua (Agrobit, 2023, págs. 73-76).

**Tabla 2-5:** Composición de la leche (por cada 100 gramos)

Nutriente	Vaca
Agua, g	88.0

Energía, kcal	61.0
Proteína, gr.	3.2
Grasa, gr.	3.4
Lactosa, gr.	4.7
Minerales, gr.	0.72

Fuente: Agrobot, 2023, págs. 73-76.

Realizado por: Velastegui, 2024.

#### 2.2.1.6 *Beneficios*

La leche es ampliamente conocida por ser rica en calcio, proteínas y vitamina D, desempeñando un papel fundamental en el desarrollo, mantenimiento de huesos y dientes. Asimismo, proporciona diversos beneficios para la salud, entre ellos:

- Reparación de tejidos: proporciona proteínas de alta calidad que son necesarias en todas las etapas involucrándose en la fabricación de tejidos nuevos, favoreciendo al crecimiento y reparación de los tejidos.
- Salud ósea: ayuda a prevenir la osteoporosis y a fortalecer los huesos que están en desarrollo, especialmente en los jóvenes.
- Mantenimiento del cerebro: sus nutrientes protegen las funciones cognitivas, lo que convierte a la leche en un aliado para el funcionamiento del cerebro.
- Energía: provee gran cantidad de energía, convirtiéndola en una bebida revitalizante.
- Efecto calmante: gracias al contenido de triptófano, la leche es ideal para los niños por tener efecto tranquilizante que ayuda en el insomnio.
- Hidratación: ayuda al equilibrio de líquidos en el cuerpo.
- Salud dental: rica en fósforo y calcio que son fundamentales para la prevención de caries y salud bucal en general.
- Piel saludable: la presencia de vitamina A en la leche es beneficiosa para conservar la piel suave y sana.
- Desarrollo infantil: Fuente de nutrición óptima que contiene nutrientes esenciales favoreciendo el crecimiento de los niños (Velázquez, 2022, págs. 599-614) (Sánchez et al., 2020, págs. 50-64).

#### 2.2.1.7 *Productos elaborados a partir de la leche*

En los últimos años, la industria de productos lácteos ha experimentado avances significativos en la creación de variedades que abarcan desde leche entera hasta parcialmente descremada, e incluso opciones que incorporan grasas vegetales. Estos avances se han logrado gracias al uso de aditivos como emulsificantes, estabilizantes y espesantes, que ayudan a mantener la consistencia

(Zamorán, 2016, págs. 34-40). A continuación, se destaca algunos de los productos más relevantes en este contexto:

- **Queso:** Este producto es el resultado de la transformación de la leche cuajada, pasteurizada y estandarizada, junto con la posibilidad de añadir o no crema. Se obtiene mediante la coagulación de la caseína con cuajo o pepsina de bovinos y porcinos, y se puede modificar con microorganismos ácidolácticos, enzimas específicas y ácidos orgánicos comestibles, seguido o no de tratamientos térmicos. Esto da lugar a diversas variedades de quesos, que pueden ser frescos, madurados o procesados (Colonia, 2011, págs. 103-109).
- **Crema:** Se crea al reunir una fracción de grasa y sólidos no grasos de la leche, ya sea por reposo, centrifugación o reconstitución, seguido de pasteurización u otro tratamiento térmico para garantizar su seguridad alimentaria. Además, existen variedades como; crema fermentada, acidificada y crema vegetal, que se obtiene mediante la emulsificación de grasas o aceites vegetales en leche o sólidos de leche, seguida de tratamiento térmico (Colonia, 2011, págs. 103-109).
- **Mantequilla:** Se obtiene a partir de la grasa de la leche o la crema, mediante la emulsión de agua en aceite y sometiéndola a pasteurización para prevenir la actividad de las lipasas. Durante su producción, puede experimentar procesos de maduración, fermentación o acidificación, y su composición puede incluir sal de acuerdo con las regulaciones aplicables (Colonia, 2011, págs. 103-109).
- **Helado:** Se elabora mezclando leche, nata, azúcar y luego congelándolo. Esta mezcla se compone de ingredientes lácteos, a los que a veces se les añaden grasas vegetales, frutas, huevos y sus derivados, junto con una variedad de aditivos para mejorar su textura y sabor (Colonia, 2011, págs. 103-109).
- **Leche condensada:** Es un producto lácteo obtenido al eliminar parte del agua de la leche por evaporación, y luego se enriquece con edulcorantes para lograr una composición específica de grasa y sólidos (Colonia, 2011, págs. 103-109).
- **Leche en polvo, deshidratada o liofilizada:** se produce mediante un proceso de secado por aspersión y evaporación. Esta tecnología ayuda a que la leche líquida se convierta en un polvo suave y nutritivo con una larga vida útil (Colonia, 2011, págs. 103-109).
- **Cuajada:** Se logra mediante un proceso de coagulación. En este proceso, la leche se enriquece con cuajo o enzimas, que contribuyen a la formación de pequeños grumos de leche. A medida que los grumos se desarrollan, la cuajada toma una textura más sólida y gelatinosa, luego se separa el suero y se obtiene la cuajada, valorada por su suavidad y sabor variado en la industria láctea (Colonia, 2011, págs. 103-109).

- **Yogurt:** Se consigue a través de un proceso de fermentación bacteriana de la leche, donde intervienen cultivos microbianos, tales como *Lactobacillus* y *Streptococcus thermophilus*, convirtiendo lactosa láctea en ácido láctico. Más allá de su faceta gustativa, el yogur se crea como un beneficio para la salud, siendo una fuente de proteínas, calcio y probióticos que promueven el ecosistema intestinal (Colonia, 2011, págs. 103-109).

## 2.2.2 *Yogurt*

### 2.2.2.1 *Definición*

El yogurt se describe como el resultado de la coagulación de la leche debido a la fermentación del ácido láctico causada por las bacterias *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Además de que este alimento forma parte de la dieta mediterránea y ha sido objeto de investigación en los últimos años debido a los posibles beneficios asociados con su consumo, conocido por su alta densidad de nutrientes y es rico en minerales, vitaminas y proteínas de alta calidad que desempeñan un papel importante para satisfacer diversas necesidades de micronutrientes (Babio et al., 2017, págs. 26-30).

### 2.2.2.2 *Generalidades*

El yogurt se distingue por ser el producto de una simbiosis entre bacterias ácido-lácticas, que desencadenan la disminución del pH y atributos sensoriales específicos. Las características sensoriales inherentes al producto incluyen un aspecto homogéneo, sabor y aroma que son distintivos del producto fresco, sin presencia de sustancias extrañas, con un color blanco cremoso u otro tono que se derive del color de la fruta o de colorantes naturales añadidos, y una consistencia pastosa con textura lisa y uniforme (Babio et al., 2017, págs. 26-30).

### 2.2.2.3 *Tipos de yogurt*

- **Yogurt batido:** La fermentación se realiza en contenedores específicos durante el proceso de incubación, resultando en solidificación que luego se controla mediante un método mecánico.
- **Yogurt coagulado:** La fermentación y solidificación del yogur ocurren en un envase individual destinado para su comercialización al público.
- **Yogurt bebible:** Este tipo de yogur se obtiene a partir de leche pasteurizada con sólidos totales, oscilando entre el 8 y 9 %, lo que proporciona una estabilidad fluida al producto.

- Yogurt tradicional o natural: Este producto se elabora evitando la adición de conservantes, edulcorantes y/o pigmentos, permitiendo únicamente la incorporación de productos que contribuyan a estabilizar y conservar.
- Yogurt aromatizado: Esta variedad de yogurt se ajusta mediante la adición de hasta un máximo del 30 % (m/m) de componentes no lácteos (nutricionales y no nutricionales), que pueden incluir frutas verdes, frutas rojas dulces, verduras, jugos, purés, café, especias y otros ingredientes aromatizantes naturales y/o sabores (Babio et al., 2017, págs. 26-30).

#### 2.2.2.4 Caracterización del Yogurt

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395:2011 categoriza el yogurt en función de su contenido de grasa, los ingredientes utilizados y el método de preparación, tal como se detalla en la Tabla 2-6.

**Tabla 2-6:** Clasificación y características del yogurt

Clasificación de yogurt		Características
Contenido de grasa	Entera	Grasa $\geq$ 2,5%
	Semidescremada	Grasa 1 -2,5%
	Descremada	Grasa $\leq$ 1%
Ingredientes	Natural	Fermentación láctica por medio de cultivo.
	Con ingredientes	Inclusión de ingredientes no lácteos que no exceda el 30% del peso total del producto.
Proceso de elaboración	Batido	Yogur fermentado en un tanque, batido y embotellado.
	Coagulado	Yogur fermentado en el envase y que presenta una textura sólida.
	Tratado térmicamente	Yogur pasteurizado posterior a la fermentación.
	Concentrado	Yogur incubado y enfriado en el tanque para envasarlo.
	Deslactosado	Lactosa hidrolizada previo al proceso de fermentación.

**Fuente:** NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8.

**Realizado por:** Velastegui, 2024.

#### 2.2.2.5 Requisitos

La Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2395: 2011 establece que las leches fermentadas deben cumplir los requisitos bromatológicos y ciertas especificaciones detallados en la Tabla 2-7.

**Tabla 2-7:** Especificaciones de leches fermentadas

Requisitos	Entera		Semidescremada		Descremada		Método de ensayo
	Min. %	Max. %	Min. %	Max. %	Min. %	Max. %	
Grasa	2,5	-	1,0	<2,5	-	<1,0	NTE INEN 12
Proteína % m/v	2,7	-	2,7	-	2,7	-	NTE INEN 16
Presencia de adulterantes	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500

Fuente: NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8.

Realizado por: Velastegui, 2024.

La siguiente Tabla 2-8 describe los requisitos microbiológicos que deben cumplir las leches fermentadas (yogurt) después de su período de fermentación sin tratamiento térmico.

**Tabla 2-8:** Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento

Requisitos	n	m	M	c	Método de ensayo
Coliformes totales, UFC/g	5	10	100	2	NTE INEN 1529-7
Recuento de <i>E. coli</i> , UFC/g	5	<1	-	0	NTE INEN 1529-8
Recuento de mohos y levaduras, UFC/g	5	200	500	2	NTE INEN 1529-10

Fuente: NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8.

Realizado por: Velastegui, 2024.

De manera más específica, establece que el yogurt debe cumplir con los requisitos de cultivo de un microorganismo específico (*Lactobacillus delbruekii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*) y la concentración mínima de bacterias prebióticas, según la Tabla 2-9.

**Tabla 2-9:** Cantidad de microorganismos específicos en yogurt

Producto	Mínimo
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido para cada producto	10 <sup>7</sup> UFC/g
Bacterias probióticas	10 <sup>6</sup> UFC/g

Fuente: NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8.

Realizado por: Velastegui, 2024.

### 2.2.2.6 Composición química

El yogurt está compuesto por macronutrientes y micronutrientes, siendo una fuente valiosa de proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, que se presentan en la Tabla 2-10. Esta información es importante para entender sus beneficios nutricionales y cómo afecta la dieta a la salud de las personas que lo consumen.

**Tabla 2-10:** Composición química del yogurt

Componentes	Yogurt	
	Entero	Descremado
Grasa (%)	4,50	1,10
Proteína (%)	2,70	2,70
Carbohidratos (%)	6,00	5,50
Agua (%)	87,60	90,60
Sólidos totales o °Brix (%)	12,40	9,40

Fuente: Guzmán, 2023, págs. 7-14.

Realizado por: Velastegui, 2024.

### 2.2.2.7 Beneficios para la salud

#### 2.2.2.7.1 Descomposición de la lactosa mediante hidrólisis.

En el transcurso de la fermentación láctica, la enzima lactasa descompone la lactosa encontrada en la leche, lo que facilita a que una parte de la población pueda disfrutar de productos lácteos sin experimentar molestias gastrointestinales, tales como indigestión, cólicos, náuseas y otros trastornos que pueden surgir debido a la fermentación de carbohidratos por las bacterias presentes en el colon (Castellone et al., 2021, págs. 1-22).

#### 2.2.2.7.2 Aumento de la capacidad de absorción de calcio

El calcio en los productos lácteos fermentados se encuentra en forma disuelta debido al proceso de fermentación que facilita su absorción por el sistema digestivo. Esto, a su vez, promueve la fortaleza, crecimiento de los huesos y dientes en niños y/o adolescentes; para las personas mayores, ayuda en la prevención de fracturas y en el control de la pérdida de minerales en los huesos (Castellone et al., 2021, págs. 1-22).

#### 2.2.2.7.3 Restablecimiento del microbiota intestinal.

Contribuyen a restablecer la población de bacterias beneficiosas en el colon después de episodios de disentería u otros trastornos intestinales infecciosos frecuentes (Castellone et al., 2021, págs. 1-22).

## 2.2.3 Bacterias ácido-lácticas

### 2.2.3.1 Definición

Microorganismos formados por varios géneros y especies que se diferencian por ser grampositivos, no tienen la enzima catalasa y crecen en entornos sin oxígeno o en condiciones microaerófilas. Principalmente son relevantes en aplicaciones tecnológicas e industriales y se emplean en la fermentación de productos alimenticios que se debe a su habilidad para fermentar



carbohidratos con el propósito de generar ácidos orgánicos que influyen en la textura, aroma, sabor, composición nutricional y conservación de los alimentos (Tarifa et al., 2023, págs. 3-9).

### 2.2.3.2 Tipos

Las bacterias ácido-lácticas (BAL) se clasifican en diversos géneros en base a sus características morfológicas y a los métodos de fermentación de la glucosa, determinando su diversidad funcional y estructural, así como su capacidad para realizar procesos de fermentación (Tarifa et al., 2023, págs. 3-9).

**Tabla 2-11:** Microorganismos ácido-láctico con propiedades probióticas

<b>Especies lactobacillus</b>	<b>Especies bifidobacterias</b>	<b>Otras bacterias ácido-lácticas</b>
<i>L. ácidophilus</i>	<i>B. adolescencis</i>	<i>Enterococcus faecalis</i>
<i>L. amylovarus</i>	<i>B. animalis</i>	<i>Enterococcus faecium</i>
<i>L. casei</i>	<i>B. bifidum</i>	<i>Lactococcus lactis</i>
<i>L. crispatus</i>	<i>B. breve</i>	<i>Leutococcus mesenteroides</i>
<i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>Bulgaricus</i>	<i>B. infantis</i>	<i>Pedicoccus acidilactici</i>
<i>L. gallinarum</i>	<i>B. lactis</i>	<i>Sporolactobacillus insulinus</i>
<i>L. gasseri</i>	<i>B. longum</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
<i>L. johnsonii</i>		
<i>L. paracasei</i>		
<i>L. plantarum</i>		
<i>L. reuteri</i>		
<i>L. rhamnosus</i> <i>L (lactobacillus);</i>	<i>B. bifidobacterium</i>	

Fuente: Tarifa et al., 2023, págs. 3-9.

Realizado por: Velastegui, 2024.

## 2.2.4 Bacterias probióticas

### 2.2.4.1 Definición

Las bacterias probióticas son consideradas alimentos funcionales, están constituidas por microorganismos vivos que, en cantidades adecuadas, brindan beneficios significativos para la salud del huésped. Su presencia en el organismo no solo actúa como un escudo protector contra patógenos locales, sino que también desempeña un papel clave en el fortalecimiento de la respuesta inmune del individuo gracias a la colonización intestinal y a la modificación positiva del microbiota, por lo que se traduce en la promoción de un ambiente propicio para la proliferación de estas bacterias benéficas (Usca et al., 2020, págs. 413-425).

#### 2.2.4.2 Condiciones que deben cumplir los probióticos

- **Descartar la presencia de patogenicidad y toxicidad:** deben carecer de factores de virulencia, además de demostrar su habilidad para generar metabolitos capaces de influir positivamente sobre la salud del consumidor.
- **Mantener una estabilidad constante a lo largo de la vida útil del producto:** Esto implica la estabilidad genética en presentaciones liofilizadas líquidas y en los alimentos.
- **Incluir una cantidad suficiente de microorganismos beneficiosos comprobados:** Por cada dosis se debe tener en cuenta que las unidades formadoras de colonias (UFC), generalmente debe oscilar entre 100 a 1000 millones.
- **Resistentes a la destrucción por secreciones gástricas y/o biliares:** Deben tener la capacidad de adherirse al epitelio intestinal y colonizar el tracto gastrointestinal.
- **Contar con una nomenclatura que detalle el género, especie y cepa:** Generalmente se debe a que sus beneficios no son transferibles y no puede atribuirse a ninguna otra, incluso si pertenecen a la misma especie.
- **Contar con respaldo científico que demuestre la actividad de cada cepa en seres humanos:** se debe comprobar por medio de investigaciones in vitro o estudios clínicos realizados bajo condiciones de doble ciego, aleatorizados y controlados.
- **Incluir sustancias de vehículo o relleno que no comprometan la viabilidad de la cepa:** Desde que sale del laboratorio se debe garantizar las condiciones de almacenamiento y transporte para que las cepas microbianas puedan llegar de manera segura hasta el consumidor (Garrote y Bonet, 2017, págs. 23-27).

#### 2.2.4.3 Tipos de probióticos comunes (cepas)

Los probióticos son microorganismos vivos que proveen beneficios para la salud cuando se consumen en cantidades adecuadas; existen numerosos tipos de cepas de probióticos, y cada una de ellas puede tener beneficios específicos. A continuación, se presentan algunos de los tipos de probióticos comunes:

- *Lactobacillus acidophilus*: Esta cepa es ampliamente utilizada, ya que pueden ayudar a descomponer los alimentos, absorber los nutrientes y combatir los microorganismos malos. Además de ayudar en la salud gastrointestinal y a mejorar la digestión.
- *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*: Ayuda a agrandar la masa bacteriana benéfica y favorece el tránsito intestinal.
- *Lactobacillus casei*: Esta cepa sirve para prevenir trastornos digestivos, equilibrar el sistema inmunológico especialmente la respuesta inmune celular, y también tiene un fuerte efecto antidiarreico.

- *Lactobacillus rhamnosus*: Conocida por su capacidad para ayudar a prevenir infecciones del tracto urinario, mantener un intestino saludable, favorece la evacuación intestinal, controla la diarrea, mejora algunas alergias, el asma y la intolerancia a la lactosa.
- *Lactobacillus plantarum*: Esta cepa es resistente a condiciones ácidas y puede sobrevivir en el tracto gastrointestinal, ayuda a mantener un crecimiento equilibrado y previene la aparición de bacterias dañinas que interfieren en la absorción de nutrientes y vitaminas.
- *Lactobacillus bulgaricus*: Se utiliza comúnmente en la fermentación de productos lácteos ya que ayuda a la digestión, previene la diarrea y alivia los síntomas del síndrome del intestino irritable.
- *Bifidobacterium species*: desempeña un papel fundamental en el mantenimiento de la salud intestinal y general del cuerpo humano, contribuyendo a la digestión adecuada, fortaleciendo el sistema inmunológico y protegiendo contra patógenos dañinos.
- *Streptococcus thermophilus*: Otro probiótico comúnmente utilizado en productos lácteos fermentados que ayuda a descomponer la lactosa, que llega al intestino grueso sin ser digerida, provocando síntomas como hinchazón, flatulencia y diarrea (Guillot, 2018, págs. 286-298) (Correa et al., 2023, págs. 6-17).

## 2.2.5 **Prebióticos**

### 2.2.5.1 *Definición*

Los prebióticos son compuestos no digeribles que se encuentran en alimentos que promueven el crecimiento y la actividad de microorganismos beneficiosos en el tracto gastrointestinal, especialmente bacterias probióticas, los mismos que actúan como alimento para las bacterias beneficiosas del intestino, estimulando su proliferación y actividad. Al hacerlo, los prebióticos contribuyen beneficios para la salud digestiva y general, ya que comúnmente son encontrados en alimentos ricos en fibra, como ciertas frutas, verduras y granos enteros (Gasaly et al., 2020, pág. 317).

### 2.2.5.2 *Tipos de prebióticos*

Tienen propiedades diferentes que influyen en el microbiota intestinal de diversas maneras y los más comunes son:

- La pectina, un tipo de fibra soluble presente en el maracuyá que no es digerida por el cuerpo humano, pero sirve como alimento para las bacterias beneficiosas en el intestino, fomentando su crecimiento y actividad, al igual que la celulosa y la hemicelulosa.
- La inulina, constituida por oligoelementos y polisacáridos, es uno de los prebióticos más estudiados, ya que son encontrados en alimentos como la tuna, cebolla, ajo, alcachofas y plátanos.

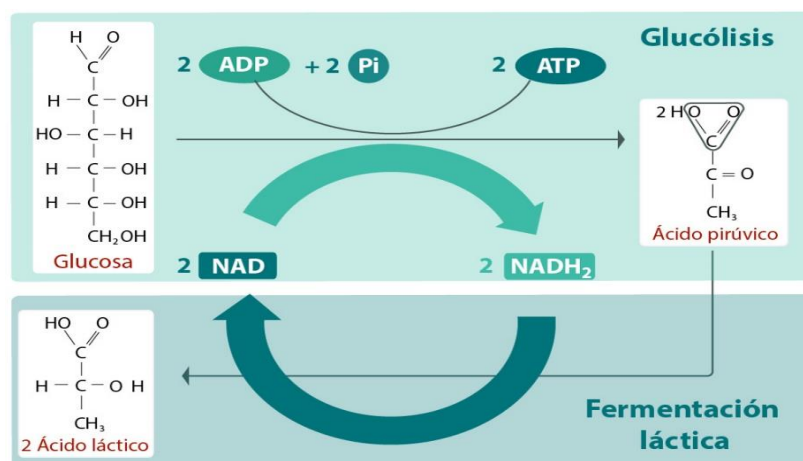
- La lactulosa, un disacárido que se encuentra en los productos lácteos, es una forma de azúcar que no se absorbe completamente en el intestino delgado y llega al colon, donde actúa como alimento para las bacterias beneficiosas (Castañeda, 2018, págs. 11-14).

## 2.2.6 Fermentación

La fermentación es un proceso metabólico que implica la actividad de microorganismos, incluidas bacterias y levaduras, en ambientes aeróbicos como anaeróbicos, de donde resulta la energía por parte de los microorganismos y conlleva a la generación de una serie de productos finales, cuyas propiedades fisicoquímicas son controlables; siendo un proceso catabólico responsable de la degradación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno y se puede clasificar según la naturaleza del sustrato y los productos finales generados, abarcando fermentaciones lácticas, acéticas, butíricas (Carbonero, 2011, págs. 20-35).

### 2.2.6.1 Fermentación láctica

El proceso es un fenómeno metabólico que se lleva a cabo sin oxígeno, es decir, en condiciones anaeróbicas, y conlleva a un proceso que se inicia con la glucólisis, siendo reacciones que descomponen la glucosa en piruvato; para que esto se lleve a cabo, la glucólisis requiere la presencia de glucosa y de la coenzima  $\text{NAD}^+$ , ya que el hecho de que no haya oxígeno, el  $\text{NADH}$  no puede convertirse nuevamente en  $\text{NAD}^+$  y va a detener el proceso, entonces el piruvato se transforma en lactato, lo que permite al  $\text{NADH}$  transferir electrones y restaurar el  $\text{NAD}^+$  indispensable para reiniciar la glucólisis y producir energía en forma de  $\text{ATP}$ . En la siguiente ilustración se representa esquemáticamente dicho proceso (Carbonero, 2011, págs. 20-35).



**Ilustración 2-1:** Proceso de fermentación láctica

Fuente: Carbonero, 2011, págs. 20-35.

### 2.2.7 Componentes

En la industria alimentaria, el yogur considerado un alimento esencial que se enriquece con la incorporación de frutas como la maracuyá, fruto y nopal de tuna. Asimismo, contribuye de manera significativa a satisfacer las necesidades de diversos micronutrientes en la dieta diaria lo que se ha demostrado que aquellos que gustan del yogur presentan un perfil metabólico mejorado en comparación con aquellos que no lo consumen.

#### 2.2.7.1 *Passiflora edulis*



**Ilustración 2-2 :** *Passiflora edulis* (maracuyá)

**Fuente:** Rodríguez et al., 2020, págs. 18-28.

##### 2.2.7.1.1 Generalidades

Usualmente conocida como parcha o maracuyá, esta planta trepadora perteneciente la familia *Passifloraceae*, es valorada por sus propiedades nutricionales, ya que es rica en compuestos antioxidantes, fuente de vitamina A y ácido ascórbico. En la industria alimentaria se aprovecha como fuente de pectina y fibra dietética (Rodríguez et al., 2020, págs. 18-28).

##### 2.2.7.1.2 Taxonomía

En muchas zonas tropicales, existen varias especies, siendo la *Passiflora edulis* la más destacada en este sentido, su taxonomía presenta un desafío intrigante para botánicos, quienes se involucran en una travesía de descubrimiento y clasificación para comprender mejor su estructura genética y morfológica como se indica en la Tabla 2-12 (Landázuri et al., 2021, pág. 11).

**Tabla 2-12:** Clasificación taxonómica de *Passiflora edulis*

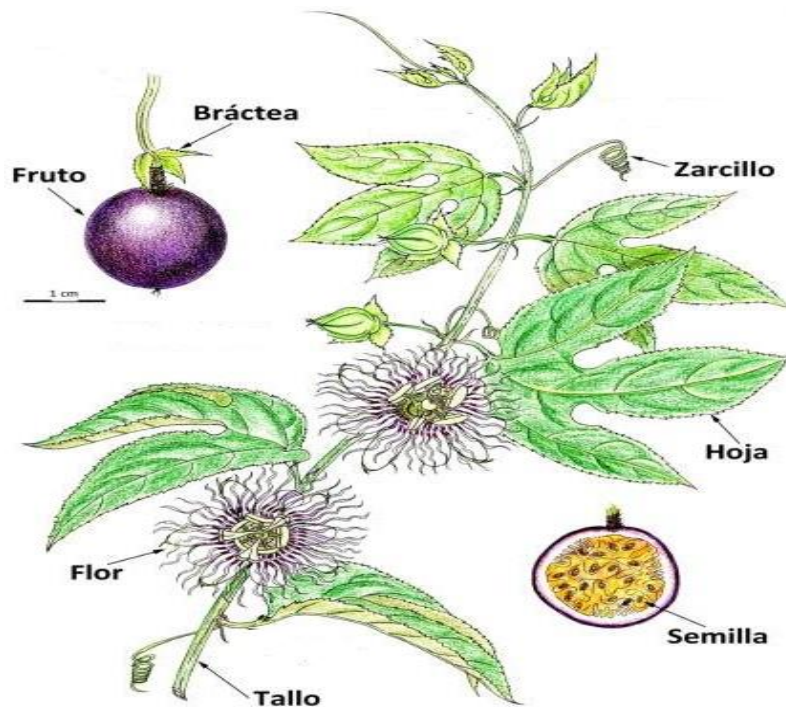
Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Espermatofita
Clase	Dicotiledonea

Orden	Violales
Familia	Passifloraceae
Género	<i>Passiflora</i>
Especie	<i>Edulis</i>
Nombre científico	<i>Passiflora edulis</i>
Nombre común	Maracuyá

Fuente: Landázuri et al., 2021, pág. 11.

Realizado por: Velastegui, 2024.

### 2.2.7.1.3 Descripción botánica



**Ilustración 2-3:** Características botánicas de la *Passiflora edulis*

Fuente: Rodríguez et al., 2020, pág. 18-28.

La *Passiflora edulis* es una especie que llega a extenderse hasta los 9 metros de longitud en condiciones climáticas favorables, mostrando una serie de características desde su tallo herbáceo, que busca apoyo y se enrosca para alcanzar la luz del solar, en cuanto a sus hojas son de color verde profundo que pueden variar en medida (Rodríguez et al., 2020, págs. 18-28).

Por otro lado, los zarcillos en forma de espiral son ayudantes de la planta para trepar y sostenerse, alcanzando longitudes notables de 30-40 cm; las raíces se extienden de 15 a 45 cm del suelo, lo que son importante para la absorción de nutrientes y agua. Además, las flores del maracuyá dan lugar a frutos en forma de bayas, que maduran de amarillo o naranja intenso, llenos de una pulpa mucilaginoso que contiene de 200-300 semillas por cada fruto mostrando un color amarillo o naranja intenso (Rodríguez et al., 2020, págs. 18-28).

#### 2.2.7.1.4 Origen y estaciones de cultivo

El maracuyá florece a temperaturas entre 24 y 28 ° C en climas cálidos, tropicales y subtropicales, si las temperaturas son superiores su crecimiento vegetativo se acelera e impide la fecundación de las flores y a su vez llegan a ser sensibles a cambios en la radiación solar; en cuanto a los suelos donde crecen deben ser profundos con un buen drenaje y una salinidad moderada. Sin embargo, los vientos fuertes pueden causar daños en los frutos, como raspaduras, y reducir su peso, también pueden provocar la deshidratación de las hojas (Landázuri et al., 2021, pág. 11).

#### 2.2.7.1.5 Composición nutricional y química

El maracuyá es una fuente importante de nutrientes para la dieta humana, proporcionando una composición nutricional mediante rigurosos análisis bromatológicos, compuestos que son utilizados para combatir diversos trastornos de sedación, ansiedad, hipertensión y las dislipidemias (Landázuri et al., 2021, pág. 11). Su estructura nutricional se muestra en la Tabla 2-13 y Tabla 2-14.

**Tabla 2-13:** Caracterización bromatológica proximal del maracuyá (por 100 g de pulpa)

Parámetros	Contenido	Parámetros	Contenido
Ceniza (%)	0.58 ± 0.05	Grasas (%)	0.53 ± 0.33
Humedad (%)	81.66 ± 0.25	Fibra (%)	2.15 ± 0.33
Proteína (%)	1.20 ± 0.55	Azúcares totales (%)	16.04 ± 0.10

Fuente: Granados Conde et al., 2017, págs. 6-8.

Realizado por: Velastegui, 2024.

**Tabla 2-14:** Caracterización bromatológica complementaria del maracuyá (por 100 g de pulpa)

Parámetro	Contenido	Parámetro	Contenido
Vitamina A (mg equivalentes de retinol)	173	Magnesio (mg)	29
Vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol)2 (mg)	0,02	Hierro (mg)	1.22
Vitamina B1 (mg)	0,01	Fósforo (mg)	21
Vitamina B2 (mg)	0.17	Zinc (mg)	0.10
Vitamina B6 (mg)	0.1	Humedad (g)	84.9
Vitamina C (mg)	20	Proteína total (g)	1.15
Niacina (B3) (mg)	0.8	Grasa total (g)	0.5
Folatos totales ( $\mu$ g)	14	Grasa total (g)	0.7
Sodio (mg)	28	Carbohidratos totales (g)	12.0
Potasio (mg)	348	Fibra dietaria (g)	10.4
Calcio (mg)	10.83	Calorías (Kcal)	59

Fuente: Landázuri et al., 2021, pág. 11.

Realizado por: Velastegui, 2024.

#### 2.2.7.1.6 Beneficios

- Salud cardiovascular: el contenido de potasio y antioxidantes ayuda a mantener la presión arterial en un rango saludable y promueve la salud del corazón.
- Mejora la digestión: la fibra del maracuyá es buena para la digestión y puede ayudar a prevenir el estreñimiento.
- Respaldo del sistema inmunológico: la vitamina C en las frutas es esencial para el sistema inmunológico, lo que ayuda a combatir enfermedades y mantener el cuerpo sano.
- Piel sana: los antioxidantes del maracuyá pueden promover una piel radiante.
- Dormir mejor: por su efecto calmante, el maracuyá puede mejorar la calidad del sueño.
- Propiedades Antioxidantes: es rico en antioxidantes que luchan contra los radicales libres en el cuerpo y pueden prevenir enfermedades crónicas (Landázuri et al., 2021, pág. 11).

#### 2.2.7.2 *Opuntia ficus-indica*



**Ilustración 2-4:** *Opuntia ficus-indica* (tuna)

**Fuente:** Portillo et al., 2021, págs. 44-55.

##### 2.2.7.2.1 Generalidades

La tuna, también conocida como nopal (*Opuntia ficus-indica*), es una especie de cactus nativa de las zonas desérticas de América con una capacidad para crecer en condiciones áridas y resistente a la sequía. Se destaca por sus cladodios planos y ovalados, llamados "pencas", que están cubiertos de espinas. Este arbusto ramificado y con porte variable, puede alcanzar alturas de hasta 5 metros; sus frutos son conocidos como tunas o higos chumbos que se utilizan en una variedad de recetas. Además de su valor como alimento por su alto contenido de fibra, vitaminas y minerales, lo que la convierte en un recurso para comunidades de todo el mundo (Portillo et al., 2021, págs. 44-55).



### 2.2.7.2.2 Taxonomía

Para comprender mejor la *Opuntia ficus-indica*, es importante explorar su taxonomía, que muestra una visión estructurada de la planta; su clasificación taxonómica permite entender su relación con otras especies vegetales y su papel en el ecosistema, tal como se muestra en la Tabla 2-15.

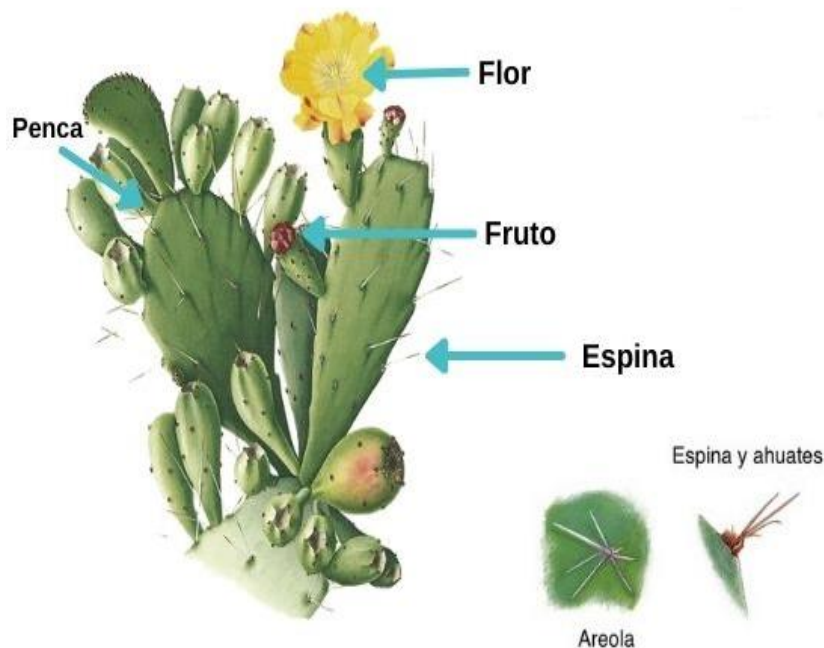
**Tabla 2-15:** Clasificación taxonómica de *Opuntia ficus-indica*

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Género	Opuntia
Especie	Ficus-indica
Nombre científico	<i>Opuntia ficus-indica</i>
Nombre común	Tuna, Nopal

Fuente: Giraldo et al., 2023, pág. 31.

Realizado por: Velastegui, 2024.

### 2.2.7.2.3 Descripción botánica



**Ilustración 2-5:** Clasificación botánica de *Opuntia ficus-indica*

Fuente: Portillo et al., 2021, págs. 44-55.

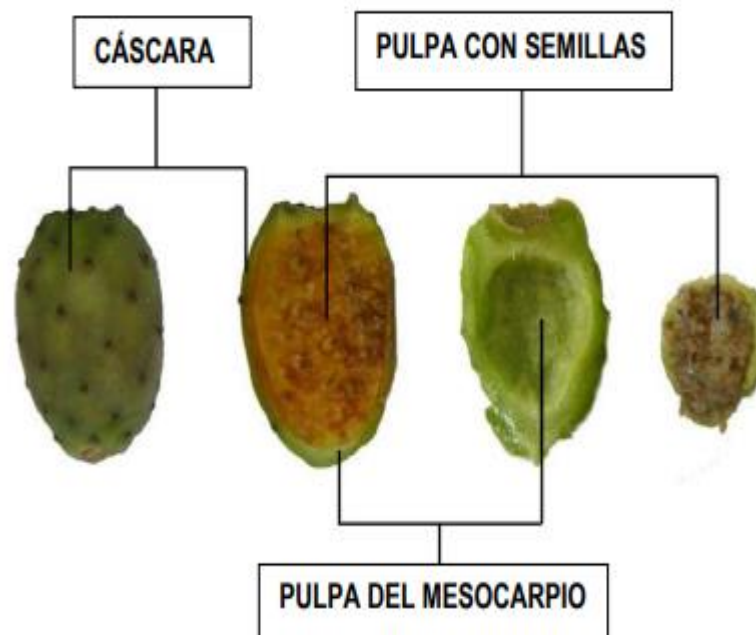
La tuna, un cactus que puede alcanzar entre 3 y 5 metros de altura, se distingue por su tallo leñoso y ramificado, con un diámetro que oscila entre 20 y 50 centímetros, posee ramas aplanadas, conocidas como cladodios que tienen una cutícula gruesa de color verde que les permite realizar

la fotosíntesis y almacenar agua; los cladodios contienen areolas que producen espinas amarillas para la defensa, mientras que las hojas, transformadas en espinas en los cladodios internos, desaparecen a medida que estos se desarrollan junto a los frutos que son comestibles, dulces y cambian de color a medida que maduran, con pulpa gelatinosa y numerosas semillas, en cuanto a su tamaño y color varían según la especie, y están cubiertos por espinas finas y frágiles (Portillo et al., 2021, págs. 44-55).

#### 2.2.7.2.3.1 Fruto de tuna

El fruto de la tuna es una baya polisperma con forma ovoide esférica, inicialmente de color verde que cambia a diferentes tonalidades a medida que madura, altamente apreciado por su sabor agradable, dulce y su pulpa gelatinosa contiene numerosas semillas, lo que contribuye a su textura, y las dimensiones del fruto pueden variar según la especie de tuna, pero en general presentan espinas finas y frágiles de 2 a 3 mm de longitud (Eraso et al., 2021, págs. 155-165).

##### 2.2.7.2.3.1.1 Componentes del fruto de tuna



**Ilustración 2-6:** Composición del fruto de tuna

**Fuente:** Eraso et al., 2021, págs. 155-165.

La cáscara de la tuna, con su textura delgada y resistente, es una parte notable del fruto que contiene una cáscara gruesa y espinosa puede variar en color según la madurez del fruto, desde verde en estado inmaduro hasta tonalidades de rojo, amarillo o naranja cuando está maduro. Además de su utilidad como ingrediente funcional en productos cárnicos, la tuna constituye una fuente valiosa de fibra y antioxidantes que contribuyen a la salud digestiva; por otro lado, la pulpa

con mesocarpio y las semillas con endocarpio es la parte más apreciada y comestible del fruto, ya que es suave y dulce, siendo una porción jugosa rica en vitaminas, minerales y proteínas, ofreciendo un valor nutritivo significativo (Eraso et al., 2021, págs. 155-165).

#### 2.2.7.2.3.2 *Cladodio*



**Ilustración 2-7:** Cladodio de tuna

**Fuente:** Eraso et al., 2021, págs. 155-165.

Los cladodios o pencas de la tuna son estructuras planas y ovaladas que se asemejan a hojas, funcionando tanto en la fotosíntesis como en el almacenamiento de hasta un 95% de agua en peso, un factor crucial para su supervivencia en entornos áridos. Además, tanto las pencas como los tallos de la tuna están adornados con espinas, que sirven como una defensa natural contra los herbívoros y otros depredadores; también se dejar ver que la penca de un mes de edad es más enriquecida en carbohidratos, vitamina C y proteínas, mientras que la penca de un año muestra contenidos mayores de calcio, sodio, potasio y hierro, así como de fibra (Eraso et al., 2021, págs. 155-165).

#### 2.2.7.2.4 *Origen y estaciones de cultivo*

El cultivo de la tuna encuentra su hábitat ideal en suelos de textura franca, arcillosa o arenosa, preferiblemente de origen calcáreo y con un pH entre 6.5 y 8.5, con un buen drenaje y una profundidad mínima de 30 centímetros para asegurar el vigor de las plantas. En términos de condiciones climáticas, la tuna prospera en áreas con una temperatura que oscila entre los 16°C y los 28 °C, adaptándose a altitudes que van desde los 800 hasta los 1800 metros sobre el nivel del mar, siendo estas las condiciones ideales para el desarrollo óptimo de la planta de tuna, sin embargo la especie puede proliferar fuera de estos límites, una vez establecida la plantación pero

aunque la tuna puede tolerar la sequía, es fundamental que las plantaciones destinadas a la producción de frutas o verduras estén cercanas a fuentes de agua para garantizar rendimientos óptimos (Eraso et al., 2021, págs. 155-165).

#### 2.2.7.2.5 Composición nutricional y química

La composición de tuna brinda un alto valor nutricional con una gran cantidad de fibra dietaria, la cual desempeña un papel importante en la prevención de enfermedades y aunque existen diversos frutos, su composición química y mineral no varía, destacándose especialmente por su valioso contenido de sólidos solubles, principalmente azúcares, que supera a muchos otros frutos en dulzor y valor energético. La presencia de nutrientes esenciales mostrados en la Tabla 2-16 y Tabla 2-17, hace que la tuna sea un alimento saludable.

**Tabla 2-16:** Caracterización bromatológico proximal (por 100 gramos)

Parámetros	Tuna verde	Tuna anaranjada
Humedad (g)	83.8	85.1
Proteína (g)	0.82	0.82
Grasa (g)	0.09	0.02
Fibra (g)	0.23	0.32
Ceniza (g)	0.44	0.26
Azúcares totales (g)	14.06	14.8

Fuente: Terán et al., 2015, págs. 69-74.

Realizado por: Velastegui, 2024.

**Tabla 2-17:** Caracterización bromatológico complementario (por 100 gramos)

Parámetro	Tuna verde	Tuna anaranjada
Vitamina c (mg)	20.33	24.1
Calcio (mg)	12.8	35.8
Magnesio (mg)	16.1	11.8
Hierro (mg)	0.4	0.2
Sodio (mg)	0.6	0.9
Potasio (mg)	217.0	117.7
Fosforo (mg)	32.8	8.5

Fuente: Terán et al., 2015, págs. 69-74.

Realizado por: Velastegui, 2024.

#### 2.2.7.2.6 Beneficios

El nopal se destaca por ser un alimento con una variedad de componentes beneficiosos, entre los que resaltan la fibra, los hidrocoloides, los pigmentos, los minerales como el calcio y el potasio, y la vitamina C.

- La fibra, que ha contribuido aproximadamente el 3% del peso de la pulpa del fruto, dividiéndose en fibra soluble e insoluble, siendo que la fibra soluble está compuesta por gomas y pectinas, formando geles que promueven la regularidad intestinal, regula los niveles de glucemia y reduce el colesterol. Por otro lado, la fibra insoluble acelera el tránsito intestinal, lo que ayuda a disminuir el tiempo de exposición de la pared intestinal a sustancias tóxicas y reduce el riesgo de enfermedades como el cáncer.
- Entre los compuestos bioactivos se destacan elementos con propiedades antioxidantes y antiinflamatorias como los ácidos fenólicos, polifenoles, flavonoides, indicaxantina, neobetanina, betalaína y vitaminas, los cuales sirven a la prevención de la inflamación, disfunciones cardiovasculares y enfermedades neurodegenerativas.
- La tuna es rica en vitamina C, lo que fortalece el sistema inmunológico y nos resguarda contra enfermedades frecuentes como resfriados y gripes.
- Su bajo contenido calórico la convierte en una opción ideal para aquellos que buscan controlar su peso sin sacrificar la nutrición y a su vez también ejerce efectos beneficiosos sobre la salud de la piel y el cabello debido a su contenido de antioxidantes y nutrientes esenciales (Terán et al., 2015, págs. 69-74).

## **2.2.8 Definición microorganismos y medios de cultivos**

### **2.2.8.1 Aerobios mesófilos**

Los aerobios mesófilos, son microorganismos capaces de crecer en presencia de oxígeno a temperaturas de 20 °C y 45 °C, pueden llegar a presentar agentes patógenos o toxinas, siendo un riesgo para la salud lo que los convierte en indicadores valiosos de la calidad microbiológica de alimentos. Cabe mencionar que estas se pueden encontrar en el entorno, ya sea en agua, aire, tierra y superficies (Senasa, 2016, págs. 3-6).

#### **2.2.8.1.1 Placas petrifilm para recuento de aerobios mesófilos**

Es un sistema de medio de cultivo preparado para muestras con tecnología innovadora que incluye coloración microbiana de última generación. Estas placas contienen un medio prefabricado especial, gel de agua fría e indicador (cloruro de trifeniltetrazolio). Su propósito principal es la enumeración de bacterias aerobias presentes en alimentos y muestras ambientales (Meizheng, 2022, págs. 1-2).

#### **2.2.8.2 Coliformes totales y *E.coli***

Los coliformes totales pueden proliferar en alimentos y son un indicador de deficiencias de higiene durante su producción, manipulación o almacenamiento del producto, lo que podría

representar un riesgo para la salud del consumidor. Además, puede indicar la posible presencia de otros microorganismos perjudiciales, como bacterias y virus que pueden provocar cambios en los alimentos, especialmente en entornos ácidos, y aumentar la presión osmótica (Vázquez et al., 2013, pág. 2).

*Escherichia coli* (*E. coli*) es una bacteria gramnegativa, en el análisis de alimentos, la detección es de vital importancia crucial debido a su asociación con la contaminación fecal, ya sea por razones como el contacto con aguas contaminadas, manipulación inadecuada, o condiciones insalubres durante la producción de alimentos (Vázquez et al., 2013, pág. 2).

#### 2.2.8.2.1 Placas *petrifilm* para el recuento de coliformes totales y *E. coli*

El MicroFast es un sistema de medio de cultivo listo para usar en muestras, empleando una tecnología innovadora, como sistemas de difusión rápida y coloración microbiana para favorecer una rápida proliferación de colonias, lo que mejora significativamente la eficiencia de detección en el laboratorio. Estas placas contienen un medio prefabricado, gel de agua fría e indicador (cloruro de trifeniltetrazolio), y están diseñadas para la enumeración de Coliformes y *Escherichia coli* en muestras alimentarias y ambientales (Meizheng, 2022, págs. 2-3).

#### 2.2.8.3 Mohos y levaduras

Los mohos y levaduras son microorganismos que se desarrollan en la superficie del agar micológico, generalmente adoptando una forma plana o esponjosa. Por otro lado, las levaduras son también microorganismos aerobios mesófilos que crecen a 25 °C. Además, su tamaño es mayor que el de las bacterias. Así como los mohos, las levaduras pueden causar alteraciones en los productos alimenticios, especialmente en relación con los ácidos y a una presión osmótica elevada (Gaviria et al., 2021, págs. 5-10).

##### 2.2.8.3.1 Placas *petrifilm* para recuento de mohos y levaduras

El sistema Petrifilm para levaduras y mohos se compone de una hoja de papel recubierta de polipropileno, en la que incluye nutrientes, antibióticos, un indicador de fosfato y un agente gelificante soluble en agua fría, que facilita la distinción entre levaduras y mohos: las levaduras forman pequeñas colonias de color verde azulado con bordes afilados y sin núcleo, mientras que los mohos desarrollan colonias más grandes de diversos colores, con bordes difusos y un núcleo central (Meizheng, 2022, págs. 3-4).

## **2.2.9 Definiciones del análisis fisicoquímico**

### **2.2.9.1 pH**

El pH es un indicador muy utilizado en el análisis químico y se define como la concentración de iones de hidrógeno presentes en una sustancia o solución, ofreciendo una medida precisa de su grado de acidez o alcalinidad. Sus siglas significan potencial de hidrógeno y este parámetro se evalúa mediante una escala numérica que permite clasificar las soluciones como ácidas, neutras o alcalinas, en función de la cantidad de iones  $H^+$  presentes en la muestra (Castillo, 2020, págs. 89-98).

La medición del pH se basa en un sistema de electrodo de referencia que garantiza un voltaje constante y estable, sin verse afectado por las condiciones externas. Este sistema se complementa con un sensor de pH cuyo voltaje varía en proporción a la actividad de los iones hidrógeno presentes en la solución analizada. (Castillo, 2020, págs. 89-98).

### **2.2.9.2 Acidez titulable**

La determinación de la acidez titulable en alimentos se lleva a cabo comúnmente mediante el método de alcalimetría, empleando fenolftaleína como indicador. Este parámetro se expresa como la cantidad de ácido presente en un volumen específico de muestra (Mex et al., 2022, págs. 6-8).

### **2.2.9.3 °Brix**

Los grados Brix, una medida común en la industria alimentaria, se determinan mediante el uso de un refractómetro y sirven para evaluar la concentración de sólidos solubles, generalmente azúcares, presentes en un líquido. Un grado Brix equivale a 1 gramo de sacarosa disuelta en 100 gramos de solución. Esta escala se emplea regularmente en una amplia gama de productos, como jugos de frutas, vinos, bebidas gaseosas y además sirve para controlar la calidad de los productos (Parvin y González, 2022, pág. 5).

## **2.2.10 Análisis proximal**

### **2.2.10.1 Ceniza**

Este método permite identificar la presencia de contaminantes metálicos en los alimentos, mediante un proceso de incineración, que implica la quema controlada de materia orgánica para dejar únicamente los componentes inorgánicos convirtiendo las sales metálicas de los ácidos orgánicos en óxidos, carbonatos u otros compuestos que durante el proceso algunos elementos pueden reaccionar entre sí para formar fosfatos, sulfatos o haluros, mientras que otros, como el

azufre y los halógenos, pueden perderse por volatilización y a su vez ayuda a dar una orientación aproximada de la cantidad de minerales presentes (Méndez, 2020, págs. 20-60).

#### 2.2.10.2 Humedad

La determinación bromatológica de la humedad involucra el porcentaje de agua como componente químico que desempeña un papel importante en la biología de seres vivos y, por ende, en la composición de los alimentos, actuando como un medio de transporte para los nutrientes celulares, es por ello que el control correcto de la humedad en la producción de alimentos asegura un entorno libre de microorganismos patógenos que podrían comprometer la seguridad alimentaria manteniendo en concordancia todos los macronutrientes y micronutrientes presentes en el alimento, además mejora la conservación de ingredientes en polvo o deshidratados y así garantiza la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas (Méndez, 2020, págs. 20-60).

#### 2.2.10.3 Proteína

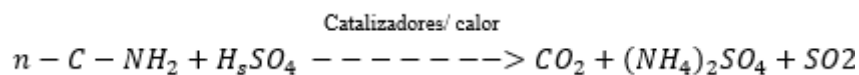
Las proteínas ligadas a péptidos y aminoácidos son componentes fundamentales de la composición química de todos los alimentos, las cuales ejercen diferentes funciones vitales, tales como: nutrición, crecimiento y reproducción, de alta inclusión en la dieta, ya que es importante tener fuentes adecuadas de aminoácidos para sintetizar las proteínas propias, y durante este proceso, la caseína libera aminoácidos que aportan beneficios nutricionales, facilitando su digestión y contribuyendo a su conservación durante el almacenamiento, siendo la caseína la principal fuente de proteínas en el yogur, conocida por su alto valor biológico (Segovia, 2018, págs. 3-5).

##### 2.2.10.3.1 Método Kjendahl

La técnica se emplea para medir el contenido de nitrógeno de muestras que consiste en la forma en que se recoge el nitrógeno durante la destilación sobre de ácido clorhídrico y sulfúrico.

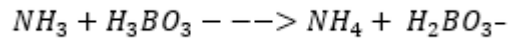
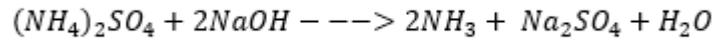
Se emplean 3 frases:

1. Fase de digestión: el tratamiento con ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ), en presencia de un catalizador y la ebullición convierte el nitrógeno orgánico en iones amonio.

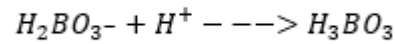


2. Fase de destilación: La muestra digerida se vuelve alcalina y se libera nitrógeno en forma de amoníaco ( $NH_3$ ), el mismo se junta sobre un exceso de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), desconocido.





3. Valoración: Utilizando una solución a base de alcohol de rojo de metilo y azul de metileno, con un medidor volumétrico ácido-base iónico de borato utilizando HCl o H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se mide el nitrógeno amónico (Segovia, 2018, págs. 3-5).

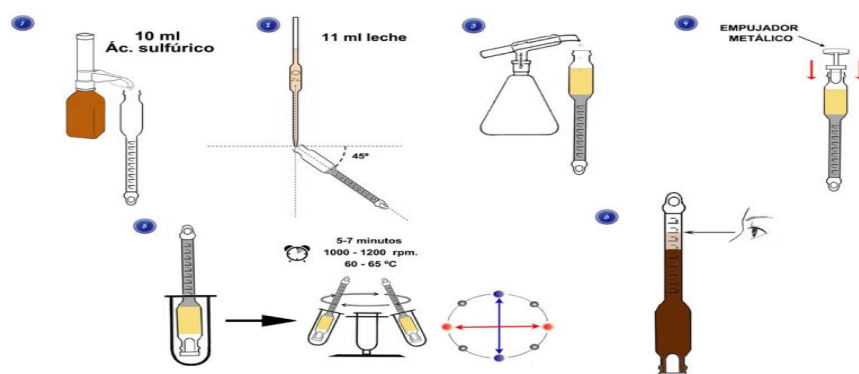


#### 2.2.10.4 Grasa

Las grasas de origen animal provenientes de vacunos, ovinos, porcinos, caprinos, aves y animales marinos, desempeña un papel significativo en la nutrición, ya que contribuye al aporte de energía que el cuerpo requiere para funcionar, son conocidas como lípidos que contiene una alta proporción de triglicéridos, que oscila entre el 78% y el 97%. Además, se manifiesta en la textura y el aspecto del producto que proporciona una mayor cremosidad (Guzmán, 2023, págs. 7-14).

##### 2.2.10.4.1 Método Gerber

Esta técnica se emplea para determinar el contenido de grasa en la leche y/o yogur, utilizando un instrumento llamado butirómetro que implica la separación de la grasa, donde se mide su volumen y se expresa como porcentaje de la masa total, para la destrucción de las e membranas se requiere ácido sulfúrico concentrado, el cual genera calor y produce una solución de color marrón y la adición de alcohol isoamílico para luego separar mediante centrifugación (Calderón, 2021, págs. 6-7).



**Ilustración 2-8:** Esquema de la determinación materia grasa

Fuente: Calderón, 2021, págs. 6-7.

#### 2.2.10.4.2 Método Soxhlet

Técnica también conocida como “extracción sólido-líquido”, donde se determina la masa mediante un método gravimétrico una vez que se ha eliminado el disolvente, que implica colocar la muestra sólida en un cartucho de extracción, en forma de papel de filtro, para posterior a ello introducir en el extractor Soxhlet, luego el disolvente se calienta y se evapora a través del cartucho, disolviendo los compuestos lipofílicos de la muestra a medida que alcanza el condensador para enfriar y retornar al matraz de extracción, dejando los componentes no volátiles en el cartucho (Díaz, 2017, págs. 6-33).



**Ilustración 2-9:** Extracción Soxhlet

Fuente: Díaz, 2017, págs. 6-33.

#### 2.2.10.5 Fibra

La fibra se identifica con el método gravimétrico, siendo un componente nutricional enfocado en distintos criterios de análisis, que van a depender de la composición de la materia hasta el origen, la misma que abarca una variedad de compuestos que sirven en la regulación de la digestión, previniendo el estreñimiento, y actúan como protectores contra enfermedades crónicas como; cardiovasculares, diabetes y los cánceres de colon, sin embargo es importante mencionar que el exceso puede llegar a resultar perjudicial ya que puede reducir la absorción de nutrientes gracias a que la fibra acelera el tránsito intestinal (Carbajal, 2014, págs. 4-6).

#### 2.2.10.6 Extracto libre no nitrogenado

Son los nutrientes que no se han evaluado por los métodos anteriores y se agrupan en un análisis detallado de carbohidratos digeribles, así como vitaminas y otros compuestos orgánicos y se consigue de la resta de 100 según los porcentajes calculados para cada nutriente (Díaz, 2017, págs. 6-33).

## ***2.2.11 Definiciones de los análisis complementarios***

### *2.2.11.1 Macro y micronutrientes*

#### *2.2.11.1.1 Vitamina C*

La vitamina C, también conocida como ácido ascórbico, constituye un nutriente soluble en el agua que se encuentra ampliamente distribuido en la mayoría de los alimentos. Su atributo primordial radica en su capacidad de intervenir en numerosas funciones fisiológicas del organismo, siendo especialmente destacable su influencia en la síntesis de colágeno. Además, la vitamina C desempeña una función crucial como antioxidante de gran potencia. En términos precisos, un antioxidante se define por su habilidad para donar electrones a los radicales libres, entidades químicas inestables que amenazan con oxidar otras moléculas. Tras la cesión de un electrón, la vitamina C adopta la forma de radical ascorbilo, el cual se vuelve relativamente inerte y estable y se logra evidenciar por la generación de una coloración azulada, mediante la reacción del almidón y el yodo (Castillo, 2019, págs. 96-99).

#### *2.2.11.1.2 Hierro (Fe)*

El hierro, siendo un oligoelemento, está intrínsecamente involucrado en una diversidad de reacciones bioquímicas, desempeñando un papel crucial en la síntesis del Adenosín di fosfato (ADN), en el transporte de electrones y como cofactor en procesos enzimáticos. Este metal esencial se encuentra distribuido en dos compartimentos funcionales distintos: por un lado, forma parte de moléculas como la mioglobina, la hemoglobina, la transferrina y diversas enzimas; por otro lado, una fracción se almacena en forma de hemosiderina y ferritina. A pesar de los mecanismos homeostáticos que regulan su absorción y distribución, la deficiencia de hierro puede desencadenar anemia, una condición que afecta predominantemente a niños, adolescentes y mujeres embarazadas. Esta afección, marcada por una reducción en la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre, puede acarrear consecuencias adversas para la salud si no se trata de manera oportuna y adecuada (Martínez y Baptista, 2019, págs. 99-103).

La determinación de la presencia de hierro (Fe) y otros elementos se lleva a cabo mediante la técnica de espectroscopia de absorción atómica. Esta técnica, se emplea como un método caracterizador de energía y se rige por una relación lineal en conjunción con la concentración, respaldada por la ley de Lambert-Beer (Martínez y Baptista, 2019, págs. 99-103).

#### *2.2.11.1.3 Potasio (K)*

El 98 % del potasio se encuentra distribuido en el interior de las células mientras que el 2 % se encuentra extracelularmente. Este mineral se encuentra en el tejido muscular en un 80% y en

menor porcentaje en el hígado, piel, hueso y hematíes. Al estar presente en la mayoría de las reacciones químicas el potasio regula una gran variedad de funciones celulares, como la síntesis de glucógeno y proteínas, regulación del pH intracelular y el volumen celular, además, es determinante del potencial de membrana en reposo y el potencial de acción de la función neural y muscular (Blanco S., 2019, págs. 12-15).

#### 2.2.11.1.4 *Calcio (Ca)*

El calcio, junto con el fósforo, constituye los pilares fundamentales de la estructura ósea y dental. Además, el calcio desempeña un papel vital en una gran fuente de procesos metabólicos, incluyendo actividades hormonales y enzimáticas, el desarrollo muscular, el funcionamiento del sistema nervioso y el transporte de oxígeno. Dado que nuestros cuerpos no tienen la capacidad de sintetizar este mineral, es imperativo consumirlo a través de la alimentación. Para ello, contamos con una amplia variedad de fuentes, incluyendo productos lácteos que son conocidos por ser ricos en calcio, así como vegetales, alimentos fortificados, jugos y cereales. La absorción eficiente de calcio se ve favorecida por la presencia de vitamina D, lo que subraya la importancia de mantener un equilibrio adecuado de ambos nutrientes en la dieta (Pérez, 2018, págs. 54-56).

#### 2.2.11.1.5 *Fosforo (P)*

El fosforo está presente en el organismo del 80% al 90% combinado con calcio para formar el fosfato de calcio, que se encuentra en el desarrollo de los huesos y dientes. Alrededor del 20 % del fosforo se distribuye por el resto del organismo y contribuye en el metabolismo de proteínas, azúcares y grasas, actuando como cofactor en numerosos procesos. Además, contribuye al potencial metabólico al formar el adenosín trifosfato (ATP), guanosín trifosfato (GTP), el inosín trifosfato (ITP) y otros nucleótidos (Pardo y Ordoñez, 2018, págs. 279-280).

#### 2.2.11.2 *Metales pesados*

Actualmente, uno de los desafíos significativos en el ámbito de la seguridad ambiental radica en la degradación de la calidad del aire, los recursos hídricos y los suelos, destinados primordialmente al uso agrícola. El incremento exponencial de la contaminación es notable en el sistema de riego y se caracteriza por la presencia significativa de metales pesados, lo cual quebranta de manera drástica tanto en la salud pública. Numerosos estudios documentan la presencia predominante de metaloides como arsénico (As), mercurio (Hg), zinc (Zn), cadmio (Cd), plomo (Pb), níquel (Ni) y cromo (Cr) en alimentos de consumo común, tales como lechuga, calabaza, repollo, brócoli y papa. La elevada toxicidad por estos elementos suscita una preocupación alarmante, especialmente debido a los efectos adversos que ejercen sobre la salud humana a través de exposiciones crónicas, induciendo alteraciones en el desarrollo de órganos

vitales y, en muchos casos, desencadenando la aparición de enfermedades neoplásicas (Reyes et al., 2016, págs. 3-8).

El análisis de los metales pesados se realiza mediante la aplicación de la Espectrometría de Masas (ICP-MS), una técnica de gran progreso en el análisis de elementos traza que sobresale por su capacidad para detectar de forma simultánea tanto nutrientes como elementos tóxicos en una sola prueba. La sensibilidad de detección de esta técnica, que se combinada con un amplio rango dinámico lineal que abarca hasta 10 órdenes de magnitud (para un único isótopo), posibilita la determinación de una gran línea de metales nocivos en concentraciones traza, así como de componentes principales que pueden estar presentes en concentraciones tan elevadas como varios cientos de partes por millón (ppm) en una misma muestra (Meermann y Nischwitz, 2018, págs. 9-14).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de investigación

Este estudio adopta un enfoque cuantitativo con el propósito de mejorar la calidad del producto, que sea nutritivo y beneficioso para la salud. Se analiza la influencia de la concentración de probióticos en la viabilidad y características sensoriales del yogurt para así obtener datos concretos que respalden la elaboración con características de enriquecimiento, sabroso, saludable y promueva la salud digestiva de los consumidores.

#### 3.2 Nivel de la investigación

El presente estudio se enmarca en el nivel de investigación experimental de tipo aleatorio controlado, debido a que se analizan variables como la concentración de probióticos utilizados y la calidad del yogurt resultante, evaluada a través de parámetros como acidez, pH, textura, sabor y aroma para la obtención de datos sólidos que respalden la toma de decisiones informadas en la producción de yogurt enriquecido, con potenciales beneficios para la salud y el bienestar del consumidor.

#### 3.3 Diseño de investigación

##### 3.3.1 *Según la manipulación o no de variable independiente*

Investigación de tipo experimental, debido a la manipulación de variables.

##### 3.3.2 *Según las intervenciones en el trabajo de campo*

Esta investigación es de tipo longitudinal, ya que se llevará a cabo intervenciones a lo largo del período de investigación, debido a que se realizará la preparación de múltiples formulaciones de yogurt, cada uno con una concentración diferente de probióticos, seguido de la etapa de fermentación. Estas intervenciones en el trabajo de campo permitirán la recopilación de datos detallados, lo que resulta esencial para comprender el impacto de la concentración de probióticos en este proceso y su influencia en la creación de un producto lácteo de alta calidad.

#### 3.4 Tipo de Estudio

El presente estudio que se llevará a cabo es de campo, que se centra en la recolección de frutas de *Opuntia ficus-indica* en Salcedo y *Passiflora edulis* en Esmeraldas, dos regiones geográficamente distintas de Ecuador. A través de este estudio, se busca examinar la viabilidad y

la calidad de las materias primas obtenidas en cada región, con el objetivo de evaluar su idoneidad para la producción de un yogurt enriquecido con propiedades nutricionales particulares.

### **3.5 Diseño Experimental**

Se empleó un Análisis de varianza ANOVA de un solo factor con la aplicación de la prueba de Tukey apoyado por el sistema SPSS y se elige a la mejor formulación de yogurt, entre las obtenidas en las distintas concentraciones de probióticos, tras su análisis bromatológico.

### **3.6 Población y planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra.**

#### ***3.6.1 Población y planificación***

La población de interés en este estudio se compone de la muestra final de yogures elaborados con materia prima de tuna y maracuyá. La planificación de este tema de tesis implica que se obtendrán estas muestras para posteriormente realizar un proceso de elaboración y fermentación controlada en condiciones de laboratorio. A continuación, se someterán a análisis sensoriales y microbiológicos para evaluar la calidad del producto en términos de sabor, textura y viabilidad de probióticos. Esta evaluación nos permitirá entender mejor cómo la adición de prebióticos de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, junto con diferentes concentraciones de probióticos, afecta la calidad de los yogures. Los resultados de este estudio podrían tener implicaciones importantes en la formulación y comercialización de productos lácteos enriquecidos, proporcionando información valiosa para la industria alimentaria y contribuyendo al desarrollo de productos más saludables y atractivos para los consumidores.

#### ***3.6.2 Selección y cálculo del tamaño de la muestra***

En el proceso de selección y determinación del tamaño de la muestra, se ha elegido realizar un muestreo al azar, con la intención de recolectar 50 unidades de maracuyá, 50 unidades de tuna, 5 pencas de nopal de tuna y 5 litros de leche. Se han considerado cuidadosamente los criterios de inclusión y exclusión, estableciendo un nivel de confianza apropiado y un margen de error aceptable.

##### ***3.6.2.1 Criterios de inclusión:***

- Leche obtenida de vaca con condiciones adecuadas y libre de contaminación.
- Nopal y fruto de *Opuntia ficus-indica* que sean frescos, maduros y de alta calidad para garantizar un sabor óptimo con la presencia de nutrientes beneficiosos y prebióticos.
- Frutas de *Passiflora edulis* frescas, maduras y en buen estado con una superficie lisa y sin hendiduras.

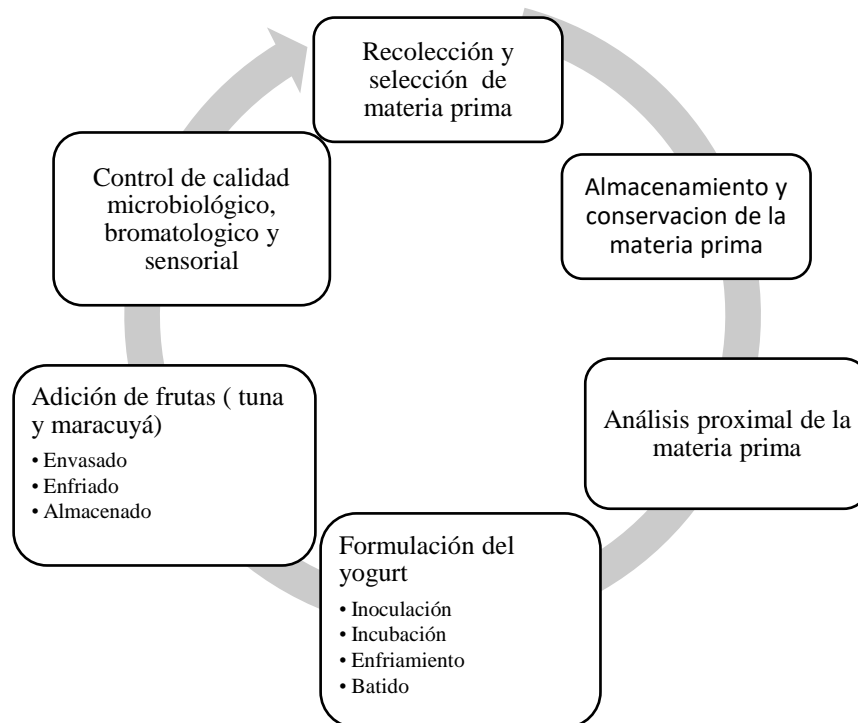
- Cultivo termófilo ácido láctico que contiene las cepas probióticas documentadas tales como; *Bifidobacterium species Lactobacillus acidophilus Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus Streptococcus thermophilus*.

### 3.6.2.2 Criterios de exclusión:

- Leche diferente a la obtenida de la vaca y que presente contaminación por microorganismos patógenos.
- Nopal y fruto de *Opuntia ficus-indica* con estado de calidad inadecuado.
- Frutas de *Passiflora edulis* visiblemente inmaduras y extremadamente arrugadas, ya que esto puede indicar una pérdida de frescura y calidad.
- Cultivos con condiciones que puedan afectar negativamente la viabilidad de las cepas probióticas o la calidad sensorial del producto.

## 3.7 Materia prima, materiales, reactivos y equipos

### 3.7.1 Diagrama resumen de la metodología a utilizar



**Ilustración 3-1:** Metodología

Realizado por: Velastegui, 2024.

### 3.7.2 Materia prima

- Leche entera



- Azúcar
- Maracuyá (*Passiflora edulis*)
- Nopal y fruto de tuna (*Opuntia ficus-indica*)
- Cultivo probiótico ABY-3 (*Bifidobacterium species*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus* y *Streptococcus Termópilas*)

### 3.7.3 **Materiales**

- Butirómetro Gerber
- Balón de aforo / destilación
- Bureta
- Cooler
- Crisoles de porcelana
- Capsulas
- Fundas ziploc
- Frascos de vidrio
- Embudos de Buchner
- Espátulas
- Kitasato
- Matras de Erlenmeyer
- Mortero
- Pinzas de crisoles y universales
- Papel filtro y membranas
- Pipetas automáticas
- Pissetas
- Probetas
- Soporte universal
- Tubo refrigerante
- Tubos de vidrio borosilicato
- Tubos Kjeldahl
- Termómetro
- Vidrio reloj
- Varilla de agitación

### 3.7.4 **Equipos**

- Analizador de fibra ANKOM 2000

- Autoclave
- Balanza analítica
- Bomba de vacío
- Centrifuga de Gerber
- Cámara de flujo
- Conductímetro
- Desecador
- Estufa
- Equipo de espectroscopia de absorción atómica
- Espectrometría de Masas de Plasma (ICP-MS)
- Incubadora
- Mufla
- Lactoscan MCCW
- pH-metro
- Rotavapor
- Reverbero
- Refractómetro
- Refrigerador
- Sistema de extracción de gases (SEG)
- Sorbona
- Termómetro
- Unidad de destilación y digestión Kjeldahl

### 3.7.5 *Reactivos*

- Ácido Sulfúrico 98 %
- Ácido nítrico
- Ácido clorhídrico
- Ácido bórico
- Agua destilada
- Alcohol etílico de 68% o 75%
- Almidón
- Alizarol
- Etanol al 96 %
- Éter 99%
- Formalina al 1%

- Hidróxido de sodio
- Hexano 100 %
- Indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromuro)
- Peróxido de hidrógeno al 30 %
- solución de Seliwanoff
- Yodo

### **3.7.6 Medios de cultivo**

- Peptona
- Placas Petrifilm para recuento de aerobios mesófilos
- Placas Petrifilm para coliformes totales y *E. coli*
- Placas Petrifilm para recuento de mohos y levaduras

## **3.8 Métodos y técnicas empleadas en la investigación**

### **3.8.1 Análisis sensorial de la leche**

Para la leche, la normativa NTE INEN 9:2012 establece que se deben cumplir tres características organolépticas:

- Apariencia:
  - Aspecto: límpido, normal, homogéneo y libre de partículas extrañas
  - Color: Blanco opalescente o ligeramente amarillento
- Textura: de consistencia y viscosidad normales.
- Olor: suave, lácteo, libre de olores extraños.

### **3.8.2 Caracterización fisicoquímica de la leche**

En la determinación de las características fisicoquímicas de la leche cruda se utilizó el lactoscan, que da como resultados indicadores de grasa, proteínas, densidad, lactosa, sales, agua adicionada, punto de congelación y temperatura. Conjuntamente, de acuerdo con lo establecido en la norma NTE INEN 9:2012, se realizó otras mediciones experimentales.

#### **3.8.2.1 Determinación de la estabilidad proteica**

##### **3.8.2.1.1 Prueba de la leche con alcohol**

Mediante la norma INEN 1500:2003, se procedió a hacer el análisis que consiste en añadir alcohol etílico neutro a la leche; para ver si ha habido acidificación o malformación por contener calostro o vacas con mastitis, por ende, si se forma coágulo en la prueba se reporta positiva.

*Procedimiento:*

- Trasladar 5 ml de la muestra a un tubo de ensayo y adicionar 5 ml de una solución acuosa de alcohol etílico al 68% o 75%.
- Cerrar el tapón del tubo y homogenizar invirtiéndolo de 2 a 3 veces.

*3.8.2.1.2 Prueba de alizarina o estabilidad proteica*

La norma INEN 1500:2003 indica que el procedimiento implica ver si la muestra está acidificada y forma grumos observándose de una coloración amarilla. Si no hay grumos y la coloración es lila es leche normal o fresca.

*Procedimiento:*

- Combinar volúmenes iguales de la materia prima con alizarol, mover para luego observar el color y textura.

*3.8.2.1.3 Prueba de ebullición*

Según la especificación de la norma INEN 1500:2003, el método consiste en someter a la leche a ebullición para ver si ha sufrido acidificación.

*Procedimiento:*

- Calentar agitando una muestra de 2 a 5 ml en un tubo de ensayo.

*3.8.2.2 Pruebas de calidad para la leche cruda*

*3.8.2.2.1 Ensayo de la reductasa*

Se procedió a realizar la metodología según lo establecido en la Norma INEN 18.

- Lavar la pipeta de 10 ml y esterilizarla; tomar 10 ml de la muestra y verter en el tubo de ensayo.
- Agregar 1 ml de solución de azul de metileno.
- Cerrar el tubo y agitar para lograr que este homogéneamente el contenido y luego llevar a baño maría o a la estufa a 37 °C.
- Observar en que tiempo (1h,2h,3h,4h,5h,6h) la muestra reduce el color del azul de metileno, anotar y comparar con la norma.

*3.8.2.3 Determinación de neutralizantes alcalinos*

*3.8.2.3.1 Prueba de “pupo”*

Para realizar la prueba se tomó en cuenta la norma INEN 1500:2003, así identificar la presencia o no de neutralizantes alcalinos.

*Procedimiento:*

- Tomar en un tubo de ensayo 5 ml de leche, añadir 5 ml de HCL, 5 ml de etanol y 5 ml de ácido nítrico concentrado.
- En caso de observar de color rosado-violáceo con fluorescencia azulada, está indicando la presencia de orina en la leche, caso contrario no.

*3.8.2.3.2 Determinación de carbonatos y bicarbonatos*

De acuerdo con lo establecido en la norma INEN 1500:2003, se realiza el siguiente proceso:

- Adicionar en un tubo 5 ml de leche y añadir 6 gotas de HCL.

Nota: Se podrá observar efervescencia en caso de resultar positivo.

*3.8.2.4 Determinación de conservantes*

*3.8.2.4.1 Método de ácido clorhídrico y formol*

Siguiendo las pautas determinadas en la normativa INEN 1500:2003, para determinar la presencia de conservantes se lleva a cabo el procedimiento siguiente:

- Añadir 10 ml de leche en un tubo de ensayo, adicionar 10 ml de HCl y una gota de formalina al 1%, homogeneizar y calentar hasta que se libere vapor.
- Si se observa un color violeta azulada, se estaría indicando que hay peróxido de hidrógeno presente.

*3.8.2.5 Determinación de adulterantes*

*3.8.2.5.1 Detección de sacarosa*

En concordancia con las directrices de la norma INEN 1500:2003, se realiza el siguiente proceso para identificar la existencia de adulterantes:

- Poner 5 ml de leche en un tubo de ensayo, agregue 1 ml de solución de Seliwanoff y calentar en un baño de agua hirviendo.

Nota: Si el color es rojo cereza se considera como positivo.

*3.8.2.6 Determinación de Lactoperoxidasa*

De acuerdo con lo estipulado en la norma NTE INEN 2334, el procedimiento involucra la presencia o ausencia de haber añadido peróxido de hidrogeno o de haber sido sometida la leche a una temperatura mayor a 80 °C.

*Procedimiento:*

- Añadir 5 ml de la muestra a estudiar en dos tubos de ensayo

- Calentar el contenido de uno de los tubos de ensayo hasta que hierva.
- Colocar los dos tubos de ensayo en un baño de agua hasta que la temperatura alcance los 35 °C.
- Aumentar 6 gotas de solución de peróxido de hidrógeno (0,5 %) a cada tubo.
- Añadir de 1 a 2 ml de agua y homogeneizar el tubo y regresarlo al baño de agua; después de 30 segundos compare los colores de los tubos.

### **3.8.3 Control de calidad microbiológico de leche**

Se evaluó los requisitos microbiológicos de Recuento de microorganismos aerobios mesófilos REP, UFC/cm<sup>3</sup> establecidos en la normativa NTE INEN 9:2012, que indica el índice de microorganismos máximos y mínimos permitidos de la leche. Para ello se utilizaron placas Petrifilm, siendo un método alternativo validado por la AOAC.

### **3.8.4 Caracterización fisicoquímica de las materias primas**

#### **3.8.4.1 Determinación de Ph**

Mediante un pH-metro establecido en la Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2325:2011, se estableció seguir el siguiente procedimiento:

- Calibrar el potenciómetro antes de iniciar la medición.
- Lavar el bulbo medidor de pH con agua destilada.
- Colocar en un vaso de precipitación entre 100 y 150 ml de la muestra.
- Introducir los electrodos en el recipiente con la muestra, evitando que toque las paredes de este.
- Medir el pH por triplicado.

#### **3.8.4.2 Determinación de acidez titulable**

De acuerdo con la Norma NTE INEN 0013, se realizó el siguiente proceso normalizado de titulación:

- Enjuagar y secar el matraz Erlenmeyer en la estufa a 103 °C ± 2 °C en un tiempo de 30 min.
- Sacar, enfriar en el desecador y pesar con aproximación a 0,1 mg.
- Invertir el recipiente para homogeneizar la muestra, seguidamente transferir al matraz Erlenmeyer y pesar, con aproximación a 0,1 mg aproximadamente 20 g de muestra.
- Disolver el contenido del matraz con un volumen de 40 ml de agua destilada y agregar 2 ml de sol. indicadora de fenolftaleína.

- Agregar despacio y con agitación continua, la sol. de NaOH 0.1 N, hasta conseguir un color rosado constante.
- Leer en la bureta el volumen gastado de solución empleada.

$$\% \text{ acidez} = 0.090 \{(V \times N / m_1 - m)\} \times 100$$

Donde:

% acidez = acidez titulable de la leche

V = volumen de la solución de NaOH gastado en la titulación.

N = normalidad de la solución (0.1N)

m = masa del matraz Erlenmeyer vacío, en g

m<sub>1</sub> = masa del matraz con la leche, en g

#### 3.8.4.3 *Determinación de conductividad eléctrica*

- Encender el equipo, calibrarlo con los patrones estándar, luego enjuagar el sensor con agua destilada.
- Tomar la muestra y colocar 80 ml en el matraz.
- Sumergir el sensor en el matraz con la muestra, con el debido cuidado de evitar tocar la superficie del vidrio.
- Anotar el valor por triplicado para posteriormente apagar el equipo.

#### 3.8.4.4 *°Brix*

En concordancia con el procedimiento del refractométrico y normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 380, se ejecuta la siguiente metodología:

- Poner de 2 o 3 gotas de agua para calibrar y limpiar.
- Añadir 3 gotas de la muestra en la superficie fija del refractómetro.
- Posterior a ellos el refractómetro automáticamente arroja el índice de refracción o el porcentaje de sacarosa.

Nota: Dos mediciones por muestra

### 3.8.5 *Análisis Bromatológico proximal*

#### 3.8.5.1 *Recepción y almacenamiento de la materia prima*

- Revisar que las materias primas estén en buen estado.
- Almacenar a temperatura ambiente o en refrigeración, según como corresponda.

### 3.8.5.2 Preparación de las muestras

- Moler o triturar la materia vegetal.
- Colocar las muestras en crisoles para secarlas en la estufa a 90 °C por 24 horas.
- Molienda de las muestras secas.
- Almacenar en fundas Ziploc

### 3.8.5.3 Humedad

Por medio de (Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140) se estableció el método de desecación en estufa con aire caliente. El procedimiento seguido es el siguiente:

- Tomar las capsulas y codificar con lápiz.
- Tarar la capsula durante 24 h para eliminar la humedad en la estufa a 103 °C ±3 °C
- Trasladar al desecador y esperar durante 30 minutos hasta lograr la temperatura ambiente.
- Pesar la capsula y registrar su peso en g.
- Completar 5 g de muestra y llevar la capsula a la estufa por un lapso de 24 h a 105 °C.
- Una vez transcurrida las 24 h pasar al desecador por 30 minutos.
- Pesar la muestra y realizar el cálculo:

$$\text{HUMEDAD (\%)} = \{(m_2 - m) / (m_1 - m)\} \times 100$$

Dónde:

m = masa de la cápsula en g

m<sub>1</sub> = masa de la cápsula con la muestra en g

m<sub>2</sub> = masa de la cápsula con la muestra después del calentamiento en g

### 3.8.5.4 Cenizas

Se utiliza a la Norma NTE INEN 14 para determinar compuestos inorgánicos, mediante el método de incineración en mufla.

- Codificar los crisoles con lápiz y tararlos en una estufa a 103 °C ± 2 °C durante 30 min.
- Llevar a enfriar los crisoles en el desecador por 30 minutos hasta que alcance la temperatura ambiente.
- Pesar el crisol y escribir el peso.
- Remover la muestra y adicionar 5 g de la muestra, anotar el peso.
- Trasladar el crisol con la muestra hacia la mufla y programar la temperatura de 500 a 550 °C durante 24 h para obtener cenizas libres de partículas de carbón.
- Sacar de la mufla y colocar en el desecador por 2 horas.



- Pesar el crisol y realizar el siguiente calculo:

$$\%C = \left( \frac{m_1 - m}{m_2 - m} \right) * 100$$

Siendo:

%C = contenido de cenizas en % de masa

m= masa de la capsula vacía

m<sub>1</sub>= masa de la capsula con la muestra después de la incineración

m<sub>2</sub>= masa de la capsula con muestra antes de la incineración

#### 3.8.5.5 Proteína

Por medio del método de micro Kjeldahl detallado por (Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140) se siguió el siguiente proceso:

- *Preparación de sustancias químicas:*
  - Hidróxido de sodio al (40%): adicionar 400 g de NaOH en un vaso, añadir agua y homogenizar, dejar enfriar la solución y completar a 1 litro.
  - Ácido bórico (2%): colocar 20 g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> en un vaso, combinar con agua y agitar, en caso de no disolverse calentar, posteriormente dejar reposar y aforar hasta 1 litro.
  - Ácido clorhídrico (0,1 N): agregar 8,35 ml de HCl al 37 % y llenar hasta 1 litro.

*Procedimiento:*

- Colocar en un papel 1 gramos de muestra seca.
- Adicionar en el tubo de digestión y registrar los pesos
- Incluir 3.4 gramos de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y 0.2 gramos de CuSO<sub>4</sub> en el tubo de digestión
- Completar 20 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 98%

*Digestión:*

- Homogenizar el contenido de los tubos y colocar los tubos Kjeldahl en el digestor durante un tiempo de 90 min, asegurándose que la cámara de extracción de vapor esté encendida.
- Una vez cumplido el tiempo retirar los tubos y déjelos enfriar en el digestor.

*Destilación*

- Prender la unidad de destilación, abrir la válvula de flujo de agua del condensador y asegurarse de tener todo educadamente puesto.
- Colocar un matraz de 500 ml y continuar la destilación.

- El dispositivo dispensa automáticamente 50 ml de solución de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> al 2 % en el matraz Erlenmeyer
- Agregar 5 gotas de indicador mixto de rojo metilo y verde de bromuro, luego homogeneizar.
- Retirar con cuidado el Erlenmeyer con el destilado agitando la boquilla del tubo del condensador.

#### *Titulación*

- Titular el destilado con HCl 0,1 N hasta el cambio de color.
- Anotar el volumen consumido.
- Posteriormente se realiza blancos para cada conjunto de muestra.
- Suponer el porcentaje de nitrógeno de proteína.

$$\%P = 1.4 \times f \times V \times N/m$$

Siendo:

%P = contenido de proteína en % de masa

f = factor para transformar el %N<sub>2</sub> en proteína, y que es específico para cada alimento, el cual según tablas es de 6,25.

V = volumen de ácido clorhídrico o ácido sulfúrico N/10 empleado para titular la muestra en mL

N<sub>1</sub> = normalidad del HCl

m= masa en gramos

#### *3.8.5.6 Grasa o extracto etéreo*

Se utiliza dos técnicas:

##### *3.8.5.6.1 Método de Gerber*

Se utiliza el método de Gerber estipulado en la Norma NTE INEN 12, 1973, ya que, al concentrarse la grasa, este elimina la membrana de fosfolípidos de los glóbulos, permitiendo que la grasa se libere.

- Lavar y secar el butirómetro en la estufa a 105 °C.
- Posteriormente se adiciona 10 ml de ácido sulfúrico, 10.94 ml de muestra homogénea y un 1 ml de alcohol amílico por las paredes del butirómetro.
- Cubrir el butirómetro con el corcho y agitar envolviendo una toalla húmeda por 5 veces hasta que la muestra se homogenice.
- Centrifugar el butirómetro durante 5 minutos y luego se lleva a baño maría por 4 minutos para posteriormente dejar reposar.

- Una vez reposado se hacen dos fases y se observa el contenido de grasa por medio de la graduación del butirómetro

#### 3.8.5.6.2 Método Soxhlet

Para realizar la prueba se tomó en cuenta el método Soxhlet (Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140), tal como se detalla a continuación:

- Pesar 2 g en un papel filtro y registrar el peso de muestra seca, ubicar en la muestra un dedal de algodón, luego introducirlo en la cámara de sifonación.
- Adicionar 250 ml de hexano al balón previamente pesado y embonar a la cámara de sifonación conectando al flujo de agua.
- Prender para realizar la parrilla para realizar la digestión durante 4 horas.
- Una vez transcurridas las 4 h transferir el extracto a un evaporador rotatorio para separar la grasa del hexano.
- Pesar el balón y calcular el resultado por diferencia de masa.

$$\% \text{ Grasas} = \left( \frac{\text{Peso Final Balón} - \text{Peso Balón Vacío}}{\text{Peso muestra}} \right) * 100$$

#### 3.8.5.7 Fibra

La técnica consiste en el uso del analizador de fibra ANKOM 2000 mediante el método de digestión ácido-básica (Instalab et al., 2021, pág. 15), donde se realiza el siguiente proceso:

- Secar los crisoles a 105 °C por 24 horas, colocar en el desecador por 30 minutos para posteriormente anotar el peso.
- Tarar las bolsitas a 105 °C por 24 horas, ubicar en el desecador por 35 minutos y posteriormente pesar (W1).
- Codificar las bolsas con marcador para luego pesar y colocar 0.5 gramos de la muestra (W2).
- Taponar las bolsas con el sellador ejerciendo presión de 2 a 3 segundos.
- Combinar 7 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> con agua destilada para aforar a 1 litro y agregarlo al equipo.
- Mezclar 12.5 gramos de NaOH con agua destilada para completar a 1 litro y agregar al equipo de extracción.
- Transportar las bolsas al equipo de extracción de fibra por 3 horas.
- Una vez acabado el proceso colocarlas en la estufa a 105 °C por 1 hora.
- Pasar al desecador por 45 minutos.
- Pesar las bolsas y apuntar el peso.

- Poner las muestras en los crisoles tarados y transportar a la mufla por 3 horas.
- Sacar los crisoles, dejar enfriar en el desecador por 45 minutos y pesar los crisoles (W3).
- Calcular el resultado por medio de la formula:

$$\%F = \frac{100 * (w3 - (w1 * C1))}{W2}$$

Siendo:

W1= Peso de la bolsa tarada

W2= Peso de la muestra

W3= Peso de las cenizas

C1= Peso después de la estufa

### **3.8.6 Formulación del yogurt regida a la noma NTE INEN 2395:2011**

**Desinfección:** Limpiar el área de trabajo, los materiales, equipos.

**Recepción de materia prima:** Leche y materias primas en perfecto estado.

**Lavado:** Lavar con agua potable por inmersión para retirar las impurezas de la maracuyá, penca y fruto de tuna.

#### **Inoculación**

- Calentar 5 litros de leche a una temperatura entre los 55 y los 75 °C para su pasteurización.
- Dejar enfriar la leche a la temperatura deseada (alrededor de 45-50 °C).
- Trasvasar a un balón de aforo de 5 litros.
- Pesar y añadir 0.2345 g de los cultivos lácticos con cepas probióticas (ABY-3) c a la leche y homogenizar.
- Agregar 120 g de azúcar para ajustar el sabor y mezclar.

#### **Incubación**

- Colocar el balón de aforo con la mezcla en la incubadora a una temperatura de 40-45 °C durante un tiempo de 24 horas.

**Refrigeración:** Dejar reposar el yogur a una temperatura de 4 °C.

**Envasado y adición de materias primas a 4 formulaciones diferente de yogurt**

- Dentro de la campana de flujo laminar trasvasar 250, 500, 750 y 800 ml del fermento en frascos estériles.
- Adicionar 60 ml de maracuyá, 40 ml de nopal y 100 ml del fruto de tuna a cada formulación.
- Aforar a 1 litro las 4 formulaciones con leche previamente pasteurizada.
- Luego se procede a verificar la consistencia y calidad del yogur.

**Etiquetado:** Rotular cada envase con la fecha de producción, tipo de yogur y fecha de vencimiento y posterior a ello realizar su etiquetado nutricional.

**Almacenamiento:** Colocar los envases en el refrigerador o cámara frigorífica a una temperatura de 4 °C.

### 3.8.7 Control de calidad microbiológico de las formulaciones

Se evaluó los requisitos microbiológicos establecidos en la normativa NTE INEN 2395:2011, que indica el índice de microorganismos máximos y mínimos permitidos en yogurt. Para ello se utilizaron placas Petrifilm, las cuales se aplican con los parámetros mostrados en la tabla.

**Tabla 3-1:** Requisitos y técnicas para el desarrollo microbiológico.

Microorganismo	T° óptima	Tiempo Incubación	Identificación de colonias	UFC/mL	Método
<i>B. species</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> , <i>S. thermophilus</i>	28-37°C	48 h ± 3	Rojas sin gas	≥ 106	AOAC 041701
Coliformes totales	36±1 °C	24 h ± 2	Rojas con o sin gas	≤ 100	AOAC 991.14
<i>E.coli</i>	36±1 °C	24 h ± 2	Azules con o sin gas	Ausencia	AOAC 991.14
Mohos y levaduras	28±1 °C	48 h ± 2 72 h ± 2	Rosa, son grandes y pequeñas	500	AOAC 997.02

Fuente: 3M, 2017, págs. 2-8, NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8.

Realizado por: Velastegui, 2024.

Procedimiento:

- Pesar la peptona al 0.1 % y aforar a 1 litro
- Colocar 9 ml de peptona en cada tubo y 45 ml en los frascos estériles.
- Mandar a esterilizar los materiales en la autoclave a una temperatura de 121 °C por 20 minutos (puntas, tubos y frascos con peptona).
- Limpiar y esterilizar la cámara de flujo laminar.

- Tomar una muestra de 5 ml con una pipeta y realizar una dilución en el frasco estéril previamente mandado a la autoclave con agua de peptona, posteriormente realizar diluciones seriada en tubos de ensayo y sembrar dependiendo la dilución que requiere la norma.
- Codificar o etiquetar las placas petrifilm (código, fecha y dilución).
- Tomar 1 ml con una micropipeta y trasvasar a cada dilución correspondiente.
- Levantar la cubierta superior del petrifilm y verter en el centro de la placa
- Cerrar el petrifilm aplicando una ligera presión sobre ellas y esperar 1 minuto a que se solidifique el gel.
- Incubar durante el tiempo indicado en la Tabla 3-2 para cada microorganismo y temperatura correspondiente.
- Calcular con la siguiente formula, tomando en cuenta que los resultados se interpretan como UFC/mL (Meizheng, 2022, págs. 2-3).

$$UFC/mL = \frac{\text{\# de colonias por placa x factor de dilución}}{\text{mL de muestra sembrada}}$$

Siendo:

UFC/mL: suma de unidades formadoras de colonia por mL.

\*Factor de dilución: es inversa a la dilución.

### **3.8.8 Análisis Bromatológico-Complementarios**

#### **3.8.8.1 Determinación de vitamina c/ ácido ascórbico**

El análisis se realizó por medio de la titulación yodometrica conforme a lo indicado por (Reinoso, 2021, pág. 36). El proceso empleado se detalla a continuación:

- Lavar la materia prima o en el caso del yogurt tener listo las formulaciones.
- Alistar el equipo para realizar la titulación (bureta, pinza y soporte universal)
- Pesar 15 gramos de muestra en 100 ml de agua destilada, mezcle durante 1-2 minutos por medio de la licuadora.
- Adicionar 1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.
- Añadir 1 ml de solución de almidón soluble previamente preparada.
- Dejar caer la solución de yodo (0,01 N) por la bureta hasta observar un color azul.
- Registra el valor de yodo consumido y hacer el cálculo correspondiente.

$$mg \text{ de } \acute{A}c. \text{ Asc\`orbico} = \frac{v * Eq}{V}$$

Siendo:

v = Volumen de la soluci3n de I consumido en ml.

Eq= Equi. del 1cido asc3rbico (0.8806 mg)

V = Volumen equivalente de vitamina c (1 ml)

### 3.8.8.2 Determinaci3n de hierro (Fe)

Para este an1lisis se aplic3 la t3cnica de Espectrometr1a de Absorci3n At3mica mediante atomizaci3n con llama descrita por (Gavilanes, Chuqu1n y Valverde, 2023, p1gs. 40-140):

- Preparar los est1ndares y aforarlos.

**Tabla 3-2:** procedimiento para los est1ndares en el an1lisis de Fe

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentraci3n inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentraci3n inicial (ml)	Concentraci3n a la que se quiere llegar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>STOCK</b>	1000	2.5	25	100
<b>1</b>	25	0.5	0.25	50
<b>2</b>	25	1	0.5	50
<b>3</b>	25	2	1	50
<b>4</b>	25	4	2	50
<b>5</b>	25	6	3	50

Fuente: Gavilanes, Chuqu1n y Valverde, 2023, p1gs. 40-140.

Realizado por: Velastegui, 2024.

- Prender el equipo de absorci3n at3mica y pasar los est1ndares.
- Si el coeficiente de variaci3n es superior a 0,99, se procede a leer las muestras que ya han sido digestadas.
- Registrar los resultados.

### 3.8.8.3 Determinaci3n de potasio (K)

Se puso en pr1ctica la t3cnica de Espectrometr1a de Absorci3n At3mica mediante atomizaci3n con llama descrita por (Gavilanes, Chuqu1n y Valverde, 2023, p1gs. 40-140):

- Preparar los est1ndares y aforarlos.

**Tabla 3-3:** procedimiento para los estándares en el análisis de K

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llegar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>Stock</b>	1000	1	10	100
<b>1</b>	25	1.25	0.25	50
<b>2</b>	25	2.5	0.5	50
<b>3</b>	25	5	1	50
<b>4</b>	25	10	2	50
<b>5</b>	25	12.5	2.5	50

Fuente: Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140.

Realizado por: Velastegui, 2024.

- Prender el equipo de absorción atómica y pasar los estándares.
- Si el coeficiente de variación es superior a 0,99, se procede a leer las muestras que ya han sido digestadas.
- Registrar los resultados.

#### 3.8.8.4 Determinación de calcio (Ca)

La técnica se ejecutó por el equipo de Espectrometría de Absorción Atómica mediante atomización con llama descrita por (Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140):

- Preparar los estándares y aforarlos.

**Tabla 3-4:** procedimiento para los estándares en el análisis de Ca

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llegar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>Stock</b>	1000	2	20	100
<b>1</b>	25	2.5	1	50
<b>2</b>	25	5	2	50
<b>3</b>	25	10	4	50
<b>4</b>	25	15	6	50
<b>5</b>	25	20	8	50

Fuente: Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140.

Realizado por: Velastegui, 2024.

- Prender el equipo de absorción atómica y pasar los estándares.
- Si el coeficiente de variación es superior a 0,99, se procede a leer las muestras que ya han sido digestadas.
- Registrar los resultados.



### 3.8.8.5 Determinación de fósforo (P)

Se calculó este parámetro bajo la metodología de Espectrometría de Absorción Atómica mediante atomización con llama descrita por (Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140):

- Preparar los estándares y aforarlos.

**Tabla 3-5:** procedimiento para los estándares en el análisis de P

NIVEL	C1	V1	C2	V2
	Concentración inicial (ppm)	Valor por tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llegar (ppm)	Volumen por aforar (ml)
<b>Stock</b>	1000	0.25	25	100
<b>1</b>	25	0.20	0.10	50
<b>2</b>	25	0.80	0.40	50
<b>3</b>	25	1.60	0.80	50
<b>4</b>	25	3.00	1.50	50
<b>5</b>	25	4.00	2.00	50

Fuente: Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140.

Realizado por: Velastegui, 2024.

- Prender el equipo de absorción atómica y pasar los estándares.
- Si el coeficiente de variación es superior a 0,99, se procede a leer las muestras que ya han sido digestadas.
- Registrar los resultados.

### 3.8.8.6 Digestión Asistida por Microondas de Muestras Para Análisis De Metales Totales

El proceso de digestión se llevó a cabo conforme a lo indicado por (Gavilanes, Chuquín y Valverde, 2023, págs. 40-140). La metodología se detalla a continuación:

- Encender la balanza analítica y pesar 0,5 g de la muestra en un pedazo de papel
- Trasvasar la muestra en recipientes de teflón adecuado para el microondas y adicione 10 ml de HNO<sub>3</sub>.
- Cerrar los recipientes y hacer encajar para colocar en el rotor, asegurándose de que la disposición sea la correcta.
- Ubicar el rotor en el microondas y programar el método en la pantalla del dispositivo.
- Una vez finalizado la digestión, esperar 30 minutos para que los tubos se enfríen.
- Llevar los tubos a la cámara de gases y destapar.
- Filtrar por medio de la bomba al vacío a través de papel filtro o membranas de 0.45 µm
- Almacenar el filtrado en un tubo de centrifuga y completar el volumen a 50 ml.

- Posterior a ellos las muestras se encuentran listas para analizar por el equipo de Espectrometría de Masas de Plasma (ICP-MS).
- Etiquetar y transferir una cantidad pequeña de la muestra los tubos específicos del equipo.
- Realizar el análisis de los metales en las soluciones digestadas.
- Registrar los resultados del análisis de metales encontradas en cada muestra.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El estudio se centra en la calidad del yogurt elaborado utilizando prebióticos extraídos de *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, en relación con la concentración de probióticos inoculados durante la etapa fermentativa. La investigación se enfoca en comprender cómo la variación en la concentración de probióticos afecta las propiedades sensoriales, fisicoquímicas y nutricionales del yogurt

#### 4.1 Caracterización de la leche

De acuerdo con los análisis realizados de la leche, se examinaron varios parámetros claves que garantizan su calidad y seguridad alimentaria; dichas medidas se especifican en la Tabla 4-1.

**Tabla 4-1:** Caracterización de la leche de acuerdo con la normativa INEN 9:2012

Código	Leche
Lugar	Penipe - altar
Coordenada UTM	793964,73; 9841403,66 UTM
Prueba de leche con alcohol	Negativo
Prueba de alizarina	Coloración lila fresca - normal
Prueba de ebullición	Negativo
Reductasa	Mas de 5 horas (buena)
Prueba de pupo	Negativo
Carbonatos y bicarbonatos	Negativo
Prueba de ácido clorhídrico y formol	Negativo
Detección sacarosa)	Negativo
Lacto peroxidasa	Negativo
Aerobios (ufc/cm <sup>3</sup> )	1.2 x 10 <sup>6</sup>

Realizado por: Velastegui, 2024.

El presente cuadro indica los parámetros de calidad de la leche, los que cumplen con aquellos establecidos por la norma (NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18), indicando que la leche muestra una estabilidad proteica normal y una prueba de reductasa adecuada relacionada con la calidad sanitaria de la leche; además, la prueba de neutralizante para detectar posibles contaminantes o alteraciones dio resultados negativos junto con otros parámetros importantes, como la presencia de carbonatos, bicarbonatos, conservantes, y la detección de adulterantes mediante la sacarosa, lo que respalda la integridad y pureza de la muestra. En cuanto en los requisitos microbiológicos se destaca que los recuentos de aerobios mesófilos están dentro del límite máximo lo que garantiza una inocuidad moderada de agentes patógenos que puedan afectar la salud del consumidor.

## 4.2 Requisitos fisicoquímicos de la leche

Los resultados de los análisis de la leche se presentan en la Tabla 4-2, donde se detallan los parámetros más relevantes de acuerdo con la (NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18) ,que han sido evaluados para caracterizar la composición e inocuidad de la leche.

**Tabla 4-2:** Parámetros fisicoquímicos de la leche fresca

<b>Parámetros</b>	<b>Resultados</b>
<b>Temperatura °C</b>	24.79 ± 0.296
<b>pH</b>	6.80 ± 0.000
<b>Acidez %</b>	0.15 ± 0.209
<b>CE (mS/cm)</b>	4.867 ± 0.006
<b>Densidad (g/ml)</b>	1.031 ± 0.000
<b>Grasa %</b>	3.800 ± 0.070
<b>Proteína %</b>	3.273 ± 0.015
<b>Sólidos Totales %</b>	11.64 ± 0.110
<b>Cenizas %</b>	0.66 ± 0.000
<b>sales %</b>	0.72 ± 0.000
<b>Agua añadida</b>	0 ± 0.000

Realizado por: Velastegui, 2024

Tras realizar los análisis planteados en la norma la (NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18) utilizando el lactoscan a una temperatura promedio de  $24.79 \pm 0.296$  °C, se obtuvo un valor de pH de  $6.80 \pm 0.000$  que se encuentra dentro del rango esperado para la leche. Estos resultados concuerdan con lo reportado por (Juárez et al., 2015, págs. 327-337), el mismo que va de la mano de la acidez que da un resultado de  $0.15 \pm 0.209$  %, lo que revela una ligera variación respecto al valor de referencia establecido por la norma INEN. En cuanto a la conductividad eléctrica se reporta  $4.867 \pm 0.006$  ms/cm lo cual ha indicado que el parámetro es idóneo; por otro lado, la densidad fue de  $1.031 \pm 0.000$ , lo cual mantiene una relación con los estudios de (Armas A., 2017, págs. 1-32).

En cuanto a los parámetros de la composición nutricional muestran que tanto la grasa, con un nivel de  $3.800 \pm 0.070\%$ , como la proteína, con un nivel de  $3.273 \pm 0.015\%$ , se encuentra dentro de los límites establecidos, respaldados por indagaciones como las de (López y Barriga, 2016, págs. 15-26). Además, los sólidos totales, las cenizas y las sales, con porcentajes de  $11.64 \pm 0.110\%$ ,  $0.66 \pm 0.000\%$  y  $0.72 \pm 0.000\%$ , también se sitúan en rangos considerados adecuados, lo que denota una composición equilibrada y conforme a los estándares de calidad establecidos; sin hacer de menos la ausencia de agua añadida que respalda la integridad del producto, siendo resultados alentadores para una buena calidad sanitaria de la leche y refleja prácticas adecuadas de ordeño hasta su procesamiento, como menciona (López y Barriga, 2016, págs. 15-26).

### 4.3 Análisis bromatológicos complementario de leche

Indagar estas mediciones complementarias, brinda una comprensión más completa de la leche que da como resultados parámetros con impactos beneficioso descritos en la Tabla 4-3.

**Tabla 4-3:** Análisis bromatológicos de leche

<b>Vitamina C (mg/100 g)</b>	<b>Hierro (mg/100 g)</b>	<b>Fósforo (mg/100 g)</b>	<b>Potasio (mg/100 g)</b>	<b>Calcio (mg/100 g)</b>
3.229 ± 0.415	0.784±0.038	7.656±0.020	124.867±1.217	38.073±0.787

Realizado por: Velastegui, 2024.

En la Tabla 4-3, se aprecia que la leche presenta una amplia gama de nutrientes como: vitamina C con un promedio de  $3.229 \pm 0.415$  mg por cada 100 g, considerablemente mayor que los 1.8 mg obtenidos en (Moreiras, 2014, pág. 1); Dicho esto la leche es una fuente significativa de vitamina C en la dieta, importante para el sistema inmunológico y la salud en general. Asimismo, se menciona los niveles de hierro que alcanzan un promedio de  $0.784 \pm 0.038$  mg, destacando su relevancia nutricional notable en comparación con el 0,1 mg encontrado en el Código Alimentario Español, ejerciendo un papel esencial en el desarrollo y mantenimiento de tejidos y crecimiento celular, con ello el fosforo que reporta  $7.656 \pm 0.020$  mg siendo significativamente inferior a lo reportado por (Hernández, 2004, págs. 1-7).

En cuanto al potasio presenta un valor óptimo de  $124.867 \pm 1.217$  mg, revelándose como un componente importante relativamente bueno en relación con lo investigado por (López, Oropeza y Betancourt, 2017, págs. 120-133), siendo útil en la función de los nervios y a su vez que el ritmo cardiaco se mantenga estable; de la misma forma el calcio presentó un nivel promedio de  $38.073 \pm 0.787$  mg por cada 100 g, dando un valor menor de acuerdo con lo comparado por (Hernández, 2004, págs. 1-7), sin olvidarse que puede deberse al tipo de alimentación que ha consumido el ganado; no obstante, su presencia sigue siendo fundamental para el desarrollo óseo desde la infancia hasta la vejez reconociéndose por su importancia como uno de los minerales más fundamentales para el ser humano.

### 4.4 Análisis proximal bromatológico de la materia prima

Para la creación de producto se eligieron materias primas comerciales en estados óptimos para garantizar la calidad de este. Los detalles se encuentran descritos en la Tabla 4-4, proporcionando una visión clara de elementos que contribuyen al yogurt.

**Tabla 4-4:** Análisis proximal bromatológico de la materia prima

<b>Materia prima</b>	<b>Azúcares %</b>	<b>Humedad %</b>	<b>Ceniza %</b>	<b>Proteína %</b>	<b>Grasa %</b>	<b>Fibra %</b>
<b>Penca</b>	0.34±0.13	98.68±0.02	0.49±0.12	0.048±0.01	0.05±0.00	0.43±0.01
<b>Tuna</b>	13.55±0.64	79.52±0.76	0.43±0.02	0.76±0.04	0.54±0.08	5.50±0.05
<b>Maracuyá</b>	9.94±0.37	84.26 ±0.46	4.31±0.39	1.02±0.02	0.18±0.01	0.16±0.00

Realizado por: Velastegui, 2024.

De acuerdo con los análisis reportados, la penca tiene un contenido de azúcares, dentro de un promedio de  $0.34 \pm 0.13$  %, valor que al ser comparado con lo expuesto por (Portillo et al., 2021, págs. 44-55), es de 5.60 %. Por otro lado, la tuna presenta niveles de  $13.55 \pm 0.64$  %, que en comparación con los investigado por (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8), muestra un valor mayor siendo de 9.51 %; en cuanto al maracuyá presenta  $9.94 \pm 0.37$  % respectivamente y de acuerdo con lo expuesto por (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43), presenta 21.2 % siendo un valor inferior al analizado, pero no menos importante. Además, esto indica que tanto la tuna como el maracuyá tienen más fuentes de azúcares naturales en comparación con la penca y con respecto a sus variaciones pueden ser debido al cultivo, suelo, edad o la estación que se cosecharon dichas plantas; por empleo en el cladodio de la tuna baja a medida que aumentan los años.

En lo que respecta a la humedad, la penca presenta el mayor contenido con un promedio de  $98.68 \pm 0.02$  %, lo que indica una alta proporción de agua en su composición. Este dato se respalda con estudios realizados por (Portillo et al., 2021, págs. 44-55), que sugieren un 91.0%; en contraste, tanto la tuna como el maracuyá muestran un contenido de humedad considerablemente menor, con promedios de  $79.52 \pm 0.76$  % y  $84.26 \pm 0.46$  % respectivamente, que comparado con autores como (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8) y (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43) revelan valores parecidos. Es esencial destacar que esta disparidad en el contenido de humedad puede influir en la textura y conservación de estos productos.

El parámetro de Ceniza proporciona la información sobre el contenido mineral de las materias primas. La penca muestra el menor contenido, con un promedio de  $0.49 \pm 0.12$  %, comparado con bibliografía (Portillo et al., 2021, págs. 44-55), donde se reporta un 13.2%. Por otro lado, la tuna presenta una cantidad ligeramente más alta, con un promedio de  $0.43 \pm 0.02$  %, según (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8) siendo de 0.34 %. En consecuencia, el maracuyá exhibe el mayor contenido de ceniza, con un promedio de  $4.31 \pm 0.39$  %, lo que sugiere una mayor concentración de minerales en esta fruta en comparación con las otras dos materias primas, los datos científicos informan un 0.8 g % (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43).

La cantidad de proteína en la penca es notablemente inferior, con un promedio de  $0.048 \pm 0.01$  % en comparación con la bibliografía (Portillo et al., 2021, págs. 44-55), que registra un 1.50 %. Por otro

lado, tanto la tuna como el maracuyá exhiben niveles más elevados, con promedios de  $0.76 \pm 0.04 \%$  y  $1.02 \pm 0.02 \%$ , con respecto a estudios investigativos, presentan valores de 0.15 y 0.88 % dados por (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8) y (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43). Esto sugiere que la tuna y el maracuyá pueden considerarse como fuentes más significativas de proteínas en comparación con la penca. Además, se debe recalcar que el hecho de que presenten valores mayores es importante para contribuir al producto final, considerando su composición proximal bromatológica.

Por otro lado, en cuanto a la grasa se revela que la penca cuenta con un contenido promedio de  $0.05\% \pm 0.00$ , que se coteja con (Portillo et al., 2021, págs. 44-55), donde se registra un valor de 0.20%. Es importante considerar que este valor puede variar según la edad del nopal; en la bibliografía consultada, se indica que se refiere a un nopal de 1 año. Por otro lado, la tuna muestra el contenido más alto de grasa, con un promedio de  $0.54 \pm 0.08 \%$ , dado por investigaciones previas de (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8), que registran un valor de 0.17%. En cuanto al maracuyá, se reporta un contenido de  $0.18 \pm 0.01 \%$ , mientras que en otra literatura de (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43), se menciona un valor de 0.7 %. Esto sugiere que la tuna puede considerarse como la materia prima con mayor contenido de grasa en comparación con las otras dos.

Finalmente, en relación con el parámetro de fibra, se observa que tanto la penca como el maracuyá presentan niveles muy bajos, con promedios de  $0.43 \pm 0.01 \%$  y  $0.16 \pm 0.00 \%$  respectivamente. En comparación con la literatura consultada de (Portillo et al., 2021, págs. 44-55) y (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43), se menciona que estos valores oscilan entre 0.5 y 1.10 %, lo que sugiere una baja presencia de fibra en ambas materias primas. Por otro lado, la tuna exhibe el mayor contenido de fibra, con un promedio de  $5.50 \pm 0.05 \%$ . Al comparar estos datos con la referencia de (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8), que indica 4.97 %, se corrobora que la tuna es una fuente significativa de fibra en comparación con las otras dos materias primas. Además, es importante mencionar que el contenido de estos compuestos también varía de acuerdo con las condiciones de cultivo, grado de madurez y la variedad al momento de consumirla.

#### 4.5 Análisis fisicoquímico de las materias primas

En el campo de la industria alimentaria, el análisis fisicoquímico desempeña un papel fundamental en la garantía de la calidad y seguridad de los productos finales. Estudios que se muestran en la Tabla 4-5.

**Tabla 4-5:** Resultados fisicoquímicos de las materias primas

Materias primas	pH	% Acidez	G. BRIX
Penca	5.29±0.03	0.165±0.003	4.06±0.08

<b>Tuna</b>	6.85±0.07	0.073±0.004	14.15±0.02
<b>Maracuyá</b>	3.07±0.15	2.97±0.04	15.53±0.27

Realizado por: Velastegui, 2024.

En los resultados fisicoquímicos de la penca, se registra un pH de 5.29±0.03, coincidiendo con lo expuesto por (Torres et al., 2011, págs. 92-114), que indica un pH de 5; en cuanto a la acidez, se ve reflejada en su porcentaje de 0.165±0.003%, en comparación con el estudio de (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43), que reporta un valor relativamente alto de 0.52%. Junto a ellos el contenido de sólidos solubles, medido en °Brix, se sitúa en 4.06±0.08, lo que sugiere un nivel moderado de dulzura con respecto a la literatura ya mencionada que expone que es de 4.5 °Brix. Es importante considerar que ciertos factores como la variedad de la fruta y condiciones de cultivo pueden influir en la variabilidad de estas medidas.

Por consiguiente, la tuna exhibe un pH más alcalino de 6.85±0.07, correlacionado con lo expuesto por (Sáenz y Sepúlveda, 2011, págs. 29-32), donde se menciona que es de 6.37. También se presenta una acidez significativamente de 0.073±0.004 % coincidiendo con los resultados encontrados en la investigación previamente mencionada, que arrojó un valor de 0.06%. Por otro lado, su concentración de sólidos solubles es notablemente mayor, alcanzando 14.15±0.02 °Brix, lo cual concuerda con el valor reportado en la misma bibliografía, que es de 14.6 °Brix. Es importante tener en cuenta que el proceso de maduración puede estar influenciado en la inestabilidad de estos parámetros.

Por último, el maracuyá presenta un pH notablemente ácido de 3.07±0.15, encontrándose dentro de los rangos reportados por (García, Alvis y Romero, 2015, págs. 17-24) que indica un pH de 3.10; su acidez es considerablemente elevada, alcanzando un valor del 2.97±0.04%, sin embargo, existen reportes encontrados de (Landázuri et al., 2021, pág. 11), que presentan un valor mayor, siendo de 3.48%. Por último, el contenido de sólidos solubles del maracuyá es de 15.53±0.27 °Brix, lo que contribuye a su intenso sabor y aroma. En contraste, los datos de (Cerquera, Parra y Camacho, 2016, págs. 172-182) indican un valor ligeramente semejante con un promedio de 15. °Brix. Estas diferencias de parámetros se pueden dar debido a las condiciones climáticas diferentes, dadas las condiciones tropicales de las zonas de cultivo, donde se tiene mayor claridad a lo largo del año, factores que inciden marcadamente en la fruta, así como en el rendimiento de su pulpa.

#### **4.6 Análisis complementario bromatológico de la materia prima**

Después de realizar los análisis complementarios de las materias primas en términos de su contenido nutricional. En la tabla se puede evidenciar los parámetros medidos:



**Tabla 4-6:** valor nutricional de las materias primas

<b>Materias primas</b>	<b>Vitamina C (mg/100 g)</b>	<b>Hierro (mg/100 g)</b>	<b>Fósforo (mg/100 g)</b>	<b>Potasio (mg/100 g)</b>	<b>Calcio (mg/100 g)</b>
<b>Penca</b>	15.56±1.245	0.17±0.001	0.32±0.003	261.38±6.028	13.59±0.033
<b>Tuna</b>	21.72±0.830	0.67±0.020	1.27±0.043	129.90±6.581	15.75±0.293
<b>Maracuyá</b>	27.30±0.415	0.84±0.066	0.25±0.003	161.17±15.159	8.21±0.039

Realizado por: Velastegui, 2024.

Después de realizar los análisis complementarios, se encontró que la penca contiene aproximadamente 15.56±1.245 mg/100g de vitamina C. Este valor está significativamente por debajo de los 37.27 mg reportados en la bibliografía (Guzmán y Chávez, 2017, págs. 41-45). Esta diferencia podría atribuirse a el grado de madurez de la planta o incluso la ubicación geográfica cultivada. En cuanto a la tuna, contiene alrededor de 21.72±0.830 mg/100g, una cantidad notablemente superior que los 15.72 mg/100g citados en la bibliografía de (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8). Una posible explicación podría ser la variedad específica de tuna analizada. Respecto al maracuyá, se determinó que contiene aproximadamente 27.30±0.415 mg/100g de vitamina C, una cantidad mucho más alta que los 12 mg/100g reportados en la bibliografía (Cerquera, Parra y Camacho, 2016, págs. 172-182). Esto es beneficioso, ya que la vitamina C desempeña un papel vital en el crecimiento, la reparación de tejidos y actúa particularmente como un antioxidante.

En relación con el hierro, cumple la función de transportar oxígeno por todo el cuerpo, contribuyendo al desarrollo adecuado del organismo. Su deficiencia puede provocar enfermedades como la anemia. En la penca se encuentra presente una cantidad 0.17±0.001 mg/100 g, valor que se sitúa por debajo de lo expuesto en el estudio de (Guzmán y Chávez, 2017, págs. 41-45), el cual reporta 0,322 mg/100 g; esta diferencia se atribuye a la edad en que se recolectó el cladodio ya que se ha observado que los niveles de hierro aumentan con la edad, tal como indica el estudio de (Terán et al., 2015, págs. 69-74). En cuanto a la tuna y el maracuyá, presentan valores similares con mediciones de 0.67±0.020 y 0.84±0.066, respectivamente según lo reportado por (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43). Estos resultados subrayan la importancia de considerar la variedad y el estado de madurez de los alimentos al analizar su contenido de hierro.

Por consiguiente, el contenido de fósforo determinado en la tuna es el más elevado, alcanzando 1.27±0.043 mg/100g en comparación con los 20.84 mg/100 g reportados en estudios, lo que puede explicarse por la influencia de disponibilidad de este mineral en el suelo donde se cultivan las plantas, como mencionan (Paucara y Del Castillo, 2021, págs. 1-8). En cuanto a la penca y el maracuyá, presentan un promedio de 0.32±0.003 mg/100 g y 0.25±0.003 mg/100g respectivamente, que comparado con 0.14 mg/100 g y 6,0 mg/100 g, difieren significativamente siendo valores diferentes a lo mencionado en (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43) y (Sales, 2015, págs. 6-11).

En lo que respecta al potasio, desempeña un papel crucial en la función de los nervios, la contracción muscular y el mantenimiento del ritmo cardiaco. Por ello, se llevaron a cabo análisis en la penca, reportando un valor de  $261.38 \pm 6.028$ , lo cual es muy buen aporte; en comparación con investigaciones que es de  $220 \text{ mg}/100 \text{ g}$  dicho esto por (Fischer, 2020, págs. 3-12); el potasio de la tuna presenta  $129.90 \pm 6.581 \text{ mg}/100\text{g}$ , cifra que comparado por el autor ya mencionado se evidencia un valor de  $115,5 \text{ mg}/100 \text{ g}$ . Asimismo, el maracuyá presenta  $161.17 \pm 15.159 \text{ mg}/100\text{g}$ , lo cual es inferior a los  $348 \text{ mg}/100 \text{ g}$  reportados por (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43).

Por último, la cantidad de calcio presente en la tuna es de  $15.75 \pm 0.293 \text{ mg}/100 \text{ g}$ , lo cual es menor en comparación con el estudio ( $34.09 \text{ mg}/100 \text{ g}$ ) según (Fischer, 2020, págs. 3-12). Por consiguiente, la penca tuvo un promedio de  $13.59 \pm 0.033 \text{ mg}/100 \text{ g}$ , lo cual es bajo en comparación con el valor reportado de  $41 \text{ mg}/100 \text{ g}$  según (Fischer, 2020, págs. 3-12). En cuanto al maracuyá, presento  $8.21 \pm 0.039 \text{ mg}/100 \text{ g}$ , lo cual es un valor bajo en comparación con los  $13 \text{ mg}/100 \text{ g}$  reportados por (Fuentes y Polania, 2020, págs. 26-43). Su diferencia entre los valores al compararlos con la literatura puede originarse por diversos factores, como el metabolismo intrínseco de la planta, las características del suelo, la absorción, que está influenciada por el tipo de fertilizante aplicado durante su desarrollo, y el momento de la cosecha. Cabe mencionar que la fuente de calcio es de un mineral y es esencial para mantener unos huesos y dientes fuerte.

#### 4.7 Análisis de metales pesados presentes en la materia prima

En la Tabla 4-7, se muestra la concentración promedio de los metales analizados en cada materia prima estudiada.

**Tabla 4-7:** Promedios de concentración de metales pesados por materia prima

Metales	Leche	Penca de tuna	Tuna	Maracuyá
Mercurio (Hg) mg/kg	$0.018 \pm 0.000$	$0.004 \pm 0.001$	$0.004 \pm 0.000$	$0.005 \pm 0.002$
Plomo (Pb) mg/kg	$0.022 \pm 0.003$	$0.010 \pm 0.001$	$0.009 \pm 0.000$	$0.013 \pm 0.002$
Cromo (Cr) mg/kg	$0.005 \pm 0.000$	$0.976 \pm 0.440$	$1.221 \pm 0.003$	$1.284 \pm 0.062$
Cobalto (Co) mg/kg	$0.023 \pm 0.005$	$0.157 \pm 0.013$	$0.025 \pm 0.000$	$0.030 \pm 0.002$
Níquel (Ni) mg/kg	$0.002 \pm 0.000$	$0.772 \pm 0.348$	$1.319 \pm 0.004$	$0.837 \pm 0.041$
Cobre (Cu) mg/kg	$0.352 \pm 0.028$	$1.299 \pm 0.026$	$0.729 \pm 0.001$	$1.830 \pm 0.084$
Arsénico (As) mg/kg	$0.001 \pm 0.001$	$0.203 \pm 0.008$	$0.003 \pm 0.000$	$0.010 \pm 0.001$
Selenio (Se) mg/kg	$0.523 \pm 0.015$	$0.043 \pm 0.002$	$0.098 \pm 0.002$	$0.131 \pm 0.017$

Cadmio (Cd) mg/kg	ND	0.011±0.001	ND	0.016±0.001
ND: valor no detectado por ICP-MS				

Realizado por: Velastegui, 2024.

Como se puede notar a través del equipo ICP-MS, en lo que respecta a la contaminación por metales pesados en alimentos, los límites máximos permitidos varían dependiendo al tipo de alimento. En el caso del Hg en la muestra cruda de leche, por el riesgo inminente que representa su presencia, el Reglamento de la Unión Europea establece un valor máximo de 0.01 mg/ Kg, siendo un valor superior al 0.018 mg/kg encontrado en la leche analizada (Unión Europea, 2015, págs. 1-18). Una de las principales causas de la presencia de metales pesados en alimentos es a través de los sistemas hídricos, ya sea por uso de aguas contaminadas en el riego de cultivos o por los procesos que ocurren en la cadena alimenticia en ambientes contaminadas. En cuanto a la frutas el valor máximo es 0.02 mg/kg estipulado en (UNION EUROPEA, 2019, págs. 2-25). Dicho esto, tanto la penca, tuna y maracuyá están dentro de ese rango permitido.

En el caso de Pb en leche, la norma (NTE INEN 9, 2012, págs. 5-18) establece un límite de 0.02 mg/kg por lo que se puede inferir que la leche cumple con esta normatividad nacional. El contenido de Pb en frutas según la Legislación Brasileña estipula un valor máximo de 0.10 mg/kg que, comparado con lo obtenido en penca, tuna y maracuyá, esta última está en el límite máximo ya que presenta una variación de 0.013±0.002 mientras que las otras si están bajo el del rango máximo (Caviedes Rubio et al., 2015, págs. 73-90). Es importante mencionar que estos valores pueden variar dependiendo de los suelos que han sido cultivadas, ya que tanto la planta como la cascara de maracuyá puede llegar a absorber este metal por la agrícola residual (Contreras, 2021, pág. 358).

Por otro lado, en lo que respecta al Cr, según el (CODEX, 2019, págs. 1-48), establece un límite máximo para la leche de 0.3 mg/kg y 0.5 mg/kg para frutas. Con base a los datos obtenidos y comparándolos con lo establecido en la Tabla 4-7, se indica que están por encima del rango permitido. El cromo existe cromo III y cromo VI. Cuando el cromo VI se ingiere, la mayor parte se convierte en Cr III para ser eliminado rápidamente a través de la orina, lo que reduce su toxicidad, sin embargo, el cromo III es el que se encuentra generalmente en alimentos y llega a ser esencial en pequeñas cantidades para el cuerpo humano, especialmente para los diabéticos, ya que estos pacientes suelen presentar un metabolismo de cromo alterado y requieren mayores cantidades de este metal debido a su mala absorción. Por el contrario, el cromo hexavalente proviene de la contaminación industrial y se considera más tóxico. Este valor elevado podría ser atribuido a la contaminación ambiental o a prácticas agrícolas inadecuadas.

Según el estudio de (Vargas et al., 2012, págs. 23-25), la cantidad presente de Co en la leche puede variar dependiendo de la alimentación del ganado y el tipo de suelo donde pastan, pero

generalmente se estipula entre 0.1 y 0.2 mg/kg. Los análisis se encuentran en un promedio de  $0.023 \pm 0.005$  mg/ kg, lo que cumple el límite establecido en la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. En el caso de las frutas, contenido de Co debe oscilar entre 0.16 a 1.0 mg / kg; es así como, comparado con el análisis realizado, se observa que la cantidad encontrada en la penca excede el límite máximo, situándose en  $0.157 \pm 0.013$  mg/kg. Sin embargo, se destaca al Co como un componente esencial de la vitamina B12, y en el tratamiento de anemia, lo que significa que su presencia en las materias primas contribuye a la salud y el bienestar para seres humanos. No obstante, concentraciones excesivas de cobalto podrían ser perjudiciales para la salud causando efectos nocivos o problemas de salud en el ganado.

En cambio, el Ni presente en leche, según (Chacón, 2017, págs. 39-45), es de 0.002 mg/kg, lo cual si se encuentra dentro del término establecido. Conforme a las frutas el límite de descrito en el (Parlamento Europeo, 2019, págs. 1-114) es de 3 mg/kg, por lo tanto, la penca, tuna y maracuyá están dentro de ese promedio, cabe destacar que el consumo de alimentos con niveles elevados de níquel puede provocar reacciones adversas, como dermatitis de contacto.

En tanto, al Cu para la leche la (FAO y OMS, 2016, págs. 6-17) establecen el nivel máximo de 5 mg/kg y para frutas 3 mg/kg, que con respecto a la Tabla 4-7, se puede inferir que todas las materias primas se encuentran dentro del rango, sin olvidarse que el Cu favorece al mantenimiento de la salud cardiovascular, la integridad de la piel y el sistema inmunológico.

El As, conocido por ser dañino en elevadas concentraciones para la salud, desencadenando problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares, gastrointestinales y efectos cancerígenos. La (Comision Europea, 2015, págs. 1993-1995) estableció el límite máximo para la leche de 0.10 mg/kg y para frutas de 0.20 mg/kg. De las cuales todas de las materias primas están dentro de estos límites.

En cuanto, al Se el límite establecido de la leche es de 1 mg/kg según (Moreiras, 2014, pág. 1), y al compararlo con el resultado obtenido, se encuentra dentro del rango permitido. En cuanto a las en frutas, el límite establecido en el (Parlamento Europeo, 2019, págs. 1-114), es de 0.30 mg/ kg, y ninguna de la materia prima esta adentro del rango.

Por último, el Cd cuando se ingiere en cantidades elevadas, el cadmio puede acumularse en los tejidos del cuerpo durante períodos prolongados, lo que puede causar daño a órganos como los riñones y el hígado. Además, este metal puede interferir con la absorción de nutrientes esenciales, como el calcio y el hierro, lo a su vez puede tener consecuencias negativas para la salud ósea y la circulación sanguínea. Por esta razón, se han establecidos límites para la leche, según lo indicado

por (Fuentes et al., 2013, págs. 1-5), con un valor de 0.01 mg/kg, pero es un valor no detectado por el equipo de ICP-MS, al igual que el maracuyá. En cuanto al nopal y tuna se confirma que están dentro del rango permitido, con respecto al límite de 0.050 mg/ kg, establecido por la (FAO y OMS, 2016, págs. 6-17).

#### 4.8 Elaboración de las formulaciones

##### 4.8.1 Diseño experimental utilizado para la elaboración yogurt

Se realizaron 4 formulaciones de yogurt siguiendo las pautas de (Pérez, 2019, págs. 6-10), con ciertas modificaciones para cada formulación con concentraciones diferentes de cultivos probiótico, en la Tabla 4-8 se muestra las cantidades de cada una de sus materias primas.

**Tabla 4-8:** Formulación para la elaboración de yogurt con variadas concentraciones de Probióticos

Formulación	Cantidad de fruta de tuna (g)	Cantidad de nopal de tuna (g)	Cantidad de maracuyá (g)	Cantidad de leche (ml)	Concentración de cultivo probiótico ABY-3 a inocular (%)
F1	100 g	40 g	60 g	550	25 (250 ml)
F2	100 g	40 g	60 g	300	50 (500 ml)
F3	100 g	40 g	60 g	50	75 (750 ml)
F4	100 g	40 g	60 g	0	100 (800 ml)

Nota: Todos los yogures tienen la misma cantidad de azúcar (37.5 g)

Realizado por: Velastegui, 2024.

#### 4.9 Análisis bromatológico proximal y complementario de distintas formulaciones de yogurt

En la Tabla 4-9, se muestra una sinopsis de los valores obtenidos mediante el análisis de varianza ANOVA entre las diversas formulaciones de yogurt. Además, se llevó a cabo la prueba de Tukey-b para determinar las diferencias que pueden existir entre cada conjunto.

**Tabla 4-9:** Análisis bromatológico proximal de las formulaciones

Tratamiento	Azúcares (%)	Humedad (%)	Ceniza (%)	Proteína (%)	Grasa (%)	Fibra (%)
Control YC	b	78.585 a	0.686 a	4.557 c	2.550 a	ND a
	13.75					
	0					

<b>F1</b>	4.254	a	83.835	b	0.673	a	3.897	b	5.243	b	2.126	b
<b>F2</b>	4.333	a	83.762	b	0.674	a	3.560	b	5.472	c	2.192	b
<b>F3</b>	5.484	a	83.676	b	0.686	a	2.741	a	5.184	b	2.258	b
<b>F4</b>	5.485	a	83.692	b	0,687	a	2.619	a	5.273	b	2.233	b
<b>F-ANOVA</b>	223.717		156.500 ***		1.134 NS		63.725 ***		791.545 ***		355.273 ***	
	***								***		***	

\*\*\*, \*\* y \*: significa  $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ , respectivamente. Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey-b en  $p < 0,05$ .

NS: valor no significativo.

Realizado por: Velastegui, 2024.

El análisis de la azúcar sobre las formulaciones F1, F2, F3 y F4 no presenta diferencias significativas. Sin embargo, se observa una diferencia significativa en el control respecto a los demás tratamientos, dado que existe una mayor concentración de azúcares. La diferencia de azúcar puede relacionarse al uso de mayores proporciones de azúcar al fabricar el yogur comercial.

En cuanto a la humedad, se evidencia que las medias de los tratamientos se asemejan con un nivel de confianza del 95%, y únicamente el yogur control difiere por presentar una menor cantidad de agua. Esta variación de valores puede deberse al empleo de la penca que demuestra una humedad del 98.68%, seguido del maracuyá con el 84.26 % y por último el 79.525 de tuna.

Por otro lado, la cantidad de proteína de las formulaciones F1 y F2, son notablemente distintas de F3 y F4. Además, cabe resaltar que el control difiere del resto de las formulaciones por presentar mayor cantidad proteica. Este incremento, puede deberse a que la mayoría de las industrias lácteas utilizan leche en polvo durante la producción del yogur.

Acerca de la grasa, el yogur control, es notablemente distinto de todas las formulaciones, conteniendo un valor menor. El tratamiento F3 tiene una menor cantidad de grasa entre las cuatro formulaciones, mientras que F2 presenta una cantidad mínima mayor. Posteriormente, la cantidad de fibra presente en las formulaciones no muestran diferencias significativas entre sí. Sin embargo, el control difiere notablemente del resto, ya que tras su análisis no se detectó cantidad de fibra.

Por último, según las regulaciones (NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8), todas las formulaciones cumplen con los requisitos de grasa, pero en cuanto a proteína, únicamente la F4 no alcanza el valor mínimo establecido. Esto podría explicarse porque no se agrega leche adicional, sino únicamente se utilizada la leche presente durante la fermentación ácida láctica.

**Tabla 4-10:** Análisis bromatológico complementario de las formulaciones

Tratamiento	Vitamina C		Hierro		Fósforo		Potasio		Calcio	
	mg /100g		mg/kg		mg/kg		mg/kg		mg/kg	
<b>Control YC (Toni)</b>	5.577	a	0.926	ab	0.217	a	241.766	ab	65.112	b
<b>F1</b>	16.144	b	0.693	a	1.448	c	226.386	ab	46.726	a
<b>F2</b>	17.612	bc	1.092	b	0.801	b	278.931	b	49.684	a
<b>F3</b>	19.960	c	0.849	ab	0.359	a	191.545	a	49.195	a
<b>F4</b>	17.612	bc	1.030	b	0.340	a	210.496	a	50.369	a
<b>F-ANOVA</b>	132.223	***	8.303	*	159.072	***	9.489	*	12.147	**

\*\*\*, \*\* y \*: significa  $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ , respectivamente. Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey-b en  $p < 0,05$ .

**Realizado por:** Velastegui, 2024.

De acuerdo con la Tabla 4-10, se observa una diferencia significativa de mayor cantidad de vitamina C en los tratamientos a diferencia del control. El F1 contiene la menor cantidad y F3 la mayor. Según (National Institutes of Health, 2019, pág. 4), el valor diario es de 90 mg, en el cuerpo la vitamina C, actúa como un agente antioxidante, ayudando a proteger las células contra el daño causados por los radicales libres y mejorando la absorción del hierro de alimentos de origen vegetal, a la vez contribuyendo al buen funcionamiento del sistema inmunitario.

En lo que respecta a el hierro, la formulación F2 y F4, demuestran contener mayor contenido. De acuerdo con (National Institute of Health, 2019, págs. 1-3), señala que la ingesta diaria recomendada de hierro es de 8 mg. Este elemento es crucial para el crecimiento y desarrollo del cuerpo, ya que el hierro es utilizado para la producción de hemoglobina. En cuanto, al análisis de fósforo, se revela que las formulaciones F3, F4 y yogurt control son notablemente parecidos entre sí, pero diferentes de F1 y F2. Esta discrepancia se atribuye al hecho de que la leche presenta más cantidad de fósforo. Por ende, a medida que se reduce la porción de leche en la mezcla, los valores de fosforo también disminuyen. Según (Linus Pauling Institute, 2020, pág. 20), la cantidad de fósforo diario es de 700 mg.

Seguidamente, el tratamiento F2 contiene la mayor cantidad de potasio. El incremento de este mineral puede tener relación con el uso de la leche, penca de nopal, tuna y maracuyá, debido a la alta presencia de potasio reportado en el análisis proximal de la materia prima. Por último, la formulación F4 se posiciona como la de mayor concentración de calcio entre los otros tratamientos y el control difiere significativamente al exhibir un valor superior.

#### 4.10 Pruebas de estabilidad durante el almacenamiento de las formulaciones

Según (Marulanda y Granados, 2016, págs. 94-102), señala que las bacterias logran estabilizarse entre los 7 y 15 días de incubación, especialmente sin la adición de conservantes ni estabilizantes. Por ende, se efectuó un análisis de estabilidad durante ese periodo para evaluar la posible prolongación de la vida útil del producto, observándose variaciones en sus propiedades organolépticas y fisicoquímicas durante el almacenamiento.

##### 4.10.1 Estabilidad de las propiedades organolépticas

Los resultados de la Tabla 4-11 muestran las diferencias encontradas en las propiedades organolépticas de las distintas formulaciones tras 15 días de almacenamiento en cadena de frío a 4 °C.

**Tabla 4-11:** Estabilidad organoléptica de las formulaciones a 4 C°

Formulación	Día de almacenamiento	PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS			
		Color	Olor	Sabor	Textura
<b>Yogur control (Toni)</b>	1	Rosa	Característico	Característico	Suave
	7	Rosa	Característico	Característico	Suave
	15	Rosa	Característico	Característico	Suave
<b>Formulación 25 % Fermento</b>	1	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Separado
	7	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Separado
	15	Amarillo	Aroma ácido	Ligeramente ácido	Separado
<b>Formulación 50 % Fermento</b>	1	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Suave
	7	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Suave
	15	Amarillo	Aroma ácido	Ligeramente ácido	Suave
<b>Formulación 75% Fermento</b>	1	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Cremosa
	7	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Cremosa
	15	Amarillo	Aroma ácido	Ligeramente ácido	Cremosa
<b>Formulación 100% Fermento</b>	1	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Firme
	7	Amarillo	Aroma afrutado	Característico	Firme
	15	Amarillo	Aroma ácido	Ligeramente ácido	Firme

Realizado por: Velastegui, 2024.



En cuanto al color, las formulaciones F1, F2, F3 y F4, mantuvieron un color amarillo constante. Respecto al olor, todas las formulaciones presentaron un aroma frutado desde el día 1 hasta el día 7, debido a la presencia de frutas como maracuyá, nopal y tuna. Sin embargo, al día 15, todas mostraron un aroma ácido, esto se atribuye a la ausencia de conservantes en las formulaciones, permitiendo la proliferación de bacterias no deseables o contaminantes (Hansen, 2020, págs. 1-26).

Seguidamente (Loaiza, Ponce y Fiallos, 2018, págs. 6-9), menciona que la importancia del sabor del yogurt va más allá del aspecto gustativo porque influye considerablemente en la percepción que el consumidor tiene sobre su calidad. Por eso la combinación de yogur con frutas aporta nutrientes beneficiosos valorados por los consumidores y a la vez influye de la calidad de los ingredientes y su correcta combinación. En el caso de las formulaciones F1, F2, F3 y F4, se observa hasta el día 7 un sabor característico, no obstante, al llegar al día 15, este sabor se vuelve ligeramente ácido.

Finalmente, las texturas de las formulaciones se mantuvieron constante pero cada tratamiento depende de la cantidad de materia prima agregada. La formulación F1, presentó una textura separada debido al bajo contenido de cultivo ácido láctico y la leche añadida, lo que impide una homogenización de sus fases. En cambio, la F2 exhibió una similitud con el yogurt control, siendo la mejor formulación entre todas, ya que se espera que la textura ideal de un yogurt sea suave, según lo señalado por (Mendoza, 2021, págs. 160-163). Cabe recalcar que la preferencia del consumidor también es importante al elegir. En contraste, la formulación F3 y F4 presentaron una textura más cremosa y firme, que podría no ser favorable para el consumidor.

#### 4.10.2 Estabilidad de las propiedades fisicoquímicas

Los resultados de las diferentes tablas planteadas de varianza ANOVA, muestran las propiedades fisicoquímicas de las distintas formulaciones en el día 1 de almacenamiento hasta el día 15 a temperatura de refrigeración (4 °C).

**Tabla 4-12:** Propiedades fisicoquímicas del día 1

Tratamiento	Día 1							
	Acidez		pH		Conductividad		° Brix	
<b>F1</b>	0.553	a	4.532	b	6.155	a	11.547	a
<b>F2</b>	0.714	b	4.176	a	6.249	b	13.290	b
<b>F3</b>	0.880	c	3.919	a	6.304	c	12.793	b
<b>F4</b>	0.920	d	3.885	a	6.643	d	13.947	B
<b>F-ANOVA</b>	515.913		6150.033	***	745.90	***	12.543	**

\*\*\*, \*\* y \*: significa  $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ , respectivamente. Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey-b en  $p < 0,05$ .

Realizado por: Velastegui, 2024.

Se examinaron diversas variables físicas y químicas conforme a la normativa técnica (INEN 13, 1956, pág. 4), que establece estándares específicos para los productos lácteos fermentados. Dicha normativa, señala que deben cumplir con una acidez titulable máxima del 0.95% y un pH no superior a 4.6. Además, se menciona en (Mesa et al., 2019, págs. 608-618), que la conductividad debe estar dentro del rango de 3 y 7.5, mientras que los grados brix pueden variar dependiendo de las frutas añadidas.

Para realizar el análisis fisicoquímico del día 1, se tomó en consideración a la acidez; la formulación F1 contiene menor cantidad, en cambio F4 contiene una mayor concentración. La acidez difiere por utilizar 4 concentraciones diferentes de fermentado, es decir, que el porcentaje tiene correlación con la cantidad de fermento agregado. El pH de la formulación F1 difiere significativamente del resto de formulaciones, ya que la concentración es mayor. Esto se relaciona, debido a que, al aumentar la acidez, el pH tiende a reducir.

La conductividad presente en las formulaciones difiere significativamente una de otra. Además, se puede observar que la conductividad aumenta progresivamente de la F1 a la F4, debido a que el aumento en la acidez del yogur puede incrementar su conductividad eléctrica. En cuanto a los °Brix, se puede identificar que F1 difiere significativamente del resto de formulaciones, por lo que la formulación F2, F3 y F4 se relacionan sin presentar diferencias significativas entre sus medias.

**Tabla 4-13:** Propiedades fisicoquímicas del día 7

Tratamiento	Día 7							
	Acidez		pH		Conductividad		° Brix	
F1	0.564	a	4.600	c	5.443	b	12.577	a
F2	0.706	b	4.343	b	3.855	a	13.377	b
F3	0.876	c	4.026	a	3.866	a	14.100	b
F4	0.923	d	4.022	a	3.401	a	14.117	b
F-ANOVA	1162.781**		1012.279 ***		15.956 ***		16.393 ***	

\*\*\*, \*\* y \*: significa  $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ , respectivamente. Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey-b en  $p < 0,05$ .

Realizado por: Velastegui, 2024.

En el séptimo día de análisis, se observa una notable disparidad en los niveles de acidez entre los tratamientos, respaldado por un nivel de confianza del 95%, lo que indica diferencias significativas en sus medias. Es relevante destacar que la formulación F1 exhibe la menor acidez, mientras que F4 presenta un valor más elevado. Respecto al pH, la formulación F1 exhibe el valor más alto y F4 el más bajo. Analizando estos datos, se infiere que la acidez ha experimentado un aumento controlado en cada tratamiento. Este hallazgo es interesante, ya que afirma la expectativa

de que un aumento en el pH debería corresponder a una disminución en la acidez, siendo válido para (Estrella, Anchundia y Yambay, 2021, págs. 98-106).

En cuanto a la conductividad, se observa que la formulación F1 no guarda relación con los demás tratamientos por tener un valor elevado. Por otro lado, los sólidos solubles presentes en la formulación F1 difieren de manera significativa respecto al resto por poseer una menor cantidad. Además, se destaca que los grados Brix han aumentado con respecto al primer día de análisis, indicando un incremento en la cantidad de azúcar a lo largo de 7 días.

**Tabla 4-14:** Propiedades fisicoquímicas del día 15

Tratamiento	Día 15							
	Acidez		pH		Conductividad		° Brix	
F1	0.586	a	4.851	d	5.505	b	12.743	a
F2	0.738	b	4.184	c	5.124	b	13.457	b
F3	0.850	c	3.950	b	3.845	a	14.353	c
F4	0.883	d	3.902	a	3.811	a	14.070	bc
<b>F-ANOVA</b>	879.470	***	2593.042	***	8.909	**	15.991	***

\*\*\*, \*\* y \*: significa  $p < 0,001$ ,  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$ , respectivamente. Los valores seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey-b en  $p < 0,05$ .

Realizado por: Velastegui, 2024.

Durante el día 15, las cuatro formulaciones muestran diferencias significativas en el análisis de acidez entre sus medias. Sin embargo, F1 contiene la menor concentración y F4 la mayor. En cuanto al pH, la formulación F1 es quien tiene un valor más alto y F4 el más bajo. Cabe destacar, que mientras la formulación F1 sigue aumentando, las formulaciones F2, F3 y F4 presentaron una disminución en sus valores en comparación con el día 7.

De acuerdo con la conductividad, las formulaciones F1 y F2 muestran una relación significativa, al igual que F3 y F4, lo que sugiere una consistencia en su contenido mineral. Es destacable que las formulaciones F3 y F4 aumentaron su valor en comparación con el día 7, aunque en relación con el día 1, permanecieron en valores más bajos. Respecto a los grados Brix, la formulación F1 difiere significativamente de las demás por tener un valor bajo, mientras que F2 presenta el valor más alto.

En términos generales, las variaciones en la acidez y el pH están estrechamente relacionadas con la actividad de las bacterias lácticas presentes en el fermentado. Respecto a la conductividad, se evidencia una reducción para el día 15, ya que cuando se monitorea la conductividad eléctrica se determina el fin de la fermentación dando por hecho que la producción de ácido láctico ha culminado y se ha estabilizado la mezcla. En relación con los sólidos totales, se observó un incremento constante a lo largo del análisis, siendo destacable el aumento más moderado en la formulación F2. Este fenómeno podría estar influenciado por diversos factores, como la

composición de los ingredientes y la actividad microbiológica en las distintas formulaciones (Parra, 2018, págs. 146-158).

#### 4.10.3 Estabilidad microbiológica de las formulaciones de yogurt

Los análisis microbiológicos son cruciales para garantizar la seguridad alimentaria, especialmente en productos lácteos, siendo esenciales para verificar que los yogures formulados no contengan microorganismos patógenos que sean un riesgo para la salud de los consumidores. Dichos resultados se presentan en la Tabla 4-11. El recuento de microorganismos se realizó siguiendo los métodos de Petrifilm (AOAC 991.14) durante un periodo de estabilidad descrito por (Rivera y Ramírez, 2019, págs. 113-132), durante 15 días manteniendo el producto a una temperatura constante de cadena de frío (4 °C).

**Tabla 4-15:** Estabilidad de yogures

Formulación	Día de almacenamiento	Mohos y levaduras UFC/g	<i>E.coli</i> y Coliformes UFC/g	B. Probióticas UFC/g
Control (Yogur Toni)	1	0	0	1.19x10 <sup>8</sup>
	7	0	0	1.19x10 <sup>8</sup>
	15	0	0	1.18x10 <sup>8</sup>
F1 (25%)	1	0	0	1.27x10 <sup>8</sup>
	7	3x10 <sup>2</sup>	0	1.33x10 <sup>8</sup>
	15	1.2x10 <sup>3</sup>	0	1.75x10 <sup>8</sup>
F2 (50%)	1	0	0	1.09x10 <sup>8</sup>
	7	2x10 <sup>2</sup>	0	2.29x10 <sup>8</sup>
	15	1.10x10 <sup>3</sup>	0	1.11x10 <sup>8</sup>
F3 (75%)	1	0	0	2.30x10 <sup>8</sup>
	7	3.0x10 <sup>2</sup>	0	1.77x10 <sup>8</sup>
	15	1.50x10 <sup>3</sup>	0	1.72x10 <sup>8</sup>
F4 (100%)	1	0	0	1.96x10 <sup>8</sup>
	7	4x10 <sup>2</sup>	0	5.20x10 <sup>7</sup>
	15	1.3x10 <sup>3</sup>	0	2.26x10 <sup>8</sup>

Realizado por: Velastegui, 2024.

De acuerdo con la (NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8), tanto los mohos como levaduras presentan un índice máximo permisible para identificar niveles de buena calidad hasta 200 UFC/g, mientras que se considera un nivel aceptable hasta un máximo de 500 UFC/g. Tras realizar los análisis en las diferentes formulaciones para el día 1, se observó que tanto la F1, F2, F3 y F4 se encuentran dentro de este rango, al igual que el yogur control. Asimismo, se establece que los microorganismos de *Escherichia coli* deben tener un límite máximo permisible de <1, y de 10 UFC/ para coliformes totales, con un máximo aceptable de 100 UFC/g. Por lo tanto, durante los 15 días de análisis, ninguna de las 4 formulaciones, incluido el yogur control, evidenció crecimiento de estos microorganismos. En cuanto a las bacterias probióticas, la normativa también establece que deben

tener un valor mínimo de  $10^6$  UFC/g, es así como en el análisis del día 1, todas las 4 formulaciones junto al yogur control, cumplieron con este requisito.

Al realizar el recuento de microorganismos el día 7, se evidencia que tanto el yogur control como las formulaciones F1, F2, F3 y F4, están dentro de los límites establecidos en la norma ya mencionada. Esto abarca para mohos y levadura, así como de *E.coli* y coliformes totales y bacterias probióticas. Este resultado puede atribuirse a la adecuada pasteurización de la materia prima y al uso de fermentos lácticos provenientes del cultivo madre ABY-3. Lo que es un buen indicador de que las formulaciones son alimentos que cumplen con estándares de seguridad alimentaria aptos para el consumo humano siendo un hallazgo que proporciona confianza en la calidad de los productos y respalda su idoneidad para ser consumidos sin riesgos alguno.

Posteriormente, en el recuento llevado a cabo el día 15, el yogur control cumple con todos los estándares establecidos y las formulaciones se encuentra dentro del rango en lo que respecta a *Escherichia coli* y coliformes totales junto con bacterias probióticas a excepción de mohos y levaduras, siendo que las F1, F2, F3 y F4 no cumplen los límites máximos establecidos por la (NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8), arrojando valores de  $1.2 \times 10^3$  UFC/g,  $1.10 \times 10^3$  UFC/g,  $1.50 \times 10^3$  UFC/g, y  $1.3 \times 10^3$  UFC/g. Esta diferencia con respecto al yogurt control, se atribuye a que ninguna de las formulaciones contiene conservantes ni estabilizantes, a diferencia del yogur comercial, que sí los utiliza. Según (Vásquez et al., 2015, págs. 177-189) estos aditivos ayudan a inhibir el crecimiento de microorganismos no deseados, como bacterias y mohos, que podrían causar la descomposición del producto, contribuyendo así a prolongar su vida útil.

Finalmente, los análisis microbiológicos resaltan a la formulación F2 entre todas las demás como la más destacada, por poseer una baja carga microbiana que cumple con la normativa estandarizada, asegurando su estabilidad microbiológica durante 7 días. Conjuntamente, contiene una cantidad adecuada de cultivos probióticos beneficiosos para la salud intestinal, con un recuento de  $2.29 \times 10^8$  UFC/g.

#### **4.11 Etiquetado nutricional de la mejor formulación**

Después de un exhaustivo análisis de las diferentes formulaciones de yogur, la F2 ha emergido como la mejor opción entre todas por ende se procedió a elaborar la respectiva tabla nutricional, siguiendo las recomendaciones estipuladas en la (NTE INEN 2395, 2011, págs. 2-8), misma en la que se detallan los requisitos para el rotulado de productos alimenticios para el consumo humano.

INFORMACIÓN NUTRICIONAL		
Tamaño por porción: (240 g)		
Porciones por envase: Aprox. 4		
<b>Calorías</b>	<b>200</b>	
		<b>%DV</b>
<b>Grasa (g)</b>	5	8
<b>Sodio (mg)</b>	5	0
<b>Carbohidrato (g)</b>	32	11
Fibra dietética (g)	2	8
<b>Proteína (g)</b>	5	10
Calcio (mg)	230	18
Hierro (mg)	1	6
Potasio (mg)	2	6
Vitamina C		10

**Ilustración 4-1:** Valor nutricional formulación 2

Realizado por: Velastegui, 2024.

Al echar un vistazo, el etiquetado de información nutricional se observa que la F2 presenta un contenido moderado de calorías, así como una cantidad razonable de grasas, carbohidratos y proteínas. Además, contiene una cantidad significativa de calcio, fundamental para la salud ósea. Y no hay que olvidar la fibra dietética, que contribuye a una digestión saludable.



**Ilustración 4-2:** Sistema gráfico formulación 2

Realizado por: Velastegui, 2024.

En la Ilustración 4-2, se encuentra descrito el etiquetado semafórico, evidenciando un contenido bajo en sal, bajo en grasa y medio en azúcar determinando que es un buen producto destinado al consumo humano.

#### 4.12 Comparación nutricional entre el yogurt control (Toni) y mejor formulación

<b>Información Nutricional</b>	
Tamaño de la porción: 240g	
Porciones por envase: Aprox. 4	
<b>Cantidad por porción</b>	
<b>Energía (Calorías) / 1048 kJ (250 Cal)</b>	
<b>Energía de la grasa (Calorías de la grasa) / 251 kJ (60 Cal)</b>	
	<b>% Valor Diario*</b>
<b>Grasa total 7g</b>	<b>11 %</b>
Grasa saturada 5g	25 %
Ácidos grasos trans 0g	
Ácidos grasos monoinsaturados 2g	
Ácidos grasos poliinsaturados 0g	
<b>Colesterol 16mg</b>	<b>5 %</b>
<b>Sodio 110mg</b>	<b>5 %</b>
<b>Carbohidratos totales 38g</b>	<b>13 %</b>
Azúcares 32g	
<b>Proteína 8g</b>	<b>16 %</b>
Hierro	4 %
Vitamina A	10 %
Calcio	25 %

\*Los porcentajes de Valores Diarios están basados en una dieta de 8380 kJ (2000 calorías).

**Ilustración 4-3:** Valor nutricional yogurt Toni

Fuente: TONICORP, 2022, págs. 2-5.

<b>INFORMACIÓN NUTRICIONAL</b>		
Tamaño por porción: (240 g)		
Porciones por envase: Aprox. 4		
<b>Calorías</b>		<b>200</b>
		<b>%DV</b>
<b>Grasa (g)</b>	5	8
<b>Sodio (mg)</b>	5	0
<b>Carbohidrato (g)</b>	32	11
Fibra dietética (g)	2	8
<b>Proteína (g)</b>	5	10
Calcio (mg)	230	18
Hierro (mg)	1	6
Potasio (mg)	2	6
Vitamina C		10

**Ilustración 4-4:** Valor nutricional formulación 2

Realizado por: Velastegui, 2024.

En las Ilustraciones 4-4 y 4-3, se aprecia las tablas nutricionales del yogurt comercial y la formulación mejor (F2) respectivamente; en donde se evidencia diferencias significativas. En

cuanto al yogur control se muestra un contenido de grasa total y azúcares más alto en comparación con la formulación 2. Según (Babio, Mena y Salas, 2017, págs. 26-30) el alto contenido de estos puede conllevar a presentar problemas en la salud tales como obesidad, diabetes o incluso enfermedades cardiovasculares.

En cuanto a las vitaminas, en el yogur comercial proporciona un 10% de la ingesta diaria recomendada de vitamina A, mientras que la formulación 2 ofrece un 10% de vitamina C. Ambas beneficiosas para diferentes funciones corporales. Por otro lado, el yogur comercial aporta un 4% de hierro, mientras que la formulación 2 indica un contenido de 6 %. Posteriormente en el calcio se indica un 25% de yogur comercial y un 18% de la formulación 2.

Añadiendo que la formulación presenta fibra dietética y potasio, parámetro que no presenta el yogurt comercial. Estas diferencias son excelentes respecto al producto nuevo, al presentar niveles altos benéficos de micronutrientes y macronutriente, no obstante, se debe mencionar que cada consumidor del producto tiene preferencias individuales, lo cual es válido porque el yogur puede estar influenciado por sabor, textura o incluso sus beneficios individuales.

#### **4.13 Comprobación de la hipótesis**

En el presente trabajo se rechaza la hipótesis nula que señala que la concentración del probiótico no influye significativamente en la calidad nutricional del yogurt elaborado con *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa, es decir que la concentración del probiótico influye significativamente en la calidad nutricional del yogurt elaborado con *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis*, puesto que a un nivel de confianza del 95% se determinó una diferencia significativa en la acidez expresada como porcentaje de ácido láctico, pH y en los atributos bromatológicos, organolépticos y microbiológicos.



## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se formuló cuatro productos de yogurt junto con la inoculación de cultivos probióticos en concentraciones de 25%, 50%, 75% y 100% de fermento, basados en la norma de leches fermentadas NTE INEN 2395:2011, con la incorporación de *Passiflora edulis*, penca y fruto de *Opuntia ficus-indica*, ya que presentan efectos prebióticos en el organismo por el alto contenido de fibra dietética. La fibra puede actuar como precursor para el crecimiento de bacterias beneficiosas en el intestino.
- Se determinó las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de las diferentes formulaciones de yogurt durante 15 días a 4° C, donde se constató: que la presencia del color amarillo fue constante, a diferencia del olor, que en un inicio denotaba un aroma frutal, pero a los 15 días se tornó ácido; en cuanto al sabor, se observó que las formulaciones se mostraron característicos al producto hasta el día 7, volviéndose ligeramente ácido al llegar al último día. La textura de las formulaciones varió dependiendo de la cantidad de fermento agregado, ya que la F1 mostró una textura separada, la F2 exhibió una textura similar al yogurt control y las formulaciones F3 y F4 fueron más cremosos y firmes. El tiempo estimado de vida útil de las formulaciones realizadas es de 7 días. Por lo que, la Acidez y pH los valores se encontraron dentro los parámetros establecidos de acuerdo con la norma de leche fermentada hasta el día 7, a excepción de la formulación 1, encontrándose por debajo del rango. En contraste, la conductividad eléctrica y ° Brix, se encontraron variaciones durante el análisis de estabilidad atribuyéndose a la ausencia de conservantes, permitiendo la proliferación de bacterias no deseables y generando un aumento en la acidez.
- Se llevó a cabo el análisis bromatológico proximal y complementario de las diferentes formulaciones para obtener medias significativas mediante el estadístico ANOVA, determinándose que las formulaciones F1, F2, F3 y F4 cumplen con los requisitos de las regulaciones establecidas en la norma INEN pero sin embargo entre todas, la F2 fue quién ofreció una mejor calidad de nutrientes beneficiosos, especialmente en términos de contenido de proteína (3.560 %), fibra (2.192 %) vitamina C (17.612 C mg/100g), hierro (1.092 mg/kg), fósforo (0.801 mg/kg), potasio (278.931 mg/kg) y calcio (49.684 mg/kg).

Para posteriormente realizar el etiquetado nutricional donde se evidencia de manera concreta el valor diario que se le atribuye a dicho producto.

- Una vez obtenido los productos se analizó la cantidad de microorganismos en cada formulación a lo largo del proceso de almacenamiento, lo que permitió evaluar la viabilidad y actividad de las cepas probióticas en los yogures. Únicamente la formulación 2 fue elegida por tener una mayor actividad probiótica y una adecuada inocuidad. Por esta razón, los recuentos realizados para *E. Coli* y coliformes totales, mohos y levaduras, se hallaron por debajo del límite máximo establecido por la norma NTE INEN 2395:2011 hasta el día 7, razón por la cual, es un producto seguro para la alimentación humana sin riesgo alguno.

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar pruebas de estabilidad con el agregado de un conservante comercial con el fin de extender el tiempo de vida útil. Para luego efectuar un análisis del costo beneficio para llevar al mercado el producto; ya que, además de ser un yogurt que cumple con las normas establecidas en la NTE INEN 2395:2011, cuenta con nutrientes beneficiosos para el ser humano.
- Se recomienda impulsar el aprovechamiento de la tuna y maracuyá en la industria láctea; puesto que, contienen gran cantidad de propiedades bromatológicas que pueden ser utilizadas en la preparación de nuevos productos.
- El presente estudio, puede servir de referencia para la realización de investigaciones relacionadas a la concentración de metales pesados del suelo donde es cultivada la *Opuntia ficus-indica* y *Passiflora edulis* dado que, según su análisis se encontraron cantidades notables de ellos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **3M**. “Placa para recuento de Bacterias Ácido-Lácticas”. *3M Company* [en línea], 2017 (Ecuador), vol. 3 (2), págs. 2-8. [Consulta: 2 octubre 2023]. ISSN 1136-0518. Disponible en:  
[https://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSuUn\\_zu8lzUqm8\\_ZNY\\_e5v70m17zHvu9lxUb7SSSSSS--](https://multimedia.3m.com/mws/mediawebserver?mwsId=SSSSSuUn_zu8lzUqm8_ZNY_e5v70m17zHvu9lxUb7SSSSSS--)
2. **1AGROBIT**. “Composición de la leche y valor nutritivo”. *AGROBIT Ganadería* [en línea], 2023, (Brasil), vol. 4 (19), págs. 73-76. [Consulta: 29 octubre 2023]. ISSN 2600-5859. Disponible en: [https://agrobot.com/info\\_tecnica/ganaderia/prod\\_lechera/ga000002pr.htm](https://agrobot.com/info_tecnica/ganaderia/prod_lechera/ga000002pr.htm)
3. **ARMAS ALBA, Sara Lucia**. Determinación de parámetros fisicoquímicos en leche. [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad de la Laguna, Departamento de Química. Tenerife-España. 2017. págs. 9-32. [Consulta: 20 octubre 2023]. Disponible en: [https://riull.uull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6815/Determinacion de parametros fisicoquimicos en leche.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riull.uull.es/xmlui/bitstream/handle/915/6815/Determinacion_de_parametros_fisicoquimicos_en_leche.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
4. **BABIO, Nanci et al**. “Beyond the nutritional value of yogurt: a diet quality indicator?”. *Nutrición Hospitalaria* [en línea], 2017, (España), vol. 34 (3), págs. 26-30. [Consulta: 22 octubre 2023]. ISSN 16995198. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29156928/>
5. **BARENGOLTS, Elena et al**. “The effect of probiotic yogurt on glycemic control in type 2 diabetes or obesity: A meta-analysis of nine randomized controlled trials”. *Nutrients* [en línea], 2019, (United State of America), vol. 11(3), págs. 6-8. [Consulta: 19 octubre 2023]. ISSN 20726643. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30897796/>
6. **BLANCO SANTOS, Ana**. “Homeostasis del potasio”. *Monogr. Nefrol* [en línea], 2019, (España), vol. 1(1), págs. 12-15. [Consulta: 16 octubre 2023]. ISSN 0211-6995. Disponible en: <https://www.revistanefrologia.com/es-pdf-X2659800019000460>
7. **CALDERÓN VEGA, Edgar**. “Determinación de grasa en leche por el método de Gerber”. *Gobernación del Meta* [en línea], 2021, (Colombia), vol. 2 (5), págs. 6-7. [Consulta: 01 diciembre 2023]. ISSN 1390-3799. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/30627/Grasa%20leche-%202013.pdf>
8. **CARBAJAL AZCONA, Ángeles**. “Manual de Nutrición y Dietética”. *Departamento de Nutrición* [en línea], 2014, (España), vol. 1(3), págs. 4-6. [Consulta: 14 diciembre 2023]. ISSN 0302-4342. Disponible en: <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal/manual-de-nutricion>
9. **CARBONERO ZALDUEGUI, Pilar**. *Bioquímica de las fermentaciones* [en línea]. Madrid – España: Complementos De Bioquímica Industrias Agrícolas, 2011. [Consulta: 04

- noviembre 2023]. Disponible en: <https://oa.upm.es/55235/1/FERMENTACIONES.pdf>.
10. **CASTAÑEDA GUILLOT, Carlos**. “Actualización en prebióticos TT - Update in prebiotics”. *Cubana de pediatría* [en línea], 2018, (Ecuador), vol. 90(3), págs. 11-14. [Consulta: 24 diciembre 2023]. ISSN 1561-3011. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&amp%0Apid=S0034-75312018000400008%0Ahttp://www.revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/648/235](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp%0Apid=S0034-75312018000400008%0Ahttp://www.revpediatria.sld.cu/index.php/ped/article/view/648/235).
  11. **CASTELLONE, Vincenzo et al**. “Eating fermented: Health benefits of lab-fermented foods”. *Foods* [en línea], 2021, (Italia), vol. 10(11), págs. 1-22. [Consulta: 20 diciembre 2023]. ISSN 23048158. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/11/2639>
  12. **CASTILLO VAL, Otilia**. “Estudio de sustancias naturales como indicadores de pH. Una Propuesta didáctica”. *Anales de Química de la RSEQ* [en línea], 2020, (España), vol. 116(2), págs. 89-98. [Consulta: 04 febrero 2024]. ISSN 2792-5250. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8109261.pdf>
  13. **CASTILLO VELARDE, Rolando Edwin**. “Vitamina C En La Salud Y En La Enfermedad”. *Revista de la Facultad de Medicina Humana* [en línea], 2019, (Perú), vol. 19(4), págs. 96-99. [Consulta: 15 enero 2024]. ISSN 18145469. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rfmh/v19n4/a14v19n4.pdf>
  14. **CAVIEDES RUBIO, Diego Iván et al**. “Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión.” *Ingeniería y Región* [en línea], 2015, (Colombia), vol. 13(1), págs. 73-90. [Consulta: 28 febrero 2024]. ISSN 1657-6985. Disponible en: <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/710>
  15. **CERQUERA PEÑA, Néstor Enrique et al**. “Determinación de variables de secado en lámina para la deshidratación de pulpa de maracuyá”. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas* [en línea], 2016, (Colombia), vol. 6(2), págs. 172-182. [Consulta: 18 noviembre 2023]. ISSN 2011-2173. Disponible en: [https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias\\_hortícolas/article/view/1975](https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencias_hortícolas/article/view/1975)
  16. **CHACÓN BUENO, Francisco Miguel**. 2017. Evaluación de los análisis físicos-químicos de la leche bovina. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Politécnica Salesiana, Medicina veterinaria y zootecnia. Cuenca-Ecuador. 2017. págs. 39-45. [Consulta: 08 octubre 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13538/1/UPS-CT006912.pdf>
  17. **CODEX**. “Norma General Del Codex Stan 193-1995, Para Los Contaminantes Y Las Toxinas Presentes En Los Alimentos Y Piensos”. *Codex Stan 193\_1995* [en línea], 2019, (Ecuador), vol. 8(4), págs. 1-48. [Consulta: 23 octubre 2023]. ISSN 2011-2173. Disponible

- en: [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/livestockgov/documents/CXS\\_193s.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/livestockgov/documents/CXS_193s.pdf)
18. **COLONIA ESCANDÓN, Benjamín Franklin.** *El libro blanco de la leche y los productos lácteos* [en línea]. 1<sup>era</sup> ed. Delegación Miguel Hidalgo-México: CANILEC, 2011. [Consulta: 10 diciembre 2023]. Disponible en: [https://www.uv.mx/personal/pcervantes/files/2012/05/libro\\_blanco\\_de\\_la\\_leche.pdf](https://www.uv.mx/personal/pcervantes/files/2012/05/libro_blanco_de_la_leche.pdf)
  19. **COMISION EUROPEA, 1881/2006.** “En Cuanto Al Contenido Máximo De Arsénico Inorgánico En Los Productos Alimenticios”. *Diario Oficial de la Unión Europea* [en línea], 2015, (España), vol. 15(5), págs. 1993-1995. [Consulta: 09 diciembre 2023]. ISSN 1830-5180. Disponible en: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R1006&from=EN>.
  20. **COMPANYS, Judit et al.** “Fermented Dairy Products, Probiotic Supplementation, and Cardiometabolic Diseases: A Systematic Review and Meta-analysis”. *Advances in Nutrition* [en línea], 2020, (España), vol. 11(4), págs. 834-863. [Consulta: 19 enero 2024]. ISSN 21565376. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32277831/>
  21. **CONTRERAS CASTAÑEDA, Milagros Hayden.** Influencia De Ph Y Concentración De Cáscara De Maracuyá En La Adsorción De Plomo En Un Efluente Minero De Llacuabamba –Pataz. [En línea]. (Trabajo de titulación). Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería. Trujillo-Perú. 2021. págs. 358. 2021. [Consulta: 29 enero 2024]. Disponible en: [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29000/Castañeda\\_Contreras\\_Hayden\\_Milagros.pdf?sequence=3](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29000/Castañeda_Contreras_Hayden_Milagros.pdf?sequence=3).
  22. **CORREA, Francisco et al.** “Probióticos y prebióticos”. *WGO Global Guideline* [en línea], 2023, (United State of America), vol. 3(1), págs. 6-17. [Consulta: 25 enero 2024]. ISSN 0212-1611. Disponible en: <https://www.worldgastroenterology.org/guidelines/probiotics-and-prebiotics/probiotics-and-prebiotics-spanish>
  23. **DÍAZ Inocencio, Diana Laura.** Manual del Laboratorio de Bromatología. [En línea], (Trabajo de titulación). *Universidad Veracruzana*, Facultad De Ciencias Biológicas Y Agropecuarias. Xalapa-México. 2017. págs. 6-33. [Consulta: 05 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/MANUAL-DE-BROMATOLOGIA-2017.pdf>.
  24. **ERASO, Alex.** “Socio-productive characterization of communities of the Guano canton (Tuna) in the”. *Red Iberoamérica* [en línea], 2021, (Ecuador), vol. 11(1), págs. 155-165. [Consulta: 03 enero 2024]. ISSN 2600-5859. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9350005>
  25. **ESTRELLA, Fernanda et al.** “Evaluación de las características fisicoquímicas de yogurt con probióticos bifidobacterium spp. Formulado con jalea de uvilla y harina de quinua”.

- Sathiri* [en línea], 2021, (Ecuador), vol. 16(2), págs. 98-106. [Consulta: 03 enero 2024].  
ISSN 1390-6925. Disponible en:  
<https://revistasdigitales.upec.edu.ec/index.php/sathiri/article/view/1076>
26. **FAO**. “Portal lácteo Producción lechera Referencias”. *Portal lácteo* [en línea], 2021, (España), vol. 24(2), pág. 2. [Consulta: 13 febrero 2024]. ISSN 1020-5721. Disponible en:  
<https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
27. **FAO et al.** “Panorama Regional de la Seguridad Alimentaria y Nutricional”. *Hacia una mejor asequibilidad de las dietas saludables* [en línea], 2023, (Chile), vol. 23(1), págs. 43-56. [Consulta: 03 enero 2024]. ISSN 978-92-5-1383. Disponible en:  
<https://doi.org/10.4060/cc3859es>.
28. **FAO & OMS**. *Leche y Productos Lácteos Leche y Productos Lácteos* [en línea]. 2<sup>da</sup> ed. Roma- Italia: *CODEX Alimentarius*, 2016. [Consulta: 23 enero 2024]. Disponible en:  
<http://www.fao.org/3/a-i2085s.pdf>.
29. **FISCHER, Gerhard**. “Tuna (*Opuntia ficus-indica*”. *Produmeditos* [en línea], 2020, (Colombia), vol. 3(2), págs. 3-12. [Consulta: 08 febrero 2024]. ISSN 2602 - 8085. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/256681369\\_Tuna\\_Opuntia\\_ficus-indica\\_L\\_Miller](https://www.researchgate.net/publication/256681369_Tuna_Opuntia_ficus-indica_L_Miller)
30. **FUENTES VARGAS, Daniela & POLANIA PATIÑO, Alcides**. “Comparación de los valores nutricionales del fruto de *passiflora edulis* f. *Flavicarpa degener* y su uso potencial en la industria”. *Una visión desde Latinoamérica* [en línea], 2020, (Colombia), vol. 25(1), págs. 26-43. [Consulta: 22 febrero 2024]. ISSN 0120- 9952. Disponible en:  
<https://alinin.org/libro-xiii/>
31. **FUENTES, Humberto et al.** *Metales pesados en la leche cruda de bovino* [en línea]. Monterrey- México: Laboratorio de Suelos y Plantas, 2013. [Consulta: 18 febrero 2024]. Disponible en: <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/155>
32. **GARCÍA, Carlos et al.** “Aplicación del mapa de preferencia externo en la formulación de una bebida saborizada de lactosuero y pulpa de maracuyá”. *Información Tecnológica* [en línea], 2015, (Colombia), vol. 26(5), págs. 17-24. [Consulta: 01 febrero 2024]. ISSN 07180764. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642015000500004](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642015000500004)
33. **GARROTE, Antonieta & BONET, Ramon**. “Probióticos”. *Farmacia Abierta* [en línea], 2017, (Perú), vol. 28(1), págs. 23-27. [Consulta: 09 febrero 2024]. ISSN 0100632. Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-enfermedades-periodontales-X0213932414737172>.
34. **GASALY, Naschla et al.** “Phytochemicals: A new class of prebiotics”. *Revista Chilena de Nutrición* [en línea], 2020, (Chile), vol. 47(2), pág. 317. [Consulta: 20 diciembre 2023].

- ISSN 07177518. Disponible en:  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182020000200317](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182020000200317)
35. **GAVILANES, Irene et al.** *Técnicas de análisis de laboratorio* [en línea]. Riobamba-Ecuador: Puerto Madero, 2023. [Consulta: 30 octubre 2023]. Disponible en:  
<https://puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/pmea/catalog/book/37>
36. **GAVIRIA, Giovanni et al.** “Procedimiento Técnico De Recuento De Mohos Y Levaduras”. *Gobernación de Malta* [en línea], 2021, (Colombia), vol. 56(3), págs. 5-10. [Consulta: 26 enero 2024]. ISSN 01231-59818. Disponible en:  
[https://devx.meta.gov.co/media/centrodocumentacion/2021/11/27/P-SA-145\\_PROCEDIMIENTO\\_TÉCNICO\\_DE\\_RECUESTO\\_DE\\_MOHOS\\_Y\\_LEVADURAS\\_EN\\_ALIMENTOS\\_ICMSF\\_V1.pdf](https://devx.meta.gov.co/media/centrodocumentacion/2021/11/27/P-SA-145_PROCEDIMIENTO_TÉCNICO_DE_RECUESTO_DE_MOHOS_Y_LEVADURAS_EN_ALIMENTOS_ICMSF_V1.pdf).
37. **GIRALDO SILVA, Luis.** “Opuntia ficus-indica Fruit: A Systematic Review of Its Phytochemicals and Pharmacological Activities”. *Plants* [en línea], 2023, (Portugal), vol. 12(3), págs. 31. [Consulta: 16 enero 2024]. ISSN 22237747. Disponible en:  
<https://www.mdpi.com/2223-7747/12/3/543>
38. **GRANADOS CONDE, Clemente.** “Caracterización química y evaluación de la actividad antioxidante de la pulpa de Passiflora edulis Sims (gulupa)”. *Revista Cubana de Plantas Medicinales* [en línea], 2017, (Colombia), vol. 22(2), págs. 6-8. [Consulta: 02 febrero 2024]. ISSN 1028-4796. Disponible en:  
<https://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/513/256%0Ahttps://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/513>.
39. **GUILLOT, CASTAÑEDA, Carlos.** “Probióticos, puesta al día Probiotics: an update”. *Revista Cubana de Pediatría* [en línea], 2018, (Cuba), vol. 90(2), págs. 286-298. [Consulta: 17 febrero 2024]. ISSN 0227-9489. Disponible en: <http://scielo.sld.cu>.
40. **GUZMÁN TUSA, Kuri Sisa.** Elaboración de yogur probiótico de banano, bajo en calorías y enriquecido con proteína vegetal. [En línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba-Ecuador. 2023. págs. 7-14. Disponible en:  
<http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/20133/1/85T00806.pdf>
41. **GUZMÁN, Deysi & CHÁVEZ, Jorge.** “Estudio bromatológico del cladodio del nopal (opuntia ficus-indica) para el consumo humano Enseñanza de la química”. *Rev Soc Quím Perú* [en línea], 2017, (Perú), vol. 1(5), págs. 41-45. [Consulta: 07 febrero 2024]. ISSN 05627-7681. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2007000100005&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2007000100005&script=sci_abstract)
42. **HANSEN, Chr.** “Los defectos más comunes en los Yogures y sus posibles soluciones”. *Improving Food y health* [en línea], 2020, (Ecuador), vol. 2(3), págs. 1-26. [Consulta: 19



- febrero 2024]. ISSN 5459-4956. Disponible en: <https://www.tecnolacteoscarnicos.com/resumen/2014/p2.pdf>
43. **HE, Xirui et al.** “Passiflora edulis: An Insight Into Current Researches on Phytochemistry and Pharmacology”. *Frontiers in Pharmacology* [en línea], 2020, (China), vol. 11(2), págs. 1-16. [Consulta: 04 enero 2024]. ISSN 16639812. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32508631/>
44. **HERNÁNDEZ, Juan.** “El fósforo en la vaca lechera”. *Sitio Argentino de Producción Animal* [en línea], 2004, (Argentina), vol. 2(1), págs. 1-7. [Consulta: 14 febrero 2024]. ISSN 3876-9651. Disponible en: [https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion\\_mineral/24-fosforo\\_en\\_vaca\\_lechera.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/24-fosforo_en_vaca_lechera.pdf)
45. **HUSSEIN, Zeinab et al.** “Technological advances in probiotic stability in yogurt : a review Avanças tecnológicas na estabilidade probiótica em iogurte : uma revisão Avances tecnológicos en la estabilidad de los probióticos en el yogur : una revisión” *Society and Development Animal* [en línea], 2021, ( Brasil), vol. 1(3), págs. 1-15. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 36546-9432. Disponible en: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20646>
46. **INEN 13.** *Determinación de la acidez titulable de la leche.*
47. **INSTALAB, T.** *Operator’ S Manual. ANKOM ANALYTE ETRACTOR* [en línea]. Macedon. 2021. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.humeau.com/media/blfa\\_files/ME\\_Extracteurvitamine\\_63410000000\\_EN\\_220221.pdf](https://www.humeau.com/media/blfa_files/ME_Extracteurvitamine_63410000000_EN_220221.pdf)
48. **JALISCO, Daniel.** “Composición de la leche2. *Unión Ganadera Regional* [en línea]. pág. 3-9. 2023. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com\\_content&task=view&id=457&Itemid=376](https://www.ugrj.org.mx/index.php?option=com_content&task=view&id=457&Itemid=376).
49. **JUÁREZ, J., et al.** “Evaluación y clasificación de calidad de leches comerciales consumidas en Tuxtepec, Oaxaca, México”. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* [en línea], vol. 2, (6), pág. 327-337. 2015. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 2007-901. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282015000300008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-90282015000300008&script=sci_arttext).
50. **LANDÁZURI, Patricia, et al.** *Descripción, características y beneficios de Passiflora edulis: parchita, fruto de la pasión, maracuyá.* [en línea]. Medellín, Colombia. Editorial Universidad Pontificia Bolivariana. 2021. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/9567>
51. **LINUS PAULING INSTITUTE.** “Fósforo”. *Oregon State University* [en línea]. 2020. pág 20 [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://lpi.oregonstate.edu/es/mic/minerales/>

fosforo#

:~}:text=El%20f%C3%B3sforo%20es%20un%20mineral,huesos%20y%20dientes%20(2).

52. **LIU, Xiaoxian., et al.** “Association between probiotic, prebiotic, and yogurt consumption and chronic kidney disease: The NHANES 2010–2020”. *Frontiers in Nutrition* [en línea], 2022. vol. 9, pág. 1-9. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 2296861X. Disponible en: DOI 10.3389/fnut.2022.1058238.
53. **LOAIZA, Eva, et al.** “Análisis de Emprendimiento de Yogurt a base de Arazá en la Ciudad de Guayaquil”. *Recimundo* [en línea], 2018, vol. 2 (1), pág. 6-9. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN: 2588-073X. Disponible en: <https://doi.org/10.26820/recimundo/2.esp.2018.847-876>.
54. **LÓPEZ, Angel & BARRIGA, Diego.** *La leche: Composición y características* [en línea], Hinojosa del Duque. 2016. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [file:///D:/Descargas/La leche, composicion y características \(1\).pdf](file:///D:/Descargas/La%20leche,%20composicion%20y%20caracteristicas%20(1).pdf).
55. **LÓPEZ, Hernan, et al.** “Determinación de la concentración de calcio, magnesio y potasio en leche líquida de tres marcas comerciales, empleando la técnica de espectroscopia atómica”. *Revista de Investigación* [en línea], 2017, vol. 41, (90), pág. 120-133. ISSN 1010-2914. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1010-29142017000100009&lang=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142017000100009&lang=es)<http://www.scielo.org.ve/pdf/ri/v41n90/art09.pdf>.
56. **MARTÍNEZ, I., et al.** “La Constituyente”. *Alteridad* [en línea], 2021, vol. 2, (2), pág. 74. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 1390-325X. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/alt.v2n2.2007.04>.
57. **MARTÍNEZ, Octavio & BAPTISTA, Hector.** “Anemia por deficiencia de hierro en niños: un problema de salud nacional”. *Revista Hematol Mex* [en línea], 2019, vol. 20, (2), pág. 99-103. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/hematologia/re-2019/re192e.pdf>.
58. **MARULANDA, Mateo & GRANADOS, Luis.** “Sensory analysis and physical-chemical estimation of the useful life of a yogurt beverage based on sweet whey fermented with *Streptococcus Salivarius* ssp. *Thermophilus* and *Lactobacillus Casei* ssp. *Casei*”. *Producción limpia* [en línea], 2016, vol. 11, no. 1, pág. 94-102. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320503089\\_Sensory\\_analysis\\_and\\_physical-chemical\\_estimation\\_of\\_the\\_useful\\_life\\_of\\_a\\_yogurt\\_beverage\\_based\\_on\\_sweet\\_whey\\_fermented\\_with\\_Streptococcus\\_Salivarius\\_ssp\\_Thermophilus\\_and\\_Lactobacillus\\_Casei\\_ssp\\_Casei](https://www.researchgate.net/publication/320503089_Sensory_analysis_and_physical-chemical_estimation_of_the_useful_life_of_a_yogurt_beverage_based_on_sweet_whey_fermented_with_Streptococcus_Salivarius_ssp_Thermophilus_and_Lactobacillus_Casei_ssp_Casei)
59. **MEERMANN, Bjorn & NISCHWITZ, Volker.** “ICP-MS for the analysis at the nanoscale-a tutorial review”. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry* [en línea], 2018,

- vol. 33, (9), pág. 9-14. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 13645544. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/c8ja00037a>.
60. **MEIZHENG**. “MicroFast Coliform y *E.coli* Count Plate”. *Capilab* [en línea], 2022, vol. 1, pág. 2-3. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://mzfoodtest.com/product/microfast-coliform-e-coli-count-plate-ec/>
61. **MEIZHENG**. “Placa de Recuento para Aerobios MicroFast”. *Capilab* [en línea], 2022, pág. 1-2. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://mzfoodtest.com/product/microfast-premium-aerobic-count-plate/>
62. **MEIZHENG**. “Placa de recuento para Levaduras y Mohos MicroFast”. *Capilab* [en línea], 2022, pág. 3-4. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://multimedia.3m.com/mws/media/1624089O/3m-petrifilm-placas-hongos-y-levaduras-ym-guia-de-interpretacion.pdf>
63. **MÉNDEZ, Luis**. *Manual de Análisis de Alimentos*. [en línea]. Veracruz, México. 2020. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf>.
64. **MENDOZA, Rosa, et al.** “Reología del yogur: efectos de las operaciones unitarias en el procesamiento y uso de aditivos”. *Novasinerгия Revista Digital De Ciencia* [en línea], 2021, vol. 4, (1), pág. 160-163. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN: 2631-2654. Disponible en: DOI 10.37135/ns.01.07.09.
65. **MESA, Leonardo, et al.** “Tratamiento magnético de cepas de yogurt fortificado con gluconatos de hierro”. *Tecnología Química* [en línea], 2019, vol. 39, no. 3, pág. 608-618. [Consulta: 27 febrero 2024]. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 2224-6185. Disponible en: <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4455/445560283009/445560283009.pdf>.
66. **MEX, Rafael**. “Microtitulación para la determinación de la acidez titulable de té (Camellia sinensis)”. *RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo* [en línea], 2022, vol. 12, no. 24, pág. 6-8. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN:2007 67467 22153608. Disponible en: DOI 10.15517/am.v30i2.34432.
67. **MOREIRAS, C., et al.** “La leche y su valor nutricional”. *Revista Científica Ecuatoriana* [en línea], 2014, pág. 1. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/837/83743886005.pdf>
68. **NATIONAL INSTITUTE OF HEALTH**. “Datos sobre el hierro”. *Nih* [en línea], 2019, vol. 1, (10), pág. 1-3. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://ods.od.nih.gov/pdf/factsheets/Iron-DatosEnEspanol.pdf>.
69. **NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH**. “Datos sobre la vitamina C”. *Nih* [en línea], vol. 1, pág. 4. 2019. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <file:///C:/Users/RUBI/Downloads/VitaminCDatosEnEspanol.pdf%0Ahttps://ods.od.nih.gov>

v/pdf/factsheets/VitaminC-DatosEnEspanol.pdf.

70. **NTE INEN 9.** *Raw milk. Requeriments. Instituto Ecuatoriano De Normalización.*
71. **NTE INEN 2395, NTE INEN 2395.** *Leches Fermentadas. Norma Tecnica Ecuatorina Nte Inen 2395:2011.*
72. **NYANZI, Richard, et al.** “Invited review: Probiotic yogurt quality criteria, regulatory framework, clinical evidence, and analytical aspects”. *Journal of Dairy Science* [en línea], 2021, vol. 104 (1), pág. 1-19. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 15253198. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2020-19116>.
73. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LAS NACIONES UNIDAS.** *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.* [en línea]. 2023. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023\\_Spanish.pdf?\\_gl=1\\*\\_arkxz\\*\\_ga\\*MTc3ODI5OTYwMS4xNjE4MzU3NTMz\\*\\_ga\\_TK9BQL5X7Z\\*MTY5NDkwMzM3OS4xLjEuMTY5NDkwMzU1OS4wLjAuMA](https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf?_gl=1*_arkxz*_ga*MTc3ODI5OTYwMS4xNjE4MzU3NTMz*_ga_TK9BQL5X7Z*MTY5NDkwMzM3OS4xLjEuMTY5NDkwMzU1OS4wLjAuMA).
74. **PARDO, Lucas. & ORDOÑEZ, Roberto.** “Cuantificación de hierro, calcio y fósforo en procesos térmicos aplicados al borjón (Borojoa patinoi Cuatrec)”. *IDESIA* [en línea], 2018, vol. 36, (2), pág. 279-280. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018005000802>.
75. **PARLAMENTO EUROPEO.** *Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo de 5 de junio de 2019 por el que se establecen disposiciones relativas a la puesta a disposición en el mercado de los productos fertilizantes*
76. **PARRA, Ricardo, et al.** “Características fisicoquímicas, sensoriales, proximales y microbiológicas de un yogur con chocolate en refrigeración”. *Alimentos hoy* [en línea], 2018, vol. 19, no. 2, pág. 146-158. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.21897/rta.v19i2.730>.
77. **PARVIN, Clara & GONZÁLEZ, Chelo.** “Solubles De Un Alimento Con Un Alto Y Un Bajo Contenido En Agua”. *Universidad Politécnica de Valencia* [en línea], 2022, pág. 5. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcgclefindmkaj/https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102969/Pastor%3BGonzález - Determinación de los sólidos solubles de un alimento con un alto y un bajo cont....pdf?sequence=1&isAllowed=y](chrome-extension://efaidnbmninnibpcjpcgclefindmkaj/https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102969/Pastor%3BGonzález-Determinación-de-los-sólidos-solubles-de-un-alimento-con-un-alto-y-un-bajo-cont...pdf?sequence=1&isAllowed=y).
78. **PAUCARA, Carla & DEL CASTILLO, Carmen.** “Caracterización física y química de la tuna (*Opuntia ficus indica*) en el municipio de Luribay, La Paz - Bolivia”. *Revista Estudiantil AGRO-VET* [en línea], 2021, vol. 5, pág. 1-8. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN: 2523-2037. Disponible en: <https://agrovvet.umsa.bo/index.php/AGV/article/view/45>
79. **PÉREZ, Mateo & RUIZ, Rivera.** “Elaboración de yogurt con probióticos

- (*Bifidobacterium* spp. y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina”. *Revista de la Facultad de Agronomía* [en línea], 2019, vol. 24, (1), pág. 6-10. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 0378-7818. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182007000100008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100008).
- 80. PÉREZ, María.** Maca Andina: alimento funcional para la menopausia suplementado con calcio. [en línea]. (Trabajo de Titulación). Universidad FASTA, Facultad de Ciencias Médicas. 2018. pág. 54-56. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/bitstream/123456789/373/1/Pérez\\_Aaagaard\\_NU\\_2018.pdf](http://redi.ufasta.edu.ar:8082/jspui/bitstream/123456789/373/1/Pérez_Aaagaard_NU_2018.pdf).
- 81. PORTILLO, Liberato.** *Opuntia*. [en línea]. Guadalajara, México. Orgánica Editores. 2021. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/354517702\\_Opuntia\\_Aportaciones\\_a\\_su\\_conocimiento\\_y\\_aprovechamiento](https://www.researchgate.net/publication/354517702_Opuntia_Aportaciones_a_su_conocimiento_y_aprovechamiento).
- 82. REINOSO, Rony.** Estudio Comparativo De Las Propiedades Fisicoquímicas Del Rábano (*Raphanus Sativus*) En Cultivos Hidropónicos Inoculados Con *Bacillus Subtilis* Y *Pseudomonas Aeruginosa* [en línea]. (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. 2021. [Consulta: 27 febrero 2024]. págs. 36-39. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/15316>.
- 83. REYES, Yulieth, et al.** “Contaminación por metales pesados: implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria”. *The Indian Journal of Pediatrics* [en línea], 2016, vol. 16, (2), pág. 3-8. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 00195456. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/BF02796157>.
- 84. RIVERA, José. & RAMÍREZ, Matheus.** “Yogurt making by using probiotics (*Bifidobacterium* spp. and *Lactobacillus acidophilus*) and Inulin”. *Revista de la Facultad de Agronomía* [en línea], 2019, vol. 24, (1), pág. 113-132. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 0378-7818. Disponible en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-78182007000100008](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182007000100008).
- 85. RODRIGUEZ, Adalberto, et al.** *Pasifloras. Especies cultivadas en el mundo* [en línea]. Brasília, Brasil. 2020. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343817259\\_Pasifloras\\_\\_Especies\\_cultivadas\\_en\\_el\\_mundo](https://www.researchgate.net/publication/343817259_Pasifloras__Especies_cultivadas_en_el_mundo)
- 86. SABORIDO, Rebeca & LEIS, Rosaura.** “Yogurt and dietary recommendations for lactose intolerance”. *Nutricion Hospitalaria* [en línea], 2018, vol. 3, pág. 45-48. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 16995198. Disponible en: <https://doi.org/10.20960/NH.2287>.
- 87. SÁENZ, Carmen & SEPÚLVEDA, Elena.** “Ecotipos coloreados de tuna (*Opuntia ficus-indica*)”. *Aconex* [en línea], 2011, vol. 72, pág. 29-32. [Consulta: 27 febrero 2024].

Disponible

en:[https://www.researchgate.net/publication/285265444\\_Ecotipos\\_coloreados\\_de\\_tuna\\_Opuntia\\_ficus-indica](https://www.researchgate.net/publication/285265444_Ecotipos_coloreados_de_tuna_Opuntia_ficus-indica)

88. SALES, Aldo. “Composición química del nopal y sus implicaciones en la nutrición de rumiantes (experiencias de brasil)”. *ResearchGate* [en línea], 2015, págs. 6-11. 2015. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://redgatro.fmvz.unam.mx/assets/rn9.pdf>
89. SÁNCHEZ, Marta. “Importance of milk and its potential effects on human health” *Actualización en Nutrición* [en línea], 2020, vol. 21, pág. 50-64. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 2250-7183. Disponible en: [https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/08/1282320/rsan\\_21\\_2\\_50.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/2021/08/1282320/rsan_21_2_50.pdf)
90. SEGOVIA, Isabel & García, Eva. Determinación de proteínas de un alimento por el método Kjeldahl [en línea]. Valencia, España. Universitat Politècnica de València, 2018. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/16338>
91. SENASA. *Método: recuento de aerobios mesófilos en alimentos, método de película seca rehidratable*.
92. SILVA, Emerson & ZUCOLOTTI, Silvana. 2021. Informações Sistematizadas da Relação Nacional de plantas Mediciniais [en línea]. Brasília, Brasil. 2022. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <http://editora.saude.gov.br>.
93. TARIFA, María, et al. “Biological control of foodborne pathogens by lactic acid bacteria: A focus on juice processing industries”. *Revista Argentina de Microbiología* [en línea], 2023, (40), pág. 3-9. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 03257541. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ram.2023.04.001>.
94. TERÁN, Yanira. “Análisis de las características fisicoquímicas del fruto de *Opuntia ficus-indica*(L.) Miller, Cosechados en Lara, Venezuela”. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* [en línea], 2015, vol. 1 (16), pág. 69-74. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 1665-0204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/813/81339864010.pdf>.
95. TOCA, María, et al. “The low incidence of clinically significant heart disease in school-age children following COVID-19”. *Archivos Argentinos de Pediatría* [en línea], 2022, vol. 120, (1), pág. 54-57. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 16683501. Disponible en: DOI 10.5546/AAP.2022.59.
96. TONICORP. *Yogurt Toni Regular* [blog]. Guayaquil, Ecuador. 2022. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <http://www.tonicorp.com/yogurt-toni.html#!>
97. TORRES, Pablo, et al. “La baba y el mucílago de nopal, para la conservación de una alternativa natural acabados arquitectónicos de tierra”. *Revista Interdisciplinaria del INAH* [en línea], 2011, pág. 92-114. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: <https://revistas.inah.gob.mx/index.php/antropologia/article/view/8197>.

- 98. UNIÓN EUROPEA.** *Contenido máximo de determinados contaminantes en los productos alimenticios.*
- 99. UNION EUROPEA.** *Contenidos máximos en metales pesados en productos alimenticios.*
- 100. USCA, Julio, et al.** “Características probióticas de los lactobacillus: Una revisión”. *Polo del conocimiento* [en línea], 2020, vol. 5, (08), pág. 413-425. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN: 2550 - 682X. Disponible en: <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/eshttps://orcid.org/0000-0001-7300-8204https://orcid.org/0000-0002-0980-4510>.
- 101. USCANGA, Luisa.** “Posición técnica sobre la leche y derivados lácteos en la salud y en la enfermedad del adulto de la Asociación Mexicana de Gastroenterología y la Asociación Mexicana de Gerontología y Geriátrica”. *Revista de Gastroenterología de México* [en línea], 2019, vol. 84, (3), pág. 357-371. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 03750906. Disponible en: <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/maximum-levels-for-certain-contaminants-in-food.htmlDOI 10.1016/j.rgmx.2019.03.002>.
- 102. VARGAS, E, et al.** “International System for Agricultural Science and Technology Selenio y cobalto en algunos forrajes de Costa Rica: efecto de la época dinámica y el estado vegetativo”. *Agronomía costarricense* [en línea], 2012, vol. 16, (2), pág. 23-25. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 0377-9424. Disponible en: [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v16n02\\_171.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v16n02_171.pdf)
- 103. VÁSQUEZ, Victor, et al.** “Physicochemical properties and sensory acceptability of goat’s milk fruit yogurts with mango and banana using accelerated testing”. *Scientia agropecuaria* [en línea], 2015, vol. 6, (3), pág. 177-189. [Consulta: 27 febrero 2024]. ISSN 20779917. Disponible en: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.04>.
- 104. VÁZQUEZ, Sylvia, et al.** “Importancia de los coliformes en los alimentos”. *Fao* [en línea], 2013, pág. 2. [Consulta: 27 febrero 2024]. Disponible en: [https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/importanciacoliformes\\_en\\_los\\_alimentos.pdf](https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/importanciacoliformes_en_los_alimentos.pdf)
- 105. VELÁZQUEZ, Rafael.** “El consumo de leche y su importancia en la salud a lo largo de la vida”. *Nutrition Reviews* [en línea], 2022, vol. 30, (5), pág. 599-614. [Consulta: 26 febrero 2024]. ISSN 17534887. Disponible en: <https://doi.org/10.1093/nutrit/nuaa013>.
- 106. WEILL, R.** *El Yogur, un alimento milenario a la luz del siglo XXI* [en línea]. Florencia. 2017. Disponible en: <http://revistas.unla.edu.ar/saludcolectiva/article/view/1103>.
- 107. ZÁMORAN, D.** *Manual de procesamiento lácteo* [en línea]. Managua, Nicaragua: Jica Nicaragua 2016. [Consulta: 26 febrero 2024]. Disponible en: [https://www.jica.go.jp/Resource/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/14\\_agriculture01.pdf](https://www.jica.go.jp/Resource/nicaragua/espanol/office/others/c8h0vm000001q4bc-att/14_agriculture01.pdf)



Total 107 referencias bibliográficas

## ANEXOS

### ANEXO A: CARACTERIZACIÓN DE LECHE CRUDA



### ANEXO B: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO PROXIMAL

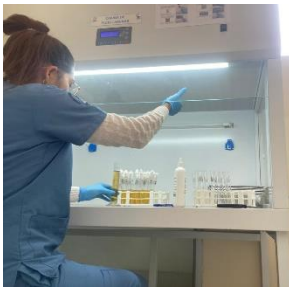




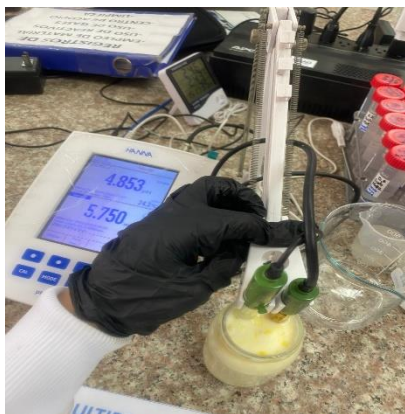
## ANEXO C: ELABORACIÓN DE LAS FORMULACIONES



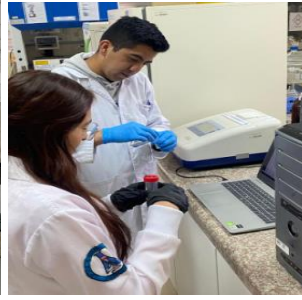
## ANEXO D: CONTROL DE CALIDAD MICROBIOLÓGICO



## ANEXO E: PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS




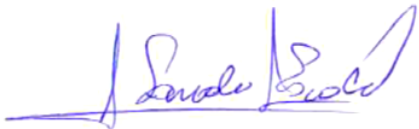
## ANEXO F: ANÁLISIS BROMATOLÓGICO COMPLEMENTARIO





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

**Fecha de entrega:** 31/05/2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Yocasta Salomé Velastegui Párraga
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Bioquímica y Farmacia
<b>Título a optar:</b> Bioquímica Farmacéutica
 <p><b>Dra. Irene del Carmen Gavilanes Terán, PhD.</b> <b>Directora del Trabajo de Integración Curricular</b></p>  <p><b>Dra. Sandra Noemi Escobar Arrieta, PhD.</b> <b>Asesora del Trabajo de Integración Curricular</b></p>