



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE EXTRACTO
DE YACÓN Y LACTOSUERO DULCE EN EL DESARROLLO
DE UNA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA”**

Brayan Paúl Zanga Ballena

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Asesor: M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2023

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS
INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE EXTRACTO
DE YACÓN Y LACTOSUERO DULCE EN EL DESARROLLO
DE UNA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA”**

Brayan Paúl Zanga Ballena

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Asesor: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

Juliaca, 2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Zanga-Ballena, B (2023). *Evaluación de la sustitución parcial de extracto de yacón y lactosuero dulce en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica*. [Tesis de pregrado en ingeniería, Universidad Nacional de Juliaca]. Juliaca.

AUTOR: Brayan Paúl Zanga Ballena

TÍTULO: Evaluación de la sustitución parcial de extracto de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) y lactosuero dulce en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2023

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (137 pp)

NOTA: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias - Universidad Nacional de Juliaca

CODIGO: 03-000026-03/Z32

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo

PALABRAS CLAVE: Fructooligosacáridos, prebiótico, probiótico, sinéresis y viscosidad.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE PROCESOS INDUSTRIALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
“EVALUACIÓN DE LA SUSTITUCIÓN PARCIAL DE EXTRACTO DE YACÓN
Y LACTOSUERO DULCE EN EL DESARROLLO DE UNA BEBIDA
LÁCTEA SIMBIÓTICA
TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentada por:

BRAYAN PAÚL ZANGA BALLENA

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez
PRESIDENTE DE JURADO



M.Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos
JURADO (Secretario)


2° MIEMBRO

D.Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri
JURADO (Vocal)


3° MIEMBRO
M.Sc. Adalht Jhony Arisaca Parillo
ASESOR DE TESIS

NOMBRE DEL TRABAJO

Evaluación de la sustitución parcial de extracto de yacón y lactosuero dulce en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica

AUTOR

Brayan Paul Zanga Ballena

RECUENTO DE PALABRAS

36144 Words

RECUENTO DE CARACTERES

201383 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

163 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

3.0MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 11, 2023 10:18 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 11, 2023 10:20 PM GMT-5



● **9% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 8% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

DEDICATORIA

A Dios por iluminarme, guiarme y haberme permitido llegar hasta este punto y brindarme la salud para lograr mis objetivos. Además de su infinita bondad y amor.

Con todo mi cariño y amor para las personas que me dieron la vida y creyeron en mí, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzada mi meta, a ustedes por siempre mi corazón. Mamá y papá.

Con el aprecio y cariño de siempre a mis hermanas; Mayte y Jarissa.

A mi abuela y tíos; Nicolasa, Jesús ,Magdalena, Yaneth y Katy, con mucho cariño por el apoyo constante incondicional que me brindaron durante mi formación profesional.

A mis amigos y compañeros, por estar siempre animándome cuando las cosas no salían como lo esperaba.

Les doy las gracias a Luz Perales, Edwin Benites, Lourdes Apaza, y a muchos más, que si empiezo a mencionar no terminaré.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de Juliaca, escuela profesional Ingeniería en Industrias Alimentarias, por albergarme cinco años de mi existencia y proporcionarme herramientas para contribuir al conocimiento de cara a la gestión de la calidad, la investigación y la nutrición.

A mis docentes de la escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la UNAJ, por haberme impartido conocimientos académicos, personales y profesionales en mi etapa de estudiante y tesista.

A mí asesor M.Sc. Adaliht Jhony Arisaca Parillo por la orientación científica, paciencia y amistad en el proceso de ejecución del presente trabajo de investigación. Un ejemplo de profesionalismo.

A mis jurados D.Sc. Elizabeth Huanatico Suarez, M.Sc. Julio Rumualdo Gallegos Ramos y D.Sc. Rubén Wilfredo Jilapa Humpiri por la orientación y consejos brindados.

Al Mag. Paúl Hernando Mamani Sánchez por sus orientaciones y enseñanzas en la adecuación del sistema de programación para el armado del bioterio.

Al Mag. Raúl Arturo Ramírez Mestas y equipo de trabajo de CORPORACIÓN GANADERA RAMIREZ S.A.C. por su ayuda desinteresada en la disponibilidad de la materia prima para el desarrollo de la investigación.

Por último, a los seres que considero muy especiales en mi vida, amigos de la escuela profesional y aquellos que comparten conmigo alegrías, tristezas y me ayudan a salir siempre adelante.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	xv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1.1.	Pregunta general.....	2
1.1.2.	Preguntas específicas.....	3
1.2	OBJETIVOS.....	3
1.2.1	Objetivo General.....	3
1.2.2	Objetivos Especificos.....	3
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	4

CAPITULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1	ANTECEDENTES.....	5
2.2.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.2.1.	LECHE.....	7
2.2.1.1.	Propiedades fisicoquímicas de la leche.....	8
a.	Densidad.....	8
b.	pH.....	9
c.	Acidez.....	9
d.	Viscosidad Absoluta.....	10
e.	Índice de Refracción.....	10

2.2.1.2. Aspectos Nutricionales	10
a. Contenido de Agua.....	11
b. Contenido Lactosa.....	11
c. Contenido de Grasa	11
d. Contenido de Proteínas.....	12
e. Contenido de Minerales.....	12
2.2.1.3. Tipos de leche	13
2.2.1.4. Calidad de leche.....	14
2.2.2. LACTOSUERO	15
2.2.2.1. Tipos de Lactosuero.....	15
a. Lactosuero Ácido	15
b. Lactosuero Dulce.....	16
2.2.2.2. Composición de Lactosuero.....	16
2.2.2.3. Valor nutritivo del Suero Dulce	17
2.2.2.4. Lactosuero como Contaminante.	20
2.2.2.5. Principales usos de Lactosuero	20
2.2.3. YOGURT	20
2.2.3.1. Beneficios del Yogurt	21
2.2.3.2. Clasificación de Yogurt.	21
2.2.3.3. Calidad del Yogurt.....	22
2.2.3.4. Defectos en la elaboración del Yogurt.....	23
2.2.4. ACTIVIDAD DE LAS BACTERIAS LÁCTICAS.....	24
2.2.4.1. Bacterias Acidolácticas.....	25
2.2.4.2. Sinergismo de las Bacterias ácidolácticas.....	25
2.2.5. PROBIÓTICOS	26
2.2.5.1. Microorganismos probióticos utilizados.....	27
2.2.5.2. Efectos probióticos sobre la salud.....	28
2.2.6. PREBIÓTICOS.....	29
2.2.6.1. Requisitos de los Prebióticos	30
2.2.6.2. Clasificación de los Prebióticos.....	30
2.2.7.1. Diferencias entre prebióticos y probióticos	33

2.2.8. RELACIÓN PROBIÓTICO-PREBIÓTICO (SIMBIOSIS).....	34
2.2.8.1. Alimentos Simbióticos.....	34
2.2.9. YACÓN	35
2.2.9.1. Taxonomía	35
2.2.9.2. Zonas de cultivo en el Perú.....	36
2.2.9.3. Variedades de Yacón	36
2.2.9.4. Composición química del Yacón.....	37
2.2.10. FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS-FOS.....	39
2.2.10.1. Clasificación de Fructooligosacáridos.	39
2.2.10.2. Propiedades Fisicoquímicas de los FOS	41
2.2.10.3. Uso de los Fructooligosacáridos como Ingredientes	43
2.2.10.4. Toxicología	44
2.2.10.5. Beneficios de los Fructooligosacáridos en la Salud.....	44
2.2.11. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)	45
2.2.12. REOLOGÍA DE YOGURT	45
2.2.12.1. Clasificación Reológica	46
2.2.12.2. Diferencias entre el comportamiento de Flujo de los fluidos	47
2.2.12.3. Modelos Reológicos	48
2.2.13. ANÁLISIS SENSORIAL	48
2.2.14. Pruebas Discriminativas	49

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	51
3.1.1. Hipótesis General.....	51
3.1.2. Hipótesis Especificas	51
3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO	51
3.3. MATERIALES	52
3.3.1. Materia Prima	52
3.3.2. Insumos	52

3.3.3.	Equipos, materiales y reactivos	53
a.	Equipos de Laboratorio	53
b.	Materiales de laboratorio.....	53
c.	Utensilios.....	54
d.	Reactivos	54
3.4.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	54
3.4.1.	PREPARACIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIOTICA CON FOS DE YACÓN.....	54
3.4.1.1.	Preparación de la bebida láctea simbiótica con FOS de Yacón y probióticos.....	56
3.4.1.2.	Activación del cultivo termófilo iniciador (Proceso adyacente).....	57
3.4.1.3.	Activación del cultivo probiótico (Proceso adyacente)	57
3.4.1.4.	Obtención de extracto con FOS de yacón (Proceso adyacente)	58
3.5.	DIAGRAMA EXPERIMENTAL	60
3.6.	MÉTODOS EXPERIMENTALES	62
3.6.1.	Objetivo N° 1:.....	62
3.6.2.	Objetivo N° 2:	65
3.6.3.	Objetivo N°3.....	69

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	ANÁLISIS PRELIMINAR DE LAS MATERIAS PRIMAS.....	73
4.1.1.	Análisis fisicoquímico de la leche	73
4.1.2.	Análisis fisicoquímico del lactosuero.....	74
4.1.3.	Análisis fisicoquímico de yacón.....	75
4.2.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (SINÉRESIS) DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA	76
4.2.1.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (SINÉRESIS).....	78
4.3.	VISCOSIDAD DE LOS TRATAMIENTOS DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA	80
4.4.	ACTIVIDAD SINÉRGICA (SIMBIOSIS) DE LA BEBIDA LÁCTEA CON	

MEJORES PROPIEDADES FÍSICAS (Sinéresis y Viscosidad)	86
4.5. ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL	91
4.5.1. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DEL PRODUCTO FINAL	91
4.5.3. COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL PRODUCTO FINAL	93
4.5.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA MUESTRA CON MAYOR ACTIVIDAD SINÉRGICA.....	95
4.5.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL.....	97

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	98
5.2. RECOMENDACIONES.....	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	100
ANEXOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición fisico-química de la leche	8
Tabla 2: Características fisicoquímicas de la leche	11
Tabla 3: Requisitos fisicoquímicos de la leche de vaca NTP 201.001	14
Tabla 4: Requisitos microbiológicos de la leche de vaca NTP 202.001	14
Tabla 5: Características fisicoquímicas del Lactosuero	16
Tabla 6: Distribución Potencial de los Componentes de la Leche y el Suero Dulce	17
Tabla 7: Composición de Lactosuero (%)	17
Tabla 8: Propiedades Funcionales de las Proteínas de Lactosuero	19
Tabla 9 :Requisitos Fisicoquímicos.....	22
Tabla 10: Requisitos de Identidad	23
Tabla 11: Requisitos Microbiológicas.....	23
Tabla 12 Efectos saludables de los probióticos mayormente empleado a nivel Industrial ...	28
Tabla 13 Sustancias Propuestas como Prebióticos.....	31
Tabla 14 Cuadro de Comparación de FOS de distintas matrices vegetales	38
Tabla 15 :Composición Fisicoquímica del Yacon/Kg de Raíz tuberosa	38
Tabla 16 :Característica Fisicoquímica de la Inulina y Oligofructosacáridos.....	42
Tabla 17: Comparación con los azúcares más comunes y algunos edulcorantes sintético ...	43
Tabla 18 :Propiedades Funcionales de los fructooligosacáridos.....	43
Tabla 19 Términos de comportamiento de flujo	47
Tabla 20 Modelos funcionales para los fluidos	48
Tabla 21: Matriz de Diseño del Objetivo 1	62
Tabla 22: <i>Matriz de diseño</i> del Objetivo 2	66
Tabla 23 :Características fisicoquímicas de la leche	73
Tabla 24 :Características fisicoquímicas del lactosuero dulce de queso fresco	74
Tabla 25: Características fisicoquímica de la muestra de raíz de Yacón.	75
Tabla 26: Resultados del porcentaje de Sinéresis de los tratamientos de la bebida láctea....	76
Tabla 27: Anova de la variable capacidad de retención de agua (Sinéresis).....	78
Tabla 28: Valores de viscosidad de la bebida láctea simbiótica.....	80
Tabla 29: Anova de la variable viscosidad.....	84
Tabla 30: Porcentaje de Sinéresis de la bebida láctea simbiótica.....	86

Tabla 31: Ensayos fisicoquímicos	91
Tabla 32: Anova actividad Sinérgica (Simbiosis)	124
Tabla 33: Prueba de comparaciones múltiples factor % cultivo	124

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Reacción química del Cultivo láctico	24
Figura 2 :Velocidad del desarrollo de la acidez.	26
Figura 3 Estructura química de los Oligosacáridos.....	33
Figura 4 :Variedades de Yacon A. Variedad Blanca, B. Variedad Amarilla, C. Variedad Morada	37
Figura 5; Clasificación de Fructooligosacáridos de bajo grado de polimerización.....	40
Figura 6: Estructura Química de los FOS. A con una molécula de terminal de Glucosa (FOS)/ B con una molécula terminal de Fructuosa (Inulina)	41
Figura 7 : Diagrama Reológico de los diferentes tipos de fluidos.....	46
Figura 8: Clasificación de fluidos según el comportamiento reológico	47
Figura 9: Pruebas Sensoriales utilizadas en la Industria Alimentaria	49
Figura 10: Diagrama de flujo de elaboración de la bebida láctea simbiótica.....	55
Figura 11: Diagrama experimental de la investigación	61
Figura 12: Grafica de capacidad de retención de agua de la bebida láctea en función de porcentajes de sustitución de lactosuero y Yacón	77
Figura 13: Grafica de superficie de respuesta de la variable sinéresis.	79
Figura 14: Diagrama de Pareto de la variable sinéresis.....	79
Figura 15 :Grafica de viscosidad de la bebida láctea en función de porcentajes de sustitución de lactosuero y Yacon	81
Figura 16: Reogramas de la Bebida láctea	82
Figura 17:Grafica de superficie de respuesta variable Viscosidad.....	85
Figura 18: Diagrama de Pareto de la variable viscosidad	85
Figura 19: Inhibición de colonias Escherichia coli de material fecal.....	88
Figura 20: Crecimiento de colonias Lactobacillus acidophilus de materia fecal.	89
Figura 21: Composición fisicoquímica del producto final	93
Figura 22: Diagrama radial de Análisis sensorial con respuestas acertadas.....	95
Figura 23 Características microbiológicas del producto final	97
Figura 25: Determinación análisis fisicoquímicos	118
Figura 26 :Proceso de elaboración de la bebida láctea simbiótica	119
Figura 27 : Determinación de la viscosidad	120

Figura 28 : Determinación de la Sinéresis (CRA).....	120
Figura 29: Resultados de comportamiento reológico	121
Figura 30: Diagrama de Pareto Variable Simbiosis	124
Figura 31: Determinación de microorganismos (E.coli /l.AAcidophilus).....	125
Figura 32:Resultados de análisis de E.coli	126
Figura 33: Resultados de análisis de Lactobacillus Acidophilus	127
Figura 34. Instalación del Bioterio	128
Figura 35: Circuito de programación del bioterio	129
Figura 36: Fotografías de la evaluación sensorial	136
Figura 36. Modelos matemáticos de la bebida simbiotica.....	136

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica Cultivo Probiótico SAB 440 A	114
Anexo 2. Ficha técnica cultivos Y 4.56 B	115
Anexo 3. Ficha técnica Inulina	116
Anexo 4. Ficha sensorial de Experimentación	117
Anexo 5 Panel fotográfico de análisis preliminares	118
Anexo 6. Panel fotográfico del proceso de elaboración.	119
Anexo 7. Panel fotográfico de ensayos de viscosidad.....	120
Anexo 8. Panel fotográfico de ensayos de sinéresis	120
Anexo 9 Reogramas	121
Anexo 10 Cálculos de parámetros reológicos	122
Anexo 11 . Recuento de UFC de microorganismos detectados	123
Anexo 12. Análisis estadístico Variable actividad sinérgica.....	124
Anexo 13. Panel fotográfico de análisis microbiológico.....	125
Anexo 14 Panel de fotográfico de recuento de E.coli	126
Anexo 15 .Panel de fotográfico de recuento de Lactobacilos	127
Anexo 16 .Panel fotográfico de la instalación del bioterio.....	128
Anexo 17. Circuito eléctrico de programación.....	129
Anexo 18. Código de programación del funcionamiento de bioterio.....	130
Anexo 19 Análisis Estadístico de las pruebas sensoriales.....	132
Anexo 20 Tabla de distribución t	134
Anexo 21 Conteo de elecciones a favor de los atributos sensoriales	135
Anexo 22. Panel fotográfico de las pruebas sensoriales.....	136
Anexo 23. Modelos matemáticos de la bebida simbiotica	136

RESUMEN

Los yogures probióticos tienen una alta demanda y aceptación por los consumidores, sin embargo, en el mercado no se encuentran bebidas lácteas simbióticas (prebiótico–probiótico) de fuentes vegetales, una de estas es el yacón, rico en fructooligosacáridos que presentan bondades digestivas, es por ello que la investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la sustitución parcial de lactosuero dulce a fin de aprovechar los sólidos totales por leche y la adición de extracto de yacón en las características reológicas, fisicoquímicas, sensoriales y actividad sinérgica en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica. Se formularon 13 tratamientos en función a la sinéresis y viscosidad, aplicando un Diseño Central Compuesto, empleando cultivo lácteo (2 a 3%), temperaturas de 40°C y 45°C. El porcentaje adecuado de la bebida fue de 36% de suero lácteo y 6% de extracto de yacón, con una viscosidad de 563 Cp. y sinéresis de 32%. La actividad sinérgica reportó valores entre 0.3% y 4.1% a 40°C y 3% de cultivo. Al evaluar sensorialmente mediante pruebas discriminativas (aroma, dulzor y preferencia), no presentaron diferencia con respecto a los atributos organolépticos de la muestra patrón. En cuanto al análisis fisicoquímico, los sólidos totales fueron 13.95%, proteína 4.68 %, grasa 2.65%, ceniza 0.49 %, fibra 0.18 % y carbohidratos 69.27 %, además una acidez 0.95% y densidad 1048.28kg/m³, asimismo, se encontró bacterias de identidad *Bifidobacterium lactis* 8x10⁺⁰², *Lactobacillus acidophilus* 3x10⁺⁰² y bacterias sanitarias *Coliformes* 1x10⁺⁰², *Mohos* 1x10⁺⁰² y Levaduras 1x10⁺⁰². Se concluye que la bebida presenta atributos de actividad sinérgica por presentar mayor proliferación de bacterias probióticas, siendo un paso importante para el desarrollo de una bebida láctea simbiótica.

Palabras clave: Fructooligosacáridos, Prebiótico, Probiótico, Sinéresis y Viscosidad.

ABSTRACT

Probiotic yogurts have a high demand and acceptance by consumers, however, in the market there are no symbiotic dairy drinks (prebiotic-probiotic) from vegetable sources, one of these is yacon, rich in fructooligosaccharides that have digestive benefits, that is why the research aimed to evaluate the effect of the partial substitution of sweet whey in order to take advantage of the total solids by milk and the addition of milk extract. Yacon in the rheological, physicochemical, sensory characteristics and synergistic activity in the development of a symbiotic milk drink. 13 treatments were formulated according to syneresis and viscosity, applying a Composite Central Design, using milk culture (2 to 3%), temperatures of 40°C and 45°C. The adequate percentage of the beverage was 36% whey and 6% yacon extract, with a viscosity of 563 Cp. and syneresis of 32%. Synergistic activity reported values between 0.3% and 4.1% at 40°C and 3% of culture. When evaluated sensorially by discriminative tests (aroma, sweetness and preference), there was no difference with respect to the organoleptic attributes of the standard sample. Regarding the physicochemical analysis, the total solids were 13.95%, protein 4.68%, fat 2.65%, ash 0.49%, fiber 0.18% and carbohydrates 69.27%, in addition to an acidity 0.95% and density 1048.28kg/m³, likewise, bacteria of identity *Bifidobacterium lactis* 8x10⁺⁰², *Lactobacillus acidophilus* 3x10⁺⁰² and sanitary bacteria Coliforms 1x10⁺⁰², Molds 1x10⁺⁰² and Yeasts 1x10⁺⁰² were found. It is concluded that the beverage has synergistic activity attributes due to the greater proliferation of probiotic bacteria, which is an important step for the development of a symbiotic milk drink.

Keywords:Fructooligosaccharides , Prebiotic, Probiotic, Syneresis and Viscosity.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los consumidores prefieren alimentos que no solo sean agradables al paladar o suplir nutrientes, sino que estos colaboren con su salud, es así como los alimentos con compuestos bioactivos o funcionales se han convertido en promisorios en la reducción y probabilidad de padecer enfermedades crónicas (Chuco, 2019). En respuesta a la creciente acogida del mercado de alimentos naturales y provechosos para la salud, hacen que este tipo investigaciones adquieran relevancia y atención por el aporte favorable de la sociedad, por tal motivo, se espera con el presente trabajo propiciar el desarrollo de una bebida láctea simbiótica nutritiva e inocua desde una perspectiva biológica con buenas características fisicoquímicas, físicas, sensoriales y funcionales, aprovechando los fructooligosacáridos (FOS) como prebióticos del yacón.

Como se sabe, el yacón (*Smallanthus sonchifolius*), es muy conocido en la región Puno, a nivel nacional e internacional, sin embargo, no se cuenta con muchas investigaciones que propicien su investigación, y más aún su industrialización, ya que actualmente, nuestro país lo exporta como producto en bruto según los últimos reportes de la Asociación de Exportadores (ADEX), siendo los estados unidos de Norteamérica el mercado más importante del yacón peruano, además de ser uno de los productos de mayor cotización e interés en la Nordic Organic Food Fair 2023, dicho evento reúne a los profesionales relacionados a la industria de la alimentación saludable.

Otro de los productos que brinda beneficios saludables al organismo es el lactosuero, siendo el medio más eficaz para mejorar el flujo libre de la bilis, las evacuaciones fecales y la orina. Entre sus propiedades medicinales más importantes se tiene: estimulan el peristaltismo intestinal, elimina toxinas por los riñones, contribuye con el crecimiento de las bacterias del intestino, estimula y desintoxica al hígado (Vela, 2020). A nivel internacional se produce 180 a 190 millones toneladas de suero anual, el Perú no es ajeno a esta producción, puesto que genera grandiosas cantidades de lactosuero, una mitad de los sólidos totales que se encuentran

en la leche incluyendo nutrientes como: lactosa, proteína vitaminas y minerales (Parra, 2009), siendo la región Puno la de mayor número de plantas queseras y de la mayor producción según el MIDAGRI.

El yacón y el lactosuero, son fuentes importante para el desarrollo de productos funcionales, Arrigoni y Zevallos (2014), indican que el acrecentamiento de los probióticos al fermentar la leche aumenta beneficios para la salud, estos microorganismos resguardan al sistema digestivo de posibles males ya que frena que se propaguen patógenos y restaura la microbiota alojada en el colon, al mismo tiempo impulsa al sistema inmunitario.

De acuerdo con Arango *et al.* (2008), el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es considerado tubérculo andino dulce apropiada para diabéticos y para quienes quieran mejorar su estilo de vida, se diferencia por contener inulina, siendo esta una fibra cruda que favorece al proceso de digestión intestinal debido a que resiste al pasar por el tracto digestivo, también es fuente de prebióticos debido a que es rico en fructooligosacáridos, y en comparación con otros tubérculos, el yacón no conserva los azúcares simples como almidón más bien como inulina.

Ante lo manifestado nos planteamos como objetivo principal evaluar el efecto de la sustitución parcial de lactosuero dulce por leche y la adición de extracto de yacón en las características reológicas, actividad sinérgica, características fisicoquímicas y sensoriales en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica. Este estudio buscó conocer los beneficios que trae el consumo de un yogurt simbiótico en aquellos consumidores con o sin trastornos digestivos, que tenga como fuente de fructooligosacáridos y particularidades prebióticas al extracto de yacón, además de aprovechar los componentes nutritivos del lactosuero.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En el Perú, la industria de los productos lácteos es representativa y está en expansión, según el MIDAGRI (2017), en el 2015 el valor bruto de la producción en la industria láctea acumuló una tasa de crecimiento promedio anual de 4.7 por ciento, de las cuales se tienen en el yogurt un crecimiento promedio de 10 por ciento, por otra parte, tenemos al queso con 4 por ciento, pronosticando su ubicación como altamente prioritario para la industria de lácteos, seguida de la leche pasteurizada (24 por ciento) y en menor medida la leche condensada (0.8 por ciento). Del mismo modo, la Presidencia de Consejo de Ministros, por su siglas PCM declaró en su informe de mercado del año 2022, que los productos lácteos como el yogurt representa el 79.6 por ciento de la producción, siguiendo en el eslabón la producción de queso con alrededor del 11 por ciento, destacando a nivel regional Cajamarca, Arequipa, Puno y Lima (Lozada *et al.* 2022).

La mayor parte de la obtención de leche se predestina para la producción de los quesos, resultando el suero lácteo el principal derivado de la producción de queso, estimando que por cada kilo de queso elaborado se producen nueve litros de lactosuero, representando cerca de 90 por ciento del volumen de la leche (Ruiz y Ramírez, 2009). Este residuo es reaprovechado para alimentación de animales de granja y el resto se convierte en una significativa fuente de impacto ambiental. La lactosa es el principal aspecto ambiental del suero dulce (4.23 por ciento) debido a su elevada concentración y ser el causante de la alta Demanda Química de Oxígeno, que al ser desechada al suelo altera sus propiedades fisicoquímicas con un efecto negativo en la producción de los cultivos y en caso de ser liberado a los cuerpos marinos genera un desequilibrio del oxígeno causando una reducción de la vida acuática y así bautizándose como el contaminante principal de la industria láctea (Aider *et al.* 2009).

Uno de los primordiales factores en el reuso del lactosuero es la generación de subproductos nutritivos, por su alta concentración de nutrientes que presenta aproximadamente: 25 por ciento de proteínas de la leche, 8 por ciento de materia grasa y 95 por ciento de lactosa (Revilla, 1996). A su vez durante la elaboración de quesos, al menos el 50 por ciento en peso de los nutrientes de la leche se quedan en el lactosuero (Muset *et al.* 2017). Sin embargo, las pequeñas plantas procesadoras de queso, desconocen el cómo aprovechar el lactosuero al mezclarlo con otros productos, ya que, a pesar de ser escaso en sólidos, esta puede ser fortalecido para un mejor aprovechamiento de sus propiedades (Londoño *et al.* 2008).

En referencia a los alimentos funcionales Casavilca (2014), nos indica que el ingerir alimentos con características bioactivas proveniente de alimentos naturales que fortifiquen la salud es una tendencia que viene creciendo, en consecuencia el mercado de productos prebióticos, probióticos y/o simbióticos como en el caso del yogurt va incrementándose; ya que los consumidores eligen mejorar su alimentación con el fin de salvaguardar su estado de salud. Dentro de los productos andinos revalorados está el yacón, debido a sus propiedades medicinales, pero que son muy poco empleados por el desconocimiento de sus propiedades prebióticas para la salud, como en el caso de los fructooligosacáridos (FOS).

Los FOS son azúcares lentamente metabolizados en el tracto gástrico y contribuyen pocas calorías al organismo. Esta peculiaridad le hace interesante para ser considerado como un alimento funcional en vista que elevan el nivel de glucosa en la sangre, además soportan la hidrólisis de las enzimas del estómago (Pazmiño, 2014). Actualmente existen trabajos concernientes a bebidas probióticas y derivados de yacón; sin embargo, investigaciones de yacón en bebidas fermentadas, como el yogurt, son muy escasas, por lo anterior, es de vital importancia conocer las bondades de un yogurt simbiótico donde la fuente de fructooligosacáridos y prebióticos sea el yacón, posibilitando disponer de un nuevo producto que revalore los cultivos andinos y dando uso alimentario a un despojo de la industria quesera.

Por las razones expuestas en los párrafos anteriores, se planteó las siguientes interrogantes:

1.1.1. Pregunta general

¿Cuál será el efecto de sustitución parcial de la leche por lactosuero dulce y extracto de yacón sobre las características reológicas, actividad sinérgica, características físico-químicas y sensoriales en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica?

1.1.2. Preguntas específicas

- ¿Cuál será el porcentaje adecuado en la sustitución parcial de leche por lactosuero dulce y extracto de yacón sobre las características reológicas (viscosidad) y sinéresis (capacidad de retención de agua) de una bebida láctea simbiótica?
- ¿De qué manera influyen los porcentajes de cultivo lácteo y temperaturas de incubación en la actividad sinérgica (prebiótico-probiótico) en una bebida láctea simbiótica a partir de extracto de yacón y lactosuero dulce?
- ¿Cuál será el efecto de la adición de lactosuero dulce y extracto de yacón sobre las características físico-químicas y evaluación sensorial de la bebida láctea con la mejor actividad sinérgica?

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la sustitución parcial de lactosuero dulce por leche y la adición de extracto de yacón en las características reológicas, actividad sinérgica, características Físicoquímicas y sensoriales en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica.

1.2.2 Objetivos Especificos

- Determinar el porcentaje adecuado en la sustitución parcial de leche por lactosuero dulce y extracto de yacón sobre las características reológicas (viscosidad) y sinéresis (capacidad de retención de agua) en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica.
- Evaluar la influencia de los porcentajes de cultivo lácteo y temperatura de incubación en la actividad sinérgica de la bebida láctea simbiótica
- Evaluar las características físicoquímicas y sensoriales de la bebida láctea simbiótica con la mejor actividad sinérgica.

1.3.JUSTIFICACIÓN

La innovación de alimentos es una labor esencial para el avance y mantenimiento de la agroindustria, es inevitable ampliar las líneas de producción en concordancia a los requerimientos de los usuarios para mantenerse frente a las competencias. La presente investigación busca generar una nueva alternativa para los consumidores en beneficio de su salud.

Según Vela (2020), el lactosuero de leche confiere beneficios saludables al organismo, es el medio suave además eficaz para optimar el flujo de la bilis, las deposiciones y la orina. Entre sus propiedades terapéuticas más significativas se tiene que estimular el peristaltismo intestinal, activa la eliminación de toxinas mediante los riñones, beneficia al crecimiento de los microorganismos intestinales, además de estimular y desintoxicar el hígado. Arrigoni y Zevallos (2014), indican que el acrecentamiento de microorganismos probióticos al fermentar la leche eleva las ventajas saludables, estas bacterias protegen al sistema digestivo de posibles enfermedades, ya que frena que se propaguen patógenos y reestablecen el microbiota alojado habitualmente en el colon, al mismo tiempo activa el sistema inmunológico.

Arango *et al.* (2008), indican que el yacón (*Smallanthus sonchifolius*) es un tubérculo andino dulce oportuno para persona diabéticas y para aquellos que quieran mejorar la manera de vivir. Se distingue por presentar inulina, una fibra alimenticia que contribuye al correcto tránsito digestivo, en vista que este soporta el proceso de la deglución de las enzimas del estómago para así llegar alojarse en el colon, también es fuente de prebiótico debido a que es una de las fuentes productoras de fructooligosacáridos. Comparando con otros tubérculos no conservan sus azúcares como almidón, más bien en forma de inulina.

Por estas razones el desarrollar la bebida láctea simbiótica busca la composición idónea entre el suero lácteo, derivado de la coagulación de la leche durante su proceso y la incorporación de fructooligosacáridos del yacón como prebiótico, estos harán del producto lácteo acrecentar sus funcionalidades en el cuerpo humano, asimismo, se revalora al lactosuero junto a sus componentes nutricionales los cuales son desperdiciados. A su vez, contribuye en reducir el impacto ambiental de este tipo industrias.

Asimismo, podrían brindar rentabilidad y mejoras a este tipo de industrias y actividades relacionadas con los derivados lácteos.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

En relación a las bebidas lácteas por sustitución de lactosuero Quincho (1999), investigo los parámetros óptimos en la elaboración de yogurt por sustitución parcial con leche de soya y lactosuero, donde trabajo valores de lactosuero de 1 a 3 por ciento, Leche de soya 20, 25, 30, 40 y 50 por ciento a temperaturas de 85°C, 90°C y cultivo láctico 2, 2,5 y 3 por ciento respectivamente, donde se evaluó en función a la acidez, viscosidad y análisis sensorialmente, encontrando parámetros óptimos de: 40 por ciento de leche de soya, 1 por ciento de lactosuero y pasteurizado a 90°C y 3% de cultivo. El análisis químico del producto final indicó los siguientes resultados: Humedad 0.87 g, carbohidratos 0.05 g, proteína 0.4 g, grasa 0.2 g, y fibra 0.03 g, además la acidez fue de 90°D y pH de 4,50 a 4,20; así mismo los análisis microbiológicos indicaron *Coliformes* (NMP) < 3 ufc/ml, *Mohos* y *levaduras* 10 ufc/ml. y *Salmonella* ausencia en 25 g, de igual manera las propiedades organolépticas fueron aceptables.

Igualmente Montesdeoca *et al.* (2017), diseñó una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero como sustituto de leche y distintos estabilizantes comerciales, donde trabajaron con dos factores de estudio: proporción de suero entre (10, 20 y 30) y tipos de estabilizadores a una dosificación del 0,1 por ciento, contrastando sus propiedades con un yogurt endulzado. Los tratamientos fueron evaluados en función a la sinéresis, pH, acidez, brix y consistencia además de ser evaluados organolépticamente. Los resultados indicaron que el mejor tratamiento fue de 30 por ciento de lactosuero + 0,1%, estabilizante CC-729), 4,17 de pH, 0,67% de acidez, consistencia de 3,13 cc y 15,23 brix. Finalmente, de la evaluación sensorial todos presentaron buena aceptación, además de ser iguales estadísticamente.

Con respecto a los FOS Ricaurte *et al.* (2017), elaboro una bebida láctea simbiótica a partir de suero dulce, y empleando dos tipos de fermentos lácteos. (YO-MIXTM 495), y (LAT BY 9R), los cuales fueron evaluados en función a temperaturas de incubación 42 y 37 °C durante 3:30 y 6:00 horas y una adición de 0.85 por ciento de oligofruktanos (Inulina y FOS), los factores fueron porcentaje de suero (100, 75 y 50) y la cantidad de fermento. Analizaron su proteína, fibra, bacterias ácido lácticas y coliformes, encontrando un tratamiento óptimo de lactosuero en su totalidad con el tipo de cultivo LAT BY 9R la cual contiene los siguientes índices : porcentaje de *BAL* 6×10^6 , prebióticos 0.007 g / ml, pH de 5.26 y ácido láctico 0.365.

Asimismo Chuco (2019), evaluó el efecto de adicionar extracto acuoso de maca a un yogurt simbiótico con FOS de yacón sobre sus características sensoriales, fisicoquímicas, químico proximal y microbiológicas, donde emplearon proporciones de leche, extracto acuoso de maca y extracto de yacón. Evaluaron los siguientes tratamientos: tratamiento 1 con extracto de maca al 15 por ciento 1A;(80:12:8), 1B;(77:8:15) respectivamente y tratamiento 2 con extracto de maca al 20 por ciento, 80:12:8 respectivamente para el análisis del comportamiento de las características fisicoquímicas durante 12 días de almacenamiento, hallando diferencias en el pH (1A 4.28; 1B 4.49; 2A 4.32; y la acidez (1A 87 °D; 1B 92 °D y 2A 85°D), no obstante no se presentaron diferencias respecto a densidad (1,062 g/cc) y viscosidad aparente (154.73 mPa·s). El yogurt simbiótico con mayor aceptabilidad sensorial fue la muestra 1A , esta a su vez presentó 0.85 g de agua, 0.193 de grasa, 0.03 g de proteínas, 0.002 g de fibra y 0.09 g de carbohidratos y la evaluación presento recuentos de *coliformes*, *mohos* y *levaduras* menores a 10 UFC/ml.

Por otra parte Arrigoni y Zeballos (2014), evaluó la influencia de la adición de tres proporciones de harina de maca (5, 7.5 y 10 por ciento) con cuatro tiempos de almacenamiento (7, 14, 21, 28 días) en función a la acidez, sinéresis, retención de agua y aceptabilidad general de yogurt simbiótico, donde se determinó que la bebida fermentada con harina de maca al 10 por ciento es un fluido no newtoniano plástico general con un comportamiento plástico (τ , n y k ;11.5205 Pa, 0.618 y 0.6695 Pa.s) con un porcentaje de sinéresis de 76.7 por ciento, recíprocamente, Huaripata y Bueno (2016), elaboraron un yogurt con adición de fibra a porcentajes (0.5, 1, 1.5 y 2 %), con respecto a sus características fisicoquímicas, reológicas, composición químico proximal y evaluación sensorial. Obteniéndose solidos totales de 23.2 por ciento, proteína de 0.024 g, grasa 0.025 g, fibra de 0.015 g y cenizas de 0.0081 g , un pH entre 4.37 a 4.49 ,acidez de 0.60 a 0.63 por ciento de ácido láctico y densidad de

1.06 a 1.073 con índices reológico (n) obtenidos: 0.471, 0.373, 0.363, 0.355 y 0.283, determinándolo como fluido Pseudoplástico, a su vez, la evaluación sensorial califica como aceptable.

Por lo que se refiere a la valoración del efecto sinérgico Campos *et al.* (2012), trabajo con treinta y cinco ecotipos diferentes de yacón, estas se evaluaron en función a FOS, contenido de fenoles (TPC) y capacidad antioxidante (AC) en un rango de 6.4–65 g/100 g de materia seca , 7.9-3.8 mg de ácido clorogénico (CAE)/g de MS, además el efecto prebiótico del yacón FOS se ensayó *in vivo* en conejillo de indias donde concluyeron que la dieta alta en yacón FOS promovió el crecimiento de *bifidobacterias* y *lactobacilos*, lo que resultó en altos niveles de ácidos grasos de cadena (SCFA) en el material fecal , mejora de la densidad celular y la formación de criptas en tejido ciego, demostrando los beneficios para un colon saludable.

Además, Canchanya y Munive (2019), evaluaron la actividad prebiótica *in vitro* juntos a sus propiedades funcionales, fibra dietética, sinéresis y lípidos, capacidad adsorción de agua, capacidad de hinchamiento, capacidad espumante y acidez titulable de la pulpa de calabaza, con tratamientos de tres temperaturas: 30,50 y 70°C y tamaños de partícula 250, 212, 180um simultáneamente, la actividad prebiótica se evaluó mediante recuento de unidades formadoras de microorganismos probióticos y una entérica comparándola con la inulina, para fibra dietética se realizó mediante métodos físico-enzimático y para las propiedades funcionales se utilizaron métodos de centrifugación, obteniendo resultados de actividad sinérgica *in vitro* de 1.81 por ciento, además la pulpa de calabaza fue fermentada por bacterias probióticas y contenía características fisiológicas semejantes a la inulina, así mismo, obtuvo propiedades funcionales de: fibra dietaría 38.38 por ciento, capacidad de absorción de agua 8.6ml/g, sinéresis 6.1 ml/g, capacidad de retención de lípido 5.7 ml/g, capacidad de hinchamiento 4, 7 ml/g capacidad espumante 0.29 y acidez titulable 0.21 por ciento de ácido láctico.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. LECHE

El nombre de leche es únicamente para aquella leche natural procedente de la vaca, aquella que debe ser pura, sin calostro ni adulteraciones, procedente de actividades de ordeño de vacas sanas y bien alimentadas, en caso la leche sea producida por otras hembras de animales domésticos se denominan indicando el nombre de la especie correspondiente.(Codex Alimentarios, 2011).

De acuerdo a Quincho (1999), la leche es un fluido extraído de las ubres de los mamíferos domésticos hembras, presenta una composición mixta, color claro ,de sabor dulce y con un pH próximo a la neutralidad.

2.2.1.1. Propiedades fisicoquímicas de la leche

Según Quincho (1999), la leche de vaca está compuesta por sólidos solubles diseminados y emulsionados en una proporción de 11 al 13 por ciento y agua en 87 a 89 por ciento, dentro de los sólidos constituyen las proteínas, grasa, carbohidratos, sales, enzimas y vitaminas

Tabla 1: Composición físico-química de la leche

Componentes	Promedio	Unidad
Densidad de la Leche Completa	1.032	g/ml
Densidad de la Leche Descremada	1.036	g/ml
Densidad de la Materia Grasa	0.940	g/ml
Calorías por Litro	700	Cal
pH	6.6	-
Acidez	0.16	%
Viscosidad absoluta	2.15	cP
Índice de refracción	1.35	-
Punto de Congelación	-0.55	°C
Calor específico	0.93	Cal/g°C

FUENTE: Gómez (2005).

a. Densidad

De acuerdo con Viera (2013), la densidad tiene relación con la combinación de sus diferentes compuestos nutricionales ,para los cuales nos indica los siguientes valores: 1.00 g/ml con el agua, 0.93 g/ml para la grasa, 1.35 g/ml para la proteína, 1.67 g/ml en el caso de la lactosa, 5.5.g/ml en los minerales y con solidos no grasos 1.62 g/ml. Uno los métodos para hallar la densidad de la leche son por medio de su gravedad especifica, las cuales al medirse con un lactodensímetro a una temperatura de 15°C se debe sumar o restar un factor de corrección de 0.0002 por cada centígrado leído ya sea mayor o inferior al rango máximo (Gómez, 2005).

Por otra parte para Olazábal y Ticona (2019), declara que la densidad es una medida de control de calidad más importantes en la leche fresca, esta técnica sirve para detectar posibles adulteraciones proveniente de la agregación de agua o separación del contenido graso ,tambien, es dependiente por la temperatura, siendo la razón por la que su lectura se toma siempre a una temperatura de 15 ° C y en algunos casos 20 °C.

b. pH

Tambien conocido como potencial de hidrogeniones, la cual se halla calculando el logaritmo de la inversa de concentración de iones hidrogeno. Cuando el hidrogeno presenta una concentración entre 10^{-1} a 10^{-7} corresponde a un medio acido a pH entre 1 a 7, en caso los iones hidrogeno presentasen una concentración alrededor de 10^{-7} a 10^{-14} , incumbe a un medio básico a pH entre 7 a 14, se dice que tiende a la neutralidad cuando el pH es igual a 7 (Gómez, 2005). Dichas diferenciaciones son dependientes del grado de inocuidad de la leche y aquellas bacterias encargados de realizar la fermentación.

El “*INTERMEDIATE TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP*”-ITDG (1998), denomina al pH como la acidez activa de una leche estándar variando entre 6.2 y 6.8 aunque la mayoría de este tipo de alimento presentan un pH entre 6.4 a 6.6, resultando ser el calostro más ácido que la leche, además cuando la leche viene de vacas enfermas genera una concentración más elevada, tendiendo al pH de la sangre.

c. Acidez

La leche entera presenta una acidez titulable resultante de cuatro reacciones, de las cuales las dos primeras tienen una acidez natural propia de la leche cruda que son causadas por: acidez de la caseína anfótera que constituye las 2/5 partes de la acidez original, acidez de las sustancias minerales, CO₂ y de ácidos orgánicos, completando las otras 2/5 partes de acidez y la tercera reacción es causada por fosfatos que constituyen las 1/5 parte de la acidez. Por último, la cuarta reacción corresponde a la acidez desarrollada en la leche por acción microbiana (Pinto, 2013). La evaluación de la acidez de la leche es primordial ya que nos ayuda determinar el nivel de alteración de la leche. Según Rodríguez (2019), la leche entera por lo general se encuentra en rangos de acidez de 0.14 a 0.17 por ciento, pudiendo variar entre el 0.10 y 0.30 por ciento debido a que los componentes naturales que contribuyen con la acidez son los fosfatos 0,09 por ciento y las caseína 0,05 – 0,08 por ciento, asimismo, valores menores al ratio mínimo de acidez son

indicadores que la leche proviene de mamíferos domésticos enfermos con mastitis, a su vez esta aguada y con antibióticos, por otra parte, si el rango de acidez excede nos indica que la leche ha sido contaminado con microorganismos alterantes.

d. Viscosidad Absoluta

Esta propiedad reológica de la leche nos indica la capacidad que se resiste la deformación de este líquido, siendo dependiente de la constitución del fluido, la temperatura, estado físico de las sustancias coloidales y su cantidad de materia grasa. La leche presenta mayor viscosidad que el agua, debido a las proporciones de materia grasa en emulsión y su contenido de proteínas inicialmente. El rango de viscosidad fluctúa entre 1.7 a 2.2 centipoises, siendo la leche natural la más alta con 2.2 y seguido por la leche descremada con 1.2 (Pinto, 2013).

e. Índice de Refracción

El índice de refracción muestra el fenómeno de la desviación de la luz al momento de traspasar el aire e incide sobre la leche, sus valores oscilan entre 1.3440 a 1.3485, obteniéndose como el resultado de la suma de los índices de refracción particular de los solutos y del agua, una metodología para detectar casos de fraude alimenticio es por el método el índice de refracción que consiste en la viración de color y del valor de manera consecuente (Gómez, 2005).

2.2.1.2. Aspectos Nutricionales

La constitución de la leche establece la calidad nutritiva y esta depende de la raza, alimentación, edad, etapa de lactación, época del año y método de ordeño. El agua es su componente mayoritario, secuentemente estan las grasas (ácidos grasos saturados y colesterol), proteínas (caseína, lacto albúminas y lacto globulinas) y carbohidratos (lactosa), también contiene moderadas cantidades de vitaminas (A, D y vitaminas del complejo B, especialmente B2, B1, B6 y B12) y minerales como; fósforo, calcio, zinc y magnesio (Mojica y Hernández, 2008).

Tabla 2: Características fisicoquímicas de la leche

Componente	Rango	Promedio(%)
Agua	79.00 – 90.5	87
Lactosa	3.50 – 6.00	4.9
Grasa	2.20 – 8.00	3.9
Proteína	2.70 –4.80	3.5
Minerales	0.6 5- 0.80	0.80

FUENTE: Revilla (1996).

a. Contenido de Agua

El agua contenida en la leche fluctúa desde 79 a 90 por ciento, por lo general representa el 87 por ciento de éste. Una gran parte del agua de la leche está presente de manera libre y es usada como medio de solución, dispersión o suspensión para los otros componentes (Revilla ,1996).

b. Contenido Lactosa

El primordial carbohidrato de este fluido es la lactosa, que es un disacárido compuesto por galactosa y glucosa, siendo una sustancia con menor dulzor con respecto a la sacarosa, es el componente más estable de la leche con 4.80 a 5.00 por ciento, sintetizándose completamente en la glándula mamaria a partir de la glucosa y los ácidos grasos volátiles. Además, en la producción de quesos la lactosa permanece mayormente en el suero constituyendo la mayor parte del extracto seco (Mojica y Hernández, 2008).

c. Contenido de Grasa

Según Pinto (2013), existen más de 400 ácidos grasos diferentes en la leche de vaca, siendo el ácido palmítico el más cuantioso de los ácidos grasos saturados de 20 a 25 por ciento y los ácidos oleicos entre 30 a 38 por ciento del total de ácidos graso insaturados, además el ácido butírico presente en la leche representa un tres por ciento a comparación de los demás ácidos grasos.

La grasa desempeña funciones esenciales respecto a su valor nutricional y sensorial de la leche, tal como el sabor y ciertas propiedades físicas de la leche y sus derivados de ésta, asimismo la grasa de la leche brinda 9 cal/gr resultando útil para la asimilación de las vitaminas liposolubles.

El sabor de los productos lácteos tiene relación con el contenido graso, debido a que le confiere una buena textura y una sensación encantadora a los productos. (Revilla, 1996).

d. Contenido de Proteínas

La leche de vaca contiene entre 3 a 4.1 por ciento de proteínas que dependen de la raza, se encuentran distribuidas en caseínas, seroproteínas y compuestos nitrogenados apteicos. Estas deben cubrir los requerimientos de aminoácidos de los seres humanos y ser de alta digestibilidad y valor biológico. Asimismo, se ha definido su papel potencial como posible factor del crecimiento (Codex Alimentarius, 2011).

La proteína en la leche de vaca están presentes en un 2,50 a 3,50 por ciento, siendo el nutriente encargado de darle la coloración a la leche y formar un sistema coloidal estable agrupado al calcio, fósforo y magnesio. Está compuesto por 78 por ciento de caseína en sus formas Alfa, Beta y Kappa y proteínas séricas, 17 por ciento como Alfa y Beta lactoglobulina, inmunoglobulina y seroalbúmina y el restante de 5 por ciento de sustancias nitrogenadas proteicas tales como la urea, aminoácidos libres (Dergal, 2013).

La precipitación de la caseína se da al acidificarse la leche a un pH 4.6, por ello es considerado una proteína insoluble, siendo la parte nitrogenada en mayor proporción de la leche, sobre todo en la de vaca la cual constituye alrededor del 80 por ciento del total de nitrógeno (De la Sota, 2016).

e. Contenido de Minerales

Los minerales de la leche varían por diversos factores como la alimentación del animal, salud, raza, estación del año, etc, por ello aproximadamente la leche contiene entre 0.70 a 0.90 por ciento de diferentes minerales. Los minerales que se encuentran en mayor proporción son el K, Na, Ca, Mg, Cl, fosfatos, citratos, sulfatos y bicarbonatos, teniendo al calcio, fósforo y azufre en cantidades combinados con las proteínas. Aquellos minerales importantes de la leche son los bicarbonatos, cloruros y citratos de calcio, magnesio, potasio y sodio, teniendo al calcio como fuente esencial para garantizar un adecuado estado óseo y el crecimiento dental de los jóvenes (Dergal, 2013).

Revilla (1996), reporta que los minerales en la leche regularmente son mayores con respecto a las cenizas provenientes de este producto, esta se debe a que algunos elementos se oxidan durante la calcinación, esta variación ocurre entre 0.9 por ciento en la leche a 0.6 por ciento en las cenizas.

2.2.1.3. Tipos de leche

a. Según el contenido graso

De acuerdo al informe de la NTP de productos lácteos aprobado por INACAL (2016), el contenido graso de la leche se clasifica de la siguiente manera:

- Entera: Aquella que en su contenido presenta mínimamente entre 3 al 3.3 por ciento de grasa, otro nombre con el que se le conoce es leche completa.
- Semidesnatada: Producto obtenido por separación de la grasa mediante centrifugación, a su vez está constituida por 1.5 a 2.1 por ciento de grasa.
- Desnatada: Producto que presenta un contenido de grasa entre 0 - 0.5, también se le atribuye el término de leche descremada.

b. Según el proceso de conservación

De acuerdo a Navas y Naranjo (2009), las leches concentradas son aquellas cuyo volumen se reduce a la tercera parte del original, estas pueden conservarse durante años, y se distingue de la siguiente manera:

- Condensada: Obtenida por añadir a la leche concentrada una cantidad de azúcar equivalente al 50 por ciento de su volumen., se diferencia por conservarse mayor tiempo, a su vez es más alta en calorías e inferior valor nutritivo.
- Evaporada: Es una leche concentrada mediante evaporación de su agua, considerado un buen sustituto de la leche entera, sin embargo debe hidratarse antes de consumir.
- Pulverizada: Caracterizada por mantener porcentaje de grasas entre 1 y 2 por ciento, además de brindar un largo periodo de conservación y está compuesta por 53 por ciento de lactosa, proteínas al 40 por ciento, humedad al 3 por ciento, grasa 1-2%, minerales y vitaminas.
- Esterilizada: Producto de larga duración sometida a temperaturas de 110 a 115°C durante 30 minutos, generando la modificación del color y el sabor de la leche original.
- Fermentada: Esta clasificación se alcanza mediante acción de un fermento, obteniéndose yogur, kéfir, etc. ,usualmente presentan sabor agrio y ácido.
- Pasteurizada: La leche es llevada a una temperatura de 72°C durante 15 segundos, se caracteriza por mantener sus propiedades, pero su conservación es dependiente de ser refrigerada..

2.2.1.4. Calidad de leche

De acuerdo a la NTP 202-001-2016 aprobada por el INACAL (2016) , considera a la leche como una sustancia pura sin alteraciones y/o adulteraciones provenientes de una extracción higiénica de vacas sanas. Se presentan en las Tablas 3 y 4 las características fisicoquímicas e higiénicas obligatorias para asegurar su calidad.

Tabla 3: Requisitos fisicoquímicos de la leche de vaca NTP 201.001

Ensayo	Requisitos	Método de ensayo
Materia grasa (g/100 g)	Mínimo 3.2	NTP 202.028
Sólidos no grasos (g/100g)	Mínimo 8.2	*
Sólidos totales (g/100 g)	Mínimo 11.4	NTP 202.118
Acidez (gramos de ácido láctico/100 ml)	Mínimo 0.13 – Máx. 0.17	NTP 202.116
Densidad a 15°C (g/ml)	Mínimo 1.0296 – Máx. 1.0340	NTP 202.007 NTP 202.008
Índice de Refracción del Suero 20°C	Mínimo 1.34179	NTP 202.016
Ceniza Total (g/100g)	Máximo 0.7	NTP 202.172
Alcalinidad de la ceniza total (ml NAOH 1N)	Máximo 1.7	NTP 202.172
Índice crioscópico	Máximo -0.540°C	NTP 202.184
Sustancias extrañas a su naturaleza	Ausencia	
Prueba de alcohol al 74% v/v	No coagulable	NTP 202.030
Prueba de la reductasa con azul de metileno	Mínimo 4 horas	NTP 202.014

NOTA : *Por diferencia de sólidos totales y materia grasa

FUENTE: INACAL (2016).

Tabla 4: Requisitos microbiológicos de la leche de vaca NTP 202.001

Requisitos	M	N	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aerobios <i>mesófilos</i> viables/ml	500 000	1 000 000	ISO 4833
Numeración de Coliformes /ml	100	1 000	ISO 4831

NOTA: M: mínimo aceptable; N: máximo permisible

FUENTE: INACAL (2016).

2.2.2. LACTOSUERO

El suero lácteo es el líquido de color amarillento claro apartada de la desintegración de las caseínas y/o cuajada durante la elaboración del queso y mantequillas, presenta cerca del 90 por ciento del volumen de la leche, constituido en su por lactosa, proteínas hidrosolubles y grasa. Su composición es dependiente de las características de la leche y circunstancias en la que el queso fue elaborado (Amiot, 1991 y Vela, 2020).

Mojica y Hernández (2008), mencionan que el lactosuero representa una mezcla significativa de proteínas que tienen extensas propiedades funcionales físicas y químicas, entre otros beneficios tienen la capacidad de ayudarnos a conservar la salud y evitar ciertas enfermedades, de las cuales las proteínas lácteas se parten en dos grandes grupos: por una parte están las caseínas, que constituyen 80 por ciento del total y las seroproteínas que contaba el porcentaje faltante.

Quincho (1999), afirma que al momento de emplear suero, es obligatorio añadir el cultivo por encima del 2.6 por ciento, esto con el objetivo de optimizar el aspecto general del yogurt, a su vez, hay una probabilidad que la viscosidad del yogurt es dependiente del porcentaje del suero y la temperatura del pasteurizado.

2.2.2.1. Tipos de Lactosuero

Campos (2019), indica que la composición del suero lácteo va depender de los siguientes factores; la leche, el tipo de queso elaborado, el proceso tecnológico empleado y el pH al que el suero es extraído de la cuajada. De estas diferencias podemos se puede distinguir tipos fundamentales de lactosuero:

a. Lactosuero Ácido

Es producido en su mayoría en la fabricación de caseína al adicionarle un ácido, la cual es la encargada de realizar la coagulación. Otra forma de producción de manera minoritaria, proviene de la precipitación de la caseína a través de la siembra de bacterias lácticas en la producción de quesos de pasta fresca y blanda (Vela, 2020).

b. Lactosuero Dulce

Se consigue como subproducto de la elaboración de quesos duros, semiduros y de ciertos quesos de pasta prensada, se obtiene por acción de enzimas coagulantes sobre la caseína de la leche utilizando como insumo principal cuajo, quimiocina o cuajos de hongos o vegetales. El pH debe estar en el rango de 5.8 – 6.6, de acuerdo a las normas del Codex alimentarius (Muset *et al.* 2017).

Quincho (1999), reporta que el suero dulce es el más considerable al ser empleado en la industria debido a su contenido promedio de 63 a 67 gr de materia seca por litro, de estos entre 45 a 50 gr son lactosa, 7 a 9 gr proteína, 6 a 8 gr sales y 1 a 2 gr es de grasa.

c. Lactosuero Salado

Martínez y Hernández (2008), nos indican un tercer tipo de lactosuero el cual es el suero salado cuya diferencia es la adición de sal a la leche o al mismo suero durante el proceso de elaboración del queso.

2.2.2.2. Composición de Lactosuero

Tabla 5: Características fisicoquímicas del Lactosuero

Tipos de Coagulación	Tipo de Suero	Ejemplo de Quesos	Acidez Titulable (g ácido Láctico/l)	pH	Densidad (kg/m³)
Enzimática	Dulce	Cheddar,Mozarella ,Quesos duros y semiduros	1 - 2	5.8 – 6.6	1.17
Mixta	Acido	Cottage,Crema	4 -6	4 – 5.2	1.031

FUENTE: Montesdeoca *et al.* (2017).

El lactosuero se constituye en su mayoría por: agua al 94-95 por ciento, y compuestos hidrosolubles tales como: lactosa 4.9 por ciento, proteína cruda 0.9 por ciento, cenizas 0.6 por ciento, grasa 0.3 por ciento y ácido láctico con 0.2 por ciento. La fracción proteica está constituida por lacto globulina, lacto albúmina, inmunoglobulinas, proteasa peptona, enzimas nativas, urea, creatina, ácidos Nucleicos y amoniaco. La acidez es variable 5.0 a 5.8. (Mojica y Hernández, 2008).

2.2.2.3. Valor nutritivo del Suero Dulce

Parra (2009), afirma que no utilizar el lactosuero como alimento es desaprovechar la enorme cantidad de nutrientes, en vista que posee un poco más del 25 por ciento de las proteínas de la leche, cerca del 8 por ciento de grasa y un 95 por ciento de lactosa. Se estima que la mitad de los nutrientes de la leche permanecen en este líquido tal como se muestra en la Tabla 6.

El valor nutritivo del suero es elevado en algunos aspectos, la mayor parte de la lactosa y los minerales persisten en el suero dulce mas no en el suero ácido. Las personas que no cuentan con capacidad para hidrolizar azúcares presentan una intolerancia a la lactosa debido a que el 73 por ciento de los sólidos del suero es lactosa estos pueden hacer una combinación muy nutritiva con los alimentos siempre y cuando se utilicen en niveles de 3 a 10 por ciento de sólidos (Parra, 2009).

Tabla 6: Distribución Potencial de los Componentes de la Leche y el Suero Dulce

Queso (20% de la leche)	Suero lácteo (80% de la leche)
93% de la grasa	7% de la grasa
74% de la proteína	6% de la proteína
5-10% de la lactosa	90-95% de la lactosa
50% de los sólidos minerales	50% de los sólidos minerales

FUENTE: Revilla (1999).

Tabla 7: Composición de Lactosuero (%)

Componentes (g/l)	Suero Ácido	Suero Dulce
Sólidos totales	5.20	6.50
Proteína (N*6.38)	0.60	0.80
Nitrógeno no Proteico	27.00	22.00
Lactosa	40.0	47.0
Materia grasa	30	50
Calcio	1.6	0.6
Fósforo	1.0	0.7
(% total)	0.15	0.75

FUENTE: Dergal (2013).

a. Lactosa

Es el carbohidrato y a su vez el componente mayoritario del suero lácteo seguido del agua, representa aproximadamente el 70 por ciento de los sólidos totales y junto a la presencia de otros nutrientes. Presenta un beneficio dietético esencial ya que forma la base de todos los productos destinados a sustituir la leche materna, aportan 4 kcal/g como todos los azúcares y cumple la función de estabilizar el pH intestinal, dando lugar a una mejor síntesis digestiva del calcio y fósforo (Muset *et al.* 2017).

Parra (2009), menciona que el suero dulce es comúnmente utilizado como suplemento nutricional en fórmulas infantiles, la industria farmacéutica y en la producción de derivados de la lactosa tales como: lactulosa, lactitol, ácido lactobiónico, lactosil urea, galacto-oligosacáridos y lacto sacarosa., debido a que comparado con otros carbohidratos es de baja solubilidad y dulzura, a su vez también, es considerado fuente de energía dentro de las funciones que refiere al crecimiento, desarrollo y nutrición.

b. Proteínas Solubles

Revilla (1996), los considera como componente de mayor grado nutricional, representa en promedio el 12 por ciento de los sólidos totales en el suero, mostrando propiedades químicas, físicas y funcionales muy adecuadas para ser utilizadas en alimentación, medicina y farmacología, estas difieren por tipos de proteínas, siendo la β -lactoglobulina su primordial componente muy cercano del 50 por ciento y α -lactoalbúmina con 20 por ciento de las proteínas solubles del suero; también contiene otras proteínas como inmunoglobulinas, seroalbúmina bovina y otras trazas como la lactoferrina, lacto peroxidasa, y los glicomacropéptidos.

Por otro lado, se pueden destacar sus características funcionales ya que su valor es superior a la de la albumina, lo que las convierte en un interesante suplemento alimenticio, destacando su capacidad de solubilidad en medio ácidos, capacidad para captar agua, capacidades emulsionantes y espumantes. Al mismo tiempo, disponen de buenas características para acrecentar la viscosidad.

Tabla 8: Propiedades Funcionales de las Proteínas de Lactosuero

Tipo de componente	Componentes individuales	Propiedades	Usos	
Proteínas mayoritarias	β -Lactoglobulina	Estabilizantes de espumas	Confitería, panadería, embutidos	
	α -Lactoalbúmina	Propiedades gelificantes	Formulas infantiles y nutracéuticos	
	Seroalbúmina bovina	Espumante	Productos como merengue	
	Inmunoglobulinas	Emulsionantes		
		Enlaces con lípidos		
		Composición en aminoácido		
Afinidad por receptores glicosilados			Alimentos funcionales	
	Efecto inmunoregulatorio			
Proteínas minoritarias	Lactoferrina	Actividad antimicrobiana	Farmacéutica	
	Lactoperoxidasa	Efecto bactericida	Fórmulas infantiles	
	Factores de crecimiento (GFs)	Promotores de utilización de hierro	Aplicaciones nutracéuticas	
	Péptidos bioactivos	Actividad antihipertensiva	Ingredientes bioactivos e suplementos alimentario	
	Caseinmacropeptidos	Actividad antitrombótica, antienvjecimiento	Cuidado de la piel y salud bucal	

FUENTE: Muset *et al.* (2017).

c. Minerales y Vitaminas

El suero lácteo es fuente de potasio, calcio, fósforo, sodio y magnesio. Se halla en forma altamente ionizada y proporcionan condiciones electrostáticas que estabilizan las proteínas del suero. Contiene adicionalmente complejo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico y cobalamina) y Vitamina C. Estos nutrientes son significativos en las dietas alimenticias para el desarrollo de infantes, por su contribución al desarrollo y fortalecimiento de la estructura ósea y tejido (Muset *et al.* 2017).

2.2.2.4. Lactosuero como Contaminante.

Viera (2013), reporta que en promedio de ocho a nueve litros de suero son arrojadas al ambiente debido aproximadamente por cada 10 litros de leche procesada, el suero desperdiciado con un alto contenido de nutrimentos como proteína y lactosa al ser arrojadas al ambiente se convierte en un potencial contaminante a causa de la materia orgánica que contiene, inclusive al desecharse llega a ríos y suelos ocasionando la alteración de los ecosistemas.

2.2.2.5. Principales usos de Lactosuero

Mojica (2008) y Campos (2019), mencionan las siguientes actividades o procesos para la reutilización del lactosuero dulce.

- a. **Propagación de inóculos en queserías:** Empleado para la conservación y prolongación de bacterias lácticas (*Lactobacillus*, *Leuconostoc* y *Streptococcus*)
- b. **Producción de ácido láctico con bacterias lácticas:** Se trabaja con suero desproteínizado alrededor de 85 y 90 por ciento de lactosa que es transformada en ácido láctico en 24 hrs, cuya concentración esta de 1 a 2 por ciento en 100 g de materia seca.
- c. **Bebidas fermentadas:** Dentro de estas se tienen: Productos derivados de la fermentación del suero (kumis, kéfir), productos probióticos (*Lactobacillus GG*) y bebidas saborizadas con jugos de frutas o hierbas.
- d. **Jarabes de suero:** Compuesta por (glucosa + galactosa), usado como materia prima en varios alimentos con una concentración entre 60-70 por ciento de sólidos. Estos jarabes no se cristalizan, son usados como sustitutos de sólidos de leche y azúcar, en helados, confitería, aderezos, productos de panadería, yogur, productos lácteos endulzados, etc.

2.2.3. YOGURT

De acuerdo al Codex (2018), el yogur es una leche cuajada obtenida por fermentación de la lactosa en ácido láctico, procedente por *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, del lácteo pasteurizado, con o sin adiciones (de leche en polvo, azúcar, etc.).El producto final cuenta microorganismos viables, activos y abundantes.

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana N° 202.092.2014, el yogurt es el producto obtenido de la coagulación de proteínas de la leche y su acidificación, por medio de la acción de fermentos lácticos

de las especies *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, realizándose un tratamiento térmico previo a la fermentación (INACAL, 2014) .

De acuerdo a la definición de Mojica y Hernández (2008), el yogur es una bebida láctea fermentada conseguida por la multiplicación de dos bacterias lácticas específicas asociadas, estas bacterias acidolácticas se cultivan en leche previamente pasteurizada, posterior a la fermentación el yogur se enfría a una temperatura entre 1-10°C. Según la clasificación de las leches fermentadas, el yogurt o leche acidificada es de fabricación industrial estrictamente controlado.

2.2.3.1. Beneficios del Yogurt

Arévalo (2015), menciona que los beneficios del consumo de yogurt suministrados al ser humano son de gran interés no solo por sus propiedades nutricionales, sino también a su efecto favorecedor sobre las paredes estomacales que otorga mayor resistencia a enfermedades gástricas.

Los beneficios más importantes del yogurt según reporta Aisa (2011) y Arévalo (2015), son: la regeneración y fortalece el desarrollo de la flora intestinal., acarrear funciones antisépticas y antibióticas, complementa al desarrollo y fortalecimiento de los huesos, estimula las defensas contra las infecciones, reduce los problemas de intolerancia a la lactosa y ayuda en la prevención de algunos tipos de diarrea.

2.2.3.2. Clasificación de Yogurt.

El yogurt es uno de los productos más sonados de la mayoría de los derivados lácteos de vaca, puede ser obtenido naturalmente o con la adición de sustancias tales como; azúcar, frutas, colorantes, entre otros agentes. Olazábal (2019), establece que el yogurt se cataloga de la siguiente manera:

- Tipo I: Aquellos que se elabora mediante la utilización de la leche entera.
- Tipo II: Aquellos donde se manipula la leche descremada o semidescremada.
- Tipo III: Se utiliza la leche descremada o desnatada.

a. De acuerdo con los ingredientes que se utiliza .

La directiva de leches y productos lácteos aprobada por el CODEX (2011), establece la siguiente categorización;

- Azucarado: Se añaden sustancias comestibles conocidas como glucosa o sacarosa.
- Natural: No es necesario la adición de algún tipo de endulzantes, colorantes o saborizante.
- Con fruta: Son aquella donde su composición contiene pulpa de fruta, trozos de fruta natural o zumo de fruta.

- Edulcorado: Aquellos yogures cuyo azúcar es sustituido por edulcorantes, por lo general se usan sorbitol y sacarina.
- Saborizado: Aquel donde a los productos son añadidos saborizantes.
- Bebidas a Base de Yogurt; Son obtenidos mediante la mezcla de leche fermentada con agua potable con o sin la adición de otros ingredientes como el suero, demás ingredientes no lácteos y saborizantes, La bebida fermentada en base a yogurt contiene leche fermentada al menos de 40% (m/m).

b. Según el proceso de elaboración se clasifican en:

La NTP 202.092-2014 aprobada ante INACAL (2014), menciona la clasificación del proceso de elaboración:

- Yogurt batido: Obtenido por traspaso de la leche pasteurizada, mediante el uso de tanques de incubación, produciendo en ellos la coagulación.
- Yogurt Aflanado: Leche pasteurizada y envasada seguidamente después de la inoculación dando como consecuencia la coagulación dentro del envase.
- Yogurt Bebible: Se realiza al igual que el yogurt batido, con la diferencia que en el envasado es sometido a una agitación para romper el coágulo y lograr una forma líquida.

2.2.3.3. Calidad del Yogurt

Según el Reglamento de Productos Lácteos MIDAGRI (2017), una bebida láctea debe cumplir con los requisitos señalados a continuación:

Tabla 9: Requisitos Fisicoquímicos

Requisito (g/100g)	Yogurt entero	Yogurt parcialmente descremado*	Yogurt descremado**
Materia grasa Láctea	Mínimo 3	0.6 – 2.9	Máximo 0,5
Sólidos no grasos Lácteos	Mínimo 8.2	Mínimo 8.2	Mínimo 8.2
Acidez, expresada en % de ácido láctico	Mínimo 0.6	0.6-1.5	0.6-1.5
Proteína Láctea (N*6.38)	Mínimo 2.7	Mínimo 2.7	Mínimo 2.7

Nota:*Elaborado a base de leche Entera (Codex) /**Elaborado a base de leche Descremada y Parcialmente Descremada(NTP 2002.092)

FUENTE; MIDAGRI (2017).

Tabla 10: Requisitos de Identidad

Requisito	Unidad	Recuento
<i>Bacterias lácticas totales</i>	UFC/g	Min 10 ⁷
<i>Microorganismos Etiquetados</i>	UFC/g	Min 10 ⁶

FUENTE; MIDAGRI (2017).

Tabla 11: Requisitos Microbiológicas

Requisitos	N	m	M
<i>Coliformes</i> (UFC/g ó mL)	5	10	100
<i>Mohos</i> (UFC/g ó mL)	2	10	100
<i>Levaduras</i> (UFC/g ó mL)	2	10	100

NOTA:N=n° muestras ;m:Mínimo de UFC permisible / Máximo de UFC permisible

FUENTE; MIDAGRI (2017).

2.2.3.4. Defectos en la elaboración del Yogurt

Según Canchohuaman y Ladera (2010), los defectos más comunes durante la elaboración del yogurt son:

- a. **Baja viscosidad:** Originado por bajo contenido de proteínas en la leche, agitación excesiva, un pH mínimo y destrucción del cuajo durante da acidificación.
- b. **Sabor amargo:** La causa más frecuente se debería a un excedente o deficiente adición del cultivo.
- c. **Granulado:** Las características granuladas son causadas por una temperatura de incubación muy alta
- d. **Sabor desagradable:** Se deben a un tiempo alargado de enfriamiento, temperatura de refrigerado elevada y adición cultivo excesiva..

2.2.4.1. Bacterias Acidolácticas

Son aquellas bacterias encargadas de la producción de ácido láctico como producto principal de su fermentación, tienden a ser bacterias homofermentativas, su medio de crecimiento se halla en ambientes naturales y en la leche.

a. *Lactobacillus bulgaricus*:

Bacteria que produce el ácido láctico y se desarrolla a una temperatura entre 42 y 45 °C, provoca en la leche que su pH disminuya, se estima que puede producir hasta un 2.7 por ciento de ácido láctico. Así mismo es considerado una bacteria proteolítica, en vista que producen hidrolasas que liberan aminoácidos como la valina. Esta es una característica de gran importancia, ya que favorece el desarrollo del *Streptococcus thermophilus* (Cocha, 2011).

Gösta (2003), reporta que *L. bulgaricos* es el causante del aroma característico del yogurt, ya que ayuda a la hidrólisis de las grasas y así libera ácidos grasos y cantidades de acetaldehído.

b. *Streptococcus thermophilus*:

Es una bacteria láctica Gram positiva, anaerobia facultativa, inmóvil, que trabaja a temperaturas entre 37-40 °C aunque es posible que resista hasta 50 °C o incluso llegar a los 65 °C, por periodos cortos de tiempo (30 minutos aproximadamente). Es de gran importancia en la industria de los lácteos debido a que utiliza los azúcares de la leche como sustrato para crear productos de fermentación, siendo el ácido láctico el primordial y teniendo mayor poder de acidificación que los lactobacillus (Cocha, 2011). En adición Gösta (2003), menciona que *S. thermophilus* es inicialmente más activo en la producción de ácido láctico que *L. bulgaricos*.

2.2.4.2. Sinergismo de las Bacterias ácidolácticas

Tanto *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* tienen requerimientos nutricionales que son suplidos por la leche; su fuente de energía es la lactosa ya que la transforman en ácido láctico conjuntamente, durante el metabolismo de las bacterias lácticas, se producen otros metabolitos que son los causantes del aroma característico del yogurt; entre ellos tenemos: el acetaldehído, diacetilo y la acetona, así mismo, se obtienen ácidos volátiles, tales como: fórmico, acético, propiónico, butírico, isovalérico y caproico, los cuales sinérgicamente con los metabolitos mencionados originan el aroma característico del yogurt (Gösta, 2003).

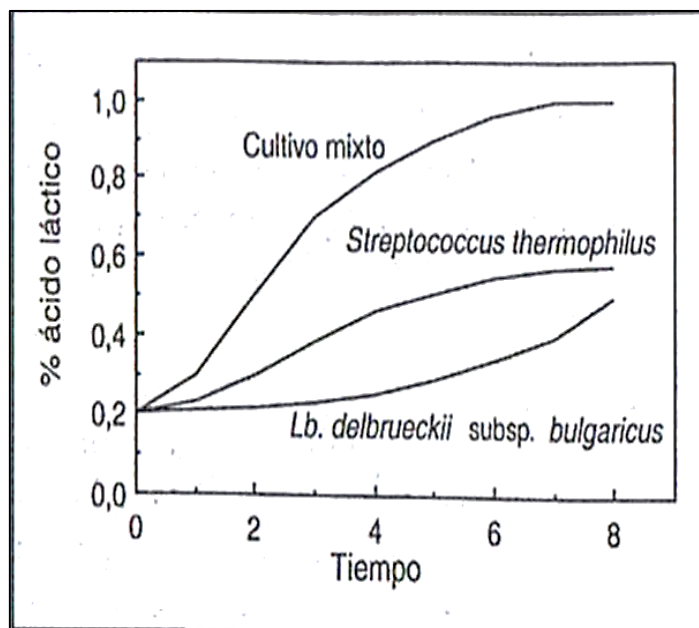


Figura 2: Velocidad del desarrollo de la acidez.

FUENTE: Gösta (2003).

2.2.5. PROBIÓTICOS

De acuerdo con la FAO (2006), son aquellos cultivos puros o su mezcla, cuyos aplicados en seres humanos en cantidades adecuadas aportan efectos benéficos al ser humano. Mazza (2006), amplió la definición al decir que los probióticos son suplementos alimenticios para la alimentación de los seres humanos, contienen microorganismos vivos que mejoran el equilibrio microbiano en el intestino de las personas, mejoran beneficiosamente la salud de los consumidores, mediante la mejora del balance de la microbiota en el intestino siempre y sea ingerido en suficientes cantidades, de manera tradicional, los probióticos han sido adicionados al yogur y a otros productos fermentados, no obstante, últimamente se han estado utilizando para la elaboración de bebidas, así como suplementos en forma de tabletas y cápsulas.

De acuerdo a Parzanese (2014), una bacteria es considerada como probiótico siempre y cuando satisfaga los siguientes requisitos:

- Primero que nada, tiene que ser de origen humano.
- No deben ser patógenos ni presentar toxicidad.

- Deben tener resistencia durante el tránsito en el tubo digestivo y ejercer los efectos favorables.
- Tener la capacidad de resistir los efectos de la acidez gástrica.
- Deben ser capaces de aglutinarse a las células del epitelio gástrico, intestinal o del colon.
- Deben ser capaces de excluir o someter la presencia de agentes patógenos y colaborar en la formación de una flora normal equilibrada

2.2.5.1. Microorganismos probióticos utilizados.

Los probióticos agrupan las recientes familias de yogures fermentados con *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*, favorecen en reestablecer la microflora de las paredes estomacales. Los *Lactobacillus* tienen la capacidad de sobrepasar la valla de los jugos gástricos y alcanzan con vida el intestino donde estimulan el sistema inmunológico. Esta familia de bacterias benéficas no solo se adiciona al yogurt, también se las puede hallar en las leches y formulas maternizadas para asegurar un adecuado funcionamiento del aparato digestivo del bebé, así incrementando la resistencia a las infecciones intestinales, defendiendo al organismo de los rotavirus nocivos y evitando la gastroenteritis aguda. (Ramírez *et al.* 2011).

a. *Bifidobacterim bifidum*:

Son microorganismos que forman parte de la flora intestinal tanto de humanos como de animales, estas al parecer van desapareciendo con la edad, son utilizadas para la elaboración de productos lácteos fermentados denominados bífidos, son los causantes de la fermentación de la lactosa en condiciones anaerobias convirtiéndola en ácido láctico y acético, Por lo general las bifidobacterias suelen añadirse junto con las bacterias iniciadoras del yogur pero le atribuyen características diferentes (Cocha, 2011).

Acuerdo con, Del Castillo y Mestres (2004), la presencia mayoritaria de *Bifidobacterium* en la flora microbiana del intestino puede presentar bondades como la disminución de la presencia de bacterias patógenas o putrefactivas (*E. Coli*, *Bacteroidaceae*, *Streptococcus faecalis*), disminución de metabolitos tóxicos (amoníaco, aminos, nitrosaminas, fenoles), aumento de la absorción del calcio y frenar el estreñimiento.

b. *Lactobacillus acidophilus*:

Otro de los microorganismos probióticos significativos son los *Lactobacillus acidophilus*, estas cepas son bacterias con beneficios para la salud del hombre, se hayan naturalmente en la boca y en el tracto gastrointestinal de los seres humanos, por lo general sus pequeñas colonias varían en su forma (opaca, redonda y lisa a la aplanada, translúcida e irregular,). Las reacciones de fermentación varían, pero la mayor parte de las cepas provocan ácido y no gas (Viloché y Tito, 2019).

Los *L. acidophilus* en asociación con *L. bulgaricus*, *B. lactis* y *S. thermophilus* y en presencia de oligofruktosa, modulan la microbiota intestinal, además, estas cepas contribuyen a estabilizar la función intestinal de barrera. El consumo de un yogurt con *L. acidophilus* y *B. lactis* tiene la capacidad de reducir la densidad del *Helicobacter Pylori* en el estómago y mejora el daño del tracto intestinal ocasionada por la ingesta de antibióticos.(Mariño, Velázquez, y Barreto, 2016).

2.2.5.2. Efectos probióticos sobre la salud

Tabla 12: Efectos saludables de los probióticos mayormente empleado a nivel Industrial

Probióticos	Efecto Reportado
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Estimulación del sistema inmunológico Balance de la flora intestinal Reducción de enzimas fecales Antitumoral Prevención de distintos tipos de diarrea Prevención de constipación Control de inflamación intestinal y reacciones de hipersensibilidad en infantes con alergia a alimentos.
<i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium Spp.</i>	Mejoramiento de inmunidad contra infecciones intestinales Prevención de enfermedades diarreicas Prevención de cáncer de colon Estabilización de la mucosa gastrointestinal
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Estimulación del sistema inmunológico Balance de flora intestinal Reducción de enzimas fecales
<i>Bifidobacterium bifidum.</i>	Síntesis de vitaminas Asistente en la absorción digestión Incrementa a respuesta inmune

FUENTE: Ramírez *et al.* (2011).

De la Cagigas y Blanco (2008), mencionan que el efecto protector de los probióticos se realiza mediante 2 mecanismos:

- Antagonismo :Impide la proliferación de los patógenos y de sus toxinas ,ya que dentro del intestino existiese una competencia por los nutrientes o los sitios de adhesión.
- Inmuno-modulación ;Protege al hospedero de las infecciones, provocando un aumento de la producción de inmunoglobulinas, aumento de la activación de las células mononucleares y de los linfocitos

Para que los probióticos brinden beneficios para la salud, deben estar disponibles a altas concentraciones, normalmente 10^6 ufc/g de producto. Uno de los factores de mayor importancia para la selección de los probióticos a utilizar es su habilidad de sobrevivir en ambientes ácidos del producto y del estómago, donde el pH puede alcanzar en promedio 1.5. ya que los probióticos producen otros ácidos, como el ácido cítrico y el ácido hipúrico, así mismo las bacterias ácido lácticas producen peróxido de hidrógeno, diacetilo y bacteriocinas como sustancias antimicrobiales. (Mariño *et al.* 2016).

2.2.6. PREBIÓTICOS

Acuerdo con la FAO (2006), los prebióticos cuentan con la capacidad de activar bacterias beneficiosas en el intestino de su huésped. Se definen como elementos no digeribles de los alimentos los cuales afectan beneficiosamente a su hospedero para así estimular de manera selectiva el desarrollo de una de las especies de bacterias que se encuentran ubicadas en el colon con el objetivo de mejorar la salud de su huésped.

El concepto de prebiótico fue propuesto por Gibson y Roberfroid en 1995 citado por Arévalo (2015), en la cual acuño este término a los ingredientes poco digeribles de la comida que causan el crecimiento y la actividad de un número limitado de especies bacterianas de una manera selectiva. Esta definición fue modificada gracias a los estudios de Gibson *et al.* (2017), donde se define como un sustrato selectivo para los microorganismos huéspedes los cuales son beneficios para la salud, estos sustratos sirven como nutrientes para la microflora, no deben ser metabolizados ampliamente, además, deben provocar un metabolismo inclinado hacia bacterias promotoras del buen estado de salud del hospedador. Los alimentos considerados prebióticos generan cambios muy beneficiosos para el microbiota intestinal provocando el incremento de los lactobacillus y

bifidobacterias. Siendo una fuente para estas bacterias en su mayoría probióticas y generando de esta forma un ambiente saludable y un pH óptimo (de las Cagigas y Blanco, 2008).

2.2.6.1. Requisitos de los Prebióticos

De acuerdo a Tonello (2012), los requisitos que deben cumplir las sustancias para ser definidas como prebióticos son:

- Ser de origen vegetal.
- Ser un sustrato capaz de modificar o la microbiota colónica y tornarla saludable.
- Ser no hidrolizables, absorbibles, ni alterables durante su tránsito por el estómago y el intestino delgado.
- Ser aprovechado como sustrato fermentable para uno o varios grupos de las bacterias colónicas.
- Fermentación selectiva , estimulante del crecimiento y la actividad de microorganismos colónicos.

2.2.6.2. Clasificación de los Prebióticos

Son esencialmente los fructo y galactooligosacáridos (FOS Y GOS), también se incluyen a la fibra dietética, las cuales de las Cagigas y Blanco (2008), las describen como el citoesqueleto de los vegetales, un elemento aparentemente inerte capaz de ser fermentado por algunas bacterias pero no desdoblada por las enzimas digestivas por lo que resulta absorbible. Entre los prebióticos más conocidos que dan un valor añadido a los alimentos están en la siguiente Tabla:}

Tabla 13: Sustancias Propuestas como Prebióticos

Sustancias	Indigerible	Fermentable	Selectivo
Inulina	Si	Si	Si
Oligofruktosa	Si	Si	Si
Galactosacarido	Si	Si	Si
Lactulosa	Si	Si	Si
Isomalto-	En parte	Si	Probable
Oligosacáridos			
Lacto sacarosa	No demostrado	Si	Probable
Continuación			
Xilooligosacaridos	No demostrado	Si	Probable
Oligosacáridos de soja	Si	Si	No demostrado
Glucooligosacáridos	No demostrado	No demostrado	No demostrado
Oligodextranos	No demostrado	No demostrado	No demostrado
Ácido glucónico	No demostrado	No demostrado	No demostrado
Gentío oligosacáridos	No demostrado	No demostrado	No demostrado
Oligosacáridos de pectina	Si	No demostrado	No demostrado
Galactomanano	Si	No demostrado	No demostrado
Lactosa	No	Si	No
Hemicelulosa	Si	No	No
Almidón resistente	Si	Si	No demostrado
N-Acetil-chito oligosacáridos	No demostrado	No demostrado	No demostrado
Polidextrosa	No demostrado	No demostrado	No demostrado
Alcohol azúcares	Variable	No demostrado	No demostrado

Fuente: Ortiz (2017).

2.2.7. Fructo-oligosacáridos (FOS)

Bernal, Díaz, y Gutiérrez (2017), consideran como sustancias de mayor solubilidad que la inulina y presentan un dulzor parecido al azúcar. En este grupo se encuentran de manera natural la achicoria (inulina), la alcachofa, el espárrago, el ajo, entre otros que existe deficiencia en su investigación. Además estimulan el crecimiento de microorganismos beneficioso y por su tipo longitudinal de la cadena estos oligosacáridos son capaces de promover la fermentación de otras bacterias. No obstante Gibson *et al.* (2017), en los estudios recientes mencionan que estos asumen efectos bifidogénicos y además, generan la disminución de bacterias patógenas (inhibición).

a. Inulina:

Junto con los fructooligosacáridos son los prebióticos más estudiados, son polímeros no hidrolizables que no pueden absorberse y que transitan intactamente por el estómago y el intestino delgado llegando al colon, dentro de ella solo las bifidobacterias y algunas especies de lactobacilos van a hidrolizar este tipo de sustancia y consumirlos en medio anaerobia, debido a que poseen ciertas enzimas metabólicas adecuadas, de esta manera este tipo de prebiótico está estimulando el crecimiento de la población de bacterias benéficas para la microbiota intestinal (Olagnero *et al.* 2007).

Ruiz y Ramírez (2009), mencionan que un yogurt con prebióticos mejora la viabilidad de *L. acidophilus* y del *L. casei* en el yogurt, principalmente adicionando la inulina, este fructano es mejor estimulante del desarrollo del probiótico que la maicena ya que está en bajas concentraciones son suficientes para conservar el desarrollo de los organismos probióticos en el yogurt, adicionalmente causa un incremento en su viscosidad.

b. Galactoligosacáridos

Son moléculas de galactosa y se encuentra especialmente en las legumbres, son sustancias solubles de bajo peso molecular y actúan tanto como fibra dietaria o prebiótico, es utilizado en la industria láctea como en panadería y repostería. Este tipo de oligosacáridos estimula a la bifidobacteria, y lactobacillus en grandes cantidades, también tiene influencia positiva sobre el desarrollo de microorganismos favorables y además inhabilita a los microorganismos patógenos (Gibson *et al.* 2017).

c. Lactulosa

Se obtiene por exoneración de la lactosa y forma el galactosil β -(1 \rightarrow 4) fructosa este oligosacárido tampoco es degradado antes de llegar al colon, llegando de manera intacta para su metabolismo bacteriano ,tiene como producto H₂, CH₄ y CO₂, además de ellos produce ácido dentro sus funciones en el organismo a causa de haber disminuido su pH , se le relaciona con el incremento en la producción de AGCC especialmente el ácido láctico y el ácido acético y también la inhibición de la propagación de bacterias patógenos(Gibson *et al.* 2017).

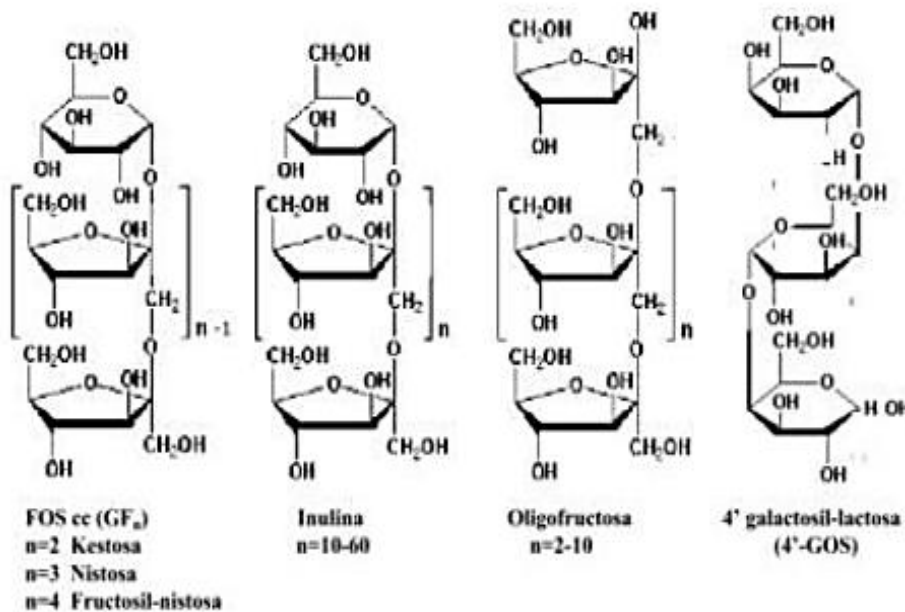


Figura 3: Estructura química de los Oligosacáridos.

FUENTE. Canchanya y Munive (2019).

2.2.7.1. Diferencias entre prebióticos y probióticos

Los prebióticos son definidos como alimentos no digeribles, sin embargo, tienen la capacidad de ser fermentables influyendo sobre el hospedero por estimulación selectiva del incremento y acción de una especie de bacterias benéficas en el colon. Contrastando con los probióticos, ellos introducen bacterias exógenas hacia los intestinos. Estos prebióticos estimulan el desarrollo preferencial de un número limitado de bacterias benéficas, dentro de ellas los *Bifidobacterium bifidum* (Prieto, 2010).

2.2.8. RELACIÓN PROBIÓTICO-PREBIÓTICO (SIMBIOSIS)

El efecto sinérgico (Probiotico-Prebiotico) está relacionada con la estimulación selectiva del desarrollo de bacterias beneficiosas para la salud con relación a las bacterias perjudiciales. Estas son conocidas como probióticas, pues, al adherirse a las paredes intestinales evitan la proliferación de otros microorganismos patógenos actuando como una barrera. Además, un efecto sinérgico de los prebióticos va a depender de que estas logren llegar al colon sin ser degradadas en el tracto gastrointestinal superior para así fermentarse en el colon produciendo ácidos Grasos de Cadena Corta(AGCC),que son favorables para la salud (Gibson y Roberfroid, 1995).

La FAO (2006), recomienda la realización de estudios *in vitro* para establecer los posibles beneficios saludables de la simbiosis de un probiótico frente a un prebiótico, estos antes de empezar ensayos *in vivo*. Estas pruebas son tales como la resistencia al ácido y la bilis, la capacidad de adherencia a las células del intestino humano, delimitar el desarrollo y adhesión de una serie de enteropatógenos de los estudios en animales han indicado efectos beneficiosos contra patógenos como *Salmonella*. Se puede utilizar cualquier de estas técnicas de acuerdo al beneficio previsto para la salud. Por otra parte de las Cagigas y Blanco (2008), complementa indicando que los ensayos para evaluar el efecto sinérgico de la simbiosis aún se encuentran poco estudiada.

2.2.8.1. Alimentos Simbióticos

De acuerdo a Mazza (2006), un alimento simbiótico está conformado por la mezcla de un microorganismo probióticos con un suplemento prebióticos, la cual tiene efecto positivo al huésped debido al aumento de la formación y sobrevivencia de los microorganismos vivos en el tracto gastrointestinal. Cuentan con un efecto sinérgico y como consecuente contribuyen a la formación de una flora bacteriana determinada para bacterias probióticas es decir favorecen el aumento de su potencialidad para desarrollar su función en el intestino grueso. Otro efecto positivo de los productos simbióticos que nos reporta Alfaro *et al.* (2003), en su libro” Microbiología Industrial”, es la disminución del pH, la cual sirve como barrera en la producción de los microorganismos que no crecen en ambientes tan ácidos, tales como *H. Pylori*, *Salmonella*, *S. Aureus*, *E.Coli* y entre otros microorganismos que pueden deteriorar el producto.

Barrantes (2016), alude que los productos simbióticos compuestos con más de una cepa probiótica por el momento es improbable diferenciarse mediante el recuento en placa, principalmente si son

del mismo género, ya que es más práctico diferenciar especies de *Lactobacillus* que de *Bifidobacterium*., representando una limitante en caso se desee diseñar un alimento multiprobiótico.

2.2.9. YACÓN

El yacón *Smallanthus sonchifolius*, pertenece a la Familia *Asterácea* y es oriunda de las regiones andinas de América latina, representa un cultivo usual del Perú, por lo común es utilizada en medicina tradicional. Su cultivo se extiende desde Venezuela hasta noroeste de Argentina, siendo en la mayoría de los casos para consumo familiar (Muñoz ,2010).

De acuerdo a Seminario, Valderrama, y Manrique (2003), el fruto del yacón corresponde a la raíz , posee un agradable dulzor y deja una sensación refrescante después de consumirlo ,dicha cualidad es debido a que las raíz de yacón en comparación con los demás tubérculos y raíces, los cuales almacenan sus hidratos de carbono en forma de almidones, el yacón los almacena en forma principalmente como Fructooligosacáridos (FOS).

El nombre científico del yacón (*Smallanthus sonchifolius*) ha recibido a través de su historia diferentes nombres como *Polymnia edulis Wedd* y *Polymnia sonchifolia Poepp. & Endl.* y así referirse al yacón en vista que en inicio el yacón se consideraba dentro de la clasificación del género *Polymnia*.(Wells, 1965). Sin embargo en el año 1978 Robinson en su investigación encontró que muchas de las especies del género *Polymnia*, dentro de ellas el yacón realmente pertenecían al género *Smallanthus*. Las diferencias entre esos géneros se refieren al patrón de estrías en las superficie del fruto (Aquenio). Actualmente el género *Smallanthus* es el más usado para identificar su taxonomía (Contreras y Purisaca , 2018).

2.2.9.1. Taxonomía

De acuerdo con Manrique *et al.* (2005), la taxonomía del yacón en sus formas *Smallanthus* (o *Polymnia*) se basan en su estructura, tamaño de las plantas y su baja accesibilidad de la mayor parte de las áreas de distribución.

El yacón es clasificado de la siguiente manera (Seminario *et al.* 2003).

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase : Magnoliopsida

Orden: Asterales

Familia: Asteraceae (Compositae)

Subfamilia: Asteroideae

Género: Smallanthus

Especie: S. sonchifolius

Nombre Común: “Yacón” o “llacón”

2.2.9.2. Zonas de cultivo en el Perú

Seminario *et al.* (2003), indica las principales zonas de producción en nuestro país según departamento: Amazonas (Utcubamba, Bongará, Chachapoyas, Áncash (Huaraz, Caraz, Yungay), Apurímac (Andahuaylas y Abancay), Arequipa (Arequipa), Ayacucho (Huamanga, Huanta), Cajamarca (Cajamarca, Contumazá, San Marcos, San Ignacio y Jaén), Cerro de Pasco (Oxapampa), Cusco (Urubamba, Cusco, Calca, Paucartambo, La Convención), Huánuco (Huánuco); Junín (Huancayo, Concepción, Jauja y Tarma), La Libertad (Otuzco, Santiago de Chuco, Sánchez Carrión), Lambayeque (Incahuasi), Lima (Pachacamac y Yauyos), Piura (Ayabaca y Huancabamba) y Puno (Sandia y Carabaya).

Las regiones de: Puno, Cajamarca, Oxapampa, Huánuco, Ancash y Junín , de todos estos nichos son las que más resaltan en la producción esta fruta según el orden presentado.

2.2.9.3. Variedades de Yacón

Huaycho *et al.* (2016), identifican las variedades de yacon, de las cuales se tienen : Morado, Amarillo y Blanco.

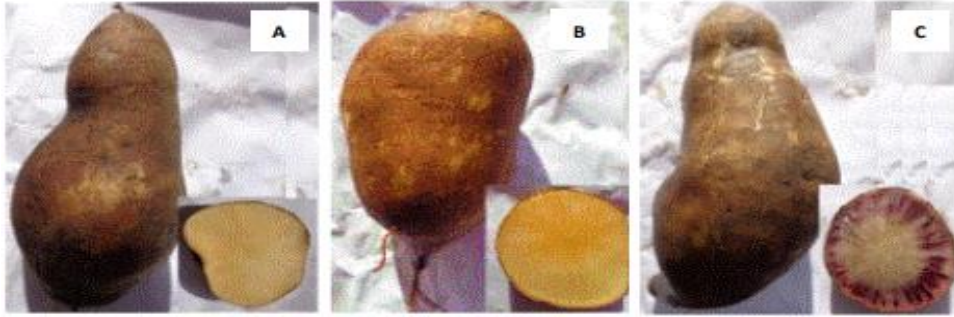


Figura 4 :Variedades de Yacón A. Variedad Blanca, B. Variedad Amarilla, C. Variedad Morada

FUENTE: Huaycho *et al.* (2016) .

2.2.9.4. Composición química del Yacón

Manrique *et al.* (2005), efectuaron estudios donde revelaron que entre el 83 y 90 por ciento del peso seco del yacón es agua, los carbohidratos representan alrededor del 90 por ciento del peso fresco de la raíz de yacón , dentro de ellas en promedio del 50 y 70 por ciento son oligofruetosacárido (FOS), y por otra entre 15 y 40 por ciento está en forma de azúcares simples: sacarosa, fructosa y glucosa.

Muñoz (2010), hace referencia que existe confusión entre el contenido de los azúcares , por una parte contiene inulina como componente principal de manera inexacta porque lo que contiene es FOS , esto es debido a la diferencia en el número de moléculas de fructosa que tiene sus cadenas, en inulina este número varía entre 2 a 60 y en cuanto a FOS presentan cadenas menores y el numero varía entre 2 y 10, por esta razón se consideran como un subgrupo de inulina razón por la cual se prefiere el termino FOS de tipo inulina. Por otra parte Zuloeta y Mejía (2016), el principal componente del yacón es el FOS (Tabla 14) un tipo de azúcar de baja digestibilidad, a su vez hipocalórica y no eleva el nivel de glucosa en sangre, que puede incluirse a la dieta de diabéticos.

Tabla 14: Cuadro de Comparación de FOS de distintas matrices vegetales

Nombre Común	Nombre científico	Familia	Órgano Utilizado	Fructano predominante	% Materia comestible
Achicoria	<i>Cichorium intybus</i> ,	Asteraceae	Raíz	Inulina	16-20
Topinambur	<i>Helianthus tuberosus</i>	Asteraceae	Tubérculo	Inulina	15-20
Dalia	<i>Dahlia sp</i>	Asteraceae	Rizoma	Inulina	6 -14
Yacón	<i>Smallanthus sonchifolius</i>	Asteraceae	Raíz	FOS	9-12
Ajo	<i>Allium sativum</i>	Liliaceae	Bulbo	Inulina	9-11
Cebolla	<i>Allium cepa</i> ,	Liliaceae	Bulbo	Inulina	2-6
Esparrago	<i>Asparagus officinalis</i>	Liliaceae	Turión	Inulina	2-3
Trigo	<i>Triticum durum</i>	Poaceae	Grano	Inulina	1-6
Plátano	Musa sp,	Mursaceae	Fruto	Inulina	0.3 - 07

FUENTE :Zuloeta y Mejía (2016).

El yacón es la única planta que contiene mayor cantidad de FOS, el resto contiene Inulina

Tabla 15: Composición Fisicoquímica del Yacon/Kg de Raíz tuberosa

Carbohidrato	Promedio
Materia seca (g)	115
Fructanos (g)	62
Glucosa (g)	3.4
Fructosa (g)	8,5
Sucrosa (g)	14
Total carbohidratos (g)	106
Proteína (g)	3,7
Fibra (g)	3.6
Grasa (mg)	244
Cenizas (mg)	5,027

<<continuación>>

Calcio (mg)	87
Fosforo (mg)	240
Potasio (mg)	2,282
ph	6.35
Acidez	0.30

FUENTE: Muñoz (2010).

Seminario *et al.* (2003), reportan que el yacón es fuente de cantidades importantes de potasio, además presentan compuestos polifenólicos procedentes del ácido clorogénico, cafeico, y varios fitoalexinas con actividad fúngica, siendo consideradas antioxidantes naturales de importancia para la salud humana.

2.2.10. FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS-FOS

Son una especie de carbohidratos de reserva conocidos como los oligofructanos, son cadenas de fructuosa que podemos encontrar junto a moléculas de glucosa. La estructura de los fructanos u oligosacáridos son por lo general abreviados como GF_n o F_n, donde G indica las unidades de glucosa y F las unidades de fructuosa. El número de unidades de glucosa/fructuosa es el grado de polimerización (DP) y pueden variar según de dónde provengan (plantas, hongos y bacterias) (Salvatierra, 2015).

Lachman *et al.* (2003), son cadenas de unidades de fructosa con una unidad de glucosa terminal unidas por enlace glucosídico β -(2 \rightarrow 1) , característica que lo define como oligosacáridos no digestibles (OND). Como consecuencia, estos no pueden ser degradados por las enzimas digestivas humanas que son específicas para uniones α -glucosídicas, de tal forma que todos los OND pueden actuar como sustratos para la fermentación por bacterias beneficiosas en el colon (*Bifidobacterium* y *Lactobacillus*), aportando energía para el crecimiento microbiano.

2.2.10.1. Clasificación de Fructooligosacáridos.

Contreras y Purisaca, (2018), reportan una gran cantidad de tipos de fructanos en la naturaleza, no obstante desde un enfoque nutricional y de uso en la agroindustria se reconocen a los FOS y a la Inulina como los más esenciales.

a. Fructooligosacaridos de alto grado de Polimerización

Los fructanos pueden diferenciarse por los tipos de enlaces característicos con la fructuosa. Los tipos inulina, son los más comunes, cuya cadena lineal de fructuosa están unidas por enlaces β -(2 \rightarrow 1) fructosil fructuosa, podemos encontrarlos en plantas como agave, chicoria, raíces de dahlia, alcachofas y yacón. Después tenemos a los lévianos que forman cadenas lineales donde las unidades de fructuosa se encuentran unidas por enlaces β -(2 \rightarrow 6) fructosil fructuosa. Este tipo de fructanos se hallan en algunas plantas monocotiledóneas y mayormente en bacterias y por último se tienen los gramíneos o mixtos, esta clase de fructanos tienen ambos tipos de enlaces β -(2 \rightarrow 1) y β -(2 \rightarrow 6) fructosil fructuosa y tiene la capacidad de presentar ramificaciones, comúnmente los encontramos en hongo. (Roberfroid ,2007).

b. Fructooligosacáridos: Inulinas de bajo grado de polimerización

Son cadenas de fructuosas (β -D-fructofuranosas), fusionadas mediante enlaces β -(2 \rightarrow 1) fructosil fructuosas. Su primer monómero de la cadena puede ser la molécula de glucosa (α -D-glucopiranosil) o una molécula de fructuosa (β -D-fructopiranosil), aunque no necesariamente este presente la molécula de glucosa (Roberfroid, 2007).

Carbohidratos

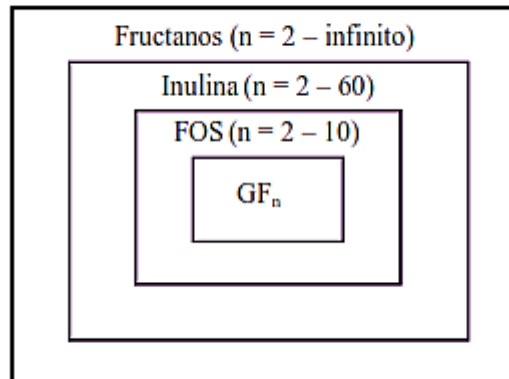


Figura 5: Clasificación de Fructooligosacáridos de bajo grado de polimerización
FUENTE: Seminario *et al.* (2003)

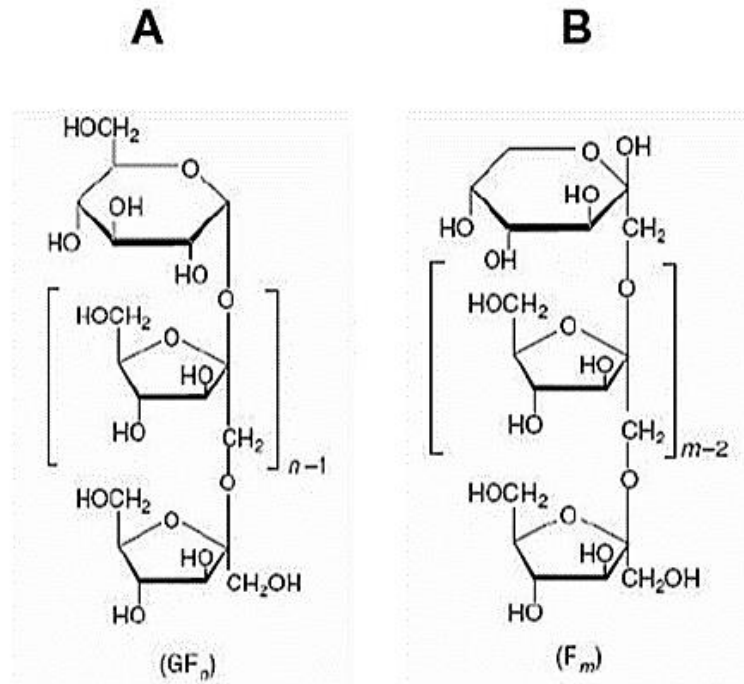


Figura 6: Estructura Química de los FOS. A con una molécula de terminal de Glucosa (FOS) / B. Con una molécula terminal de Fructuosa (Inulina)

FUENTE: Madrigal y Sangronis (2007).

De acuerdo con la (Figura 05), la diferencia consiste en el número de moléculas de fructosa en la cadena; con la inulina, este número varía con una cadena de entre 2 y 60 y por otra parte en los FOS, esta varía entre 2 y 10 moléculas de Fructosa, debido a esta composición es que los FOS sean considerados Fructooligosacaridos del tipo Inulina. (Niness, 1999 y Alvarez *et al.* 2008).

2.2.10.2. Propiedades Fisicoquímicas de los FOS

De acuerdo a Noborikawa (2016), los FOS son absolutamente solubles en agua y son bien estables en un rango de pH de 4,0 – 7,0, así tienen las capacidades de soportar temperaturas de refrigeración. Estas características hacen que los fructooligosacáridos se puedan utilizar para alterar la temperatura de congelación de los alimentos y tomar el control de la intensidad de caramelización en las comidas preparadas debido a reacciones de Maillard.

Los FOS son altamente higroscópicos y su capacidad de retener agua es mayor que la de la sacarosa e igual a la del sorbitol. Además, la viscosidad de una solución de FOS es relativamente mayor que una de sacarosa a la misma concentración, esto se debe al mayor peso molecular de

estos compuestos, lo que hace que aumente su viscosidad, mejorando el cuerpo y la textura.(Mariño *et al.* 2016).

En adición Seminario *et al.* (2003), indica una tercera propiedades respecto al dulzor se dice que proporciona hasta la cuarta parte del valor calórico de los carbohidratos comunes ,según la Tabla N°17 se muestra el valor calórico y poder edulcorante de los FOS en comparación con los azúcares más comunes y algunos edulcorantes sintéticos, donde el potencial de edulcor de los FOS fluctúa de 0,3 - 0,6 veces al de la sacarosa, ello va depender de su estructura química y el grado de polimerización (DP) de los oligosacáridos. Este poder edulcorante se reduce a través de la longitud de la cadena de oligosacáridos; esta propiedad hace que los FOS sean muy usados en comidas donde el uso de la sacarosa está restringido por su alta capacidad edulcorante.

Tabla 16: Característica Fisicoquímica de la Inulina y Oligofructosacáridos

Características	Inulina	Inulina HP	Oligofructosa
GP _{prom}	12	25	4
Materia seca (g/100g)	95	95	95
Pureza (g/100g)	92	99.5	95
Azúcares (g/100g)	8	0.5	5
pH	5-7	5-7	5-7
Cenizas (g/100g)	<0.2	<0.2	<0.2
Metales pesados (g/100g)	<0.2	<0.2	<0.2
Apariencia	Polvo blanco	Polvo blanco	Polvo blanco o jarabe viscoso
Sabor	Neutral	Neutral	Moderadamente dulce
Dulzor %(vs. Sacarosa=100%)	10	Ninguno	35
Solubilidad en agua a 25°C (g/L)	120	25	> 750
Viscosidad en agua 5% p/p sol. acuosa) a 10°C (mPa.s	1.6	2.4	< 1.0
Funcionalidad en alimentos	Sustituto de grasas	Sustituto de grasas	Sustituto de azúcar
Sinergismo	Con agentes gelificantes	Con agentes gelificantes	Con edulcorantes intensos

FUENTE: Madrigal y Sangronis (2007).

Tabla 17: Comparación con los azúcares más comunes y algunos edulcorantes sintético

Compuesto	Origen	Calorías (kcal/g)	Poder edulcorante
FOS	Natural	1-1,5	0,3
Glucosa	Natural	4	0,7
Fructosa	Natural	4	1,7
Sacarosa	Natural	4	1
Esteviosidos	Natural	0	30 - 320
Aspartame	Sintético	0	200
Sacarina	Sintético	0	300 - 500
Sucralosa	Sintético	0	600

FUENTE: Seminario *et al.* (2003).

2.2.10.3. Usos de la Fructooligosacáridos como en Ingrediente

Mientras la inulina cuenta con propiedades equivalentes a las del almidón, la oligofructosa contiene propiedades más semejantes a la sacarosa. Estos oligofructanos más comerciales tienen variados usos como ingredientes en la elaboración de alimentos (Tabla 18). La inulina consigue mejores efectos deseados para los yogures en vista que le imparte una mayor cremosidad, así como actúa como agente espesante, también retiene el agua y estabiliza geles. , mejora la textura y firmeza (Seminario *et al.* 2003).

Tabla 18: Propiedades Funcionales de los fructooligosacáridos.

Aplicación	Funcionalidad
Productos lácteos	Capaz de formar gel, emulsifica, sustituto de azúcares y grasa, sinergia con edulcorantes.
Postres congelados	Textura, , suplente de azúcares y grasa,
Cereales de desayuno	Crujencia,
Preparación con frutas (no acidas)	Textura y buen sabor, capacidad de formar geles
Chocolates	Reemplazador de azúcares..

Fuente: Madrigal y Sangronis (2007).

2.2.10.4. Toxicología

El FDA (1992), declaró a los oligofructanos dentro de ellos los fructooligosacáridos y la inulina como ingredientes GRAS (Generalmente Reconocido como seguro), esto nos afirma que se pueden utilizar sin ninguna restricción en formulas alimenticias incluso en las destinadas para menos de edad. Esta información es reforzada por Madrigal y Sangronis (2007), donde no encontraron ningún reporte sobre efectos de toxicidad asociados al consumo de FOS.

Por otra parte, Hernández y Jiménez (2010), detectaron que en algunas personas con ingestas por encima de los 10 gramos FOS/ día pueden llegar producir flatulencia y presión abdominal. Ingestas por encima de 50 g pueden causar diarrea a causa de la retención osmótica de fluidos tanto en el intestino grueso como en el intestino delgado. Por ello la dosis máxima que no causa malestar en humanos debe ser de 0,3 y 0,4 g FOS/kg de peso corporal en hombres y mujeres, respectivamente. En adición Lema y Revelo (2011), reportan la cantidad suficiente de ingredientes de la (*inulina* y *oligofructosa*) para ejercer un efecto provechoso en la salud :

- Estimulación de las bacterias beneficiosas, mejora de la microbiota intestinal (efecto prebiótico): 3 - 5g/día o 1,25g/porción de inulina u oligofructosa.
- Optimización de la función intestinal (efecto de fibra): 8g/día o 2g/porción de inulina u oligofructosa.
- Aumento de la absorción de calcio: 8g/día o 2g/porción.

2.2.10.5. Beneficios de los Fructooligosacáridos en la Salud

a. Bajo aporte Calórico,

Gracias a sus uniones beta tipo β -(2 \rightarrow 1) fructosil fructuosas que unen monómeros de fructosa, resisten a las enzimas digestivas humanas, por lo cual pasan al colon de manera intacta .La energía producida a partir de la fermentación resulta de la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) y lactato aportando 1.5 Kcal/ ,por esta razón los FOS no influyen en la elevación de los niveles de glucosa en la sangre (Niness, 1999 ; Manrique *et al.* 2005).

b. Regularización del metabolismo lipídico

Estudios realizados en ratones por Delzenne *et al.* (2002), encontraron que la inulina y oligofructosa colaboran con la reducción de los niveles de lípidos en la sangre en animales, aunque se necesitan dosis altas de estos compuestos para provocar los efectos favorables, a su vez pueden

inhibir la acumulación de triglicéridos en el hígado y tienen efectos propicios sobre la esteatosis hepática (retención anormal de lípidos en células hepáticas).

c. Efecto Prebiótico

Roberfroid (2007) y Campos *et al.* (2012), de sus investigaciones nos reportan que un alimento rico en FOS promueve el desarrollo de *Bifidobacterium* y *L.acidophilus*, mejora de la densidad celular y del ciego, estos son asociados a beneficios para la salud del colon. Por otra parte inhibe el crecimiento de bacterias putrefactivas, las cuales al expandirse generan el desarrollo de bacterias patógenas como la *E. Coli*, responsable de la producción de toxinas potencialmente cancerígenas, cuando se fermentan los FOS estos producen ácido láctico y AGCC (butirato, propianato, y acetato principalmente) responsables de la disminución en el pH, impidiendo su crecimientos.

2.2.11. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

Tamime, Robinson, y Díaz (1991) , define a la CRA o sinéresis como la expulsión líquida de un gel capaz de formarse mediante oscilaciones de temperatura o el tiempo de duración, un ejemplo es la separación de suero lácteo en un yogurt. Vázquez (2008), complementa la información indicando que los materiales salientes durante la sinéresis son :fase líquida de la leche fermentada, el agua atrapada dentro de su estructura, el agua ligada a las proteínas y el agua libre

De acuerdo con Vázquez (2008), la sinéresis va depender de las variables de producto y del proceso, de las cuales se tienen las siguientes:

- Insuficiente cantidad de proteína en la leche
- Insuficiente cantidad de grasa
- Tratamiento térmico y homogeneización incompletos
- Temperatura de fermentación mayor a 45 °C
- Destrucción del coágulo durante la acidificación y un pH>4.8

2.2.12. REOLOGÍA DE YOGURT

La viscosidad es la medida en la que se resiste la deformación de los fluidos, tiene relación con la ley de Newton, ya que relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación, la cual se ve afectada por la velocidad de deformación, la temperatura y la presión, entre otros. Se determina por medio de la relación del esfuerzo de cizalla con la velocidad de cizalla (Arana, 2012).

Ramírez (2006), nos indica que la viscosidad del yogurt al momento de procesarse en la planta , produce una baja viscosidad, sin embargo, si el yogurt se maneja con los debidos cuidados de manufactura su viscosidad recobrará durante su almacenamiento en refrigeración, por otra parte, si se manipula de forma ruda se pierde su capacidad de recuperación.

2.2.12.1. Clasificación Reológica

Serpil (2006), define al fluido como una sustancia fácil de deformarse continuamente siempre y cuando se somete a fuerzas de cizalla, aun asi sea el más mínimo esfuerzo. El comportamiento reológico se divide en newtonianos y no newtonianos, cuya relación depende de la tensión de esfuerzo cortante y la tasa de deformación aplicada.

Según Figura y Teixeira (2007), los fluidos newtonianos se diferencian por tener una correspondencia lineal entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación aplicada, valiéndose de la temperatura y su composición. En contraposición con los fluidos no newtonianos presentan relación no lineal esfuerzo cortante y la velocidad de deformación aplicada y son variables con la dependencia o independencia del tiempo.

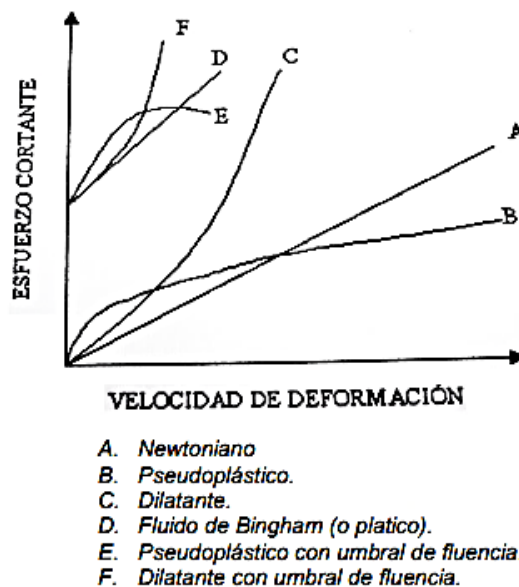


Figura 7: Diagrama Reológico de los diferentes tipos de fluidos

FUENTE: Serpil y Servet (2006).

Figura y Teixeira (2007), nos mencionan que el comportamiento de un fluido del tipo pseudoplástico es la más parecida para los yogurts, estas tienen la particularidad que frente al aplicar mayor esfuerzo cortante la viscosidad disminuye pero se incrementa la tasa velocidad.

2.2.12.2. Diferencias entre el comportamiento de Flujo de los fluidos

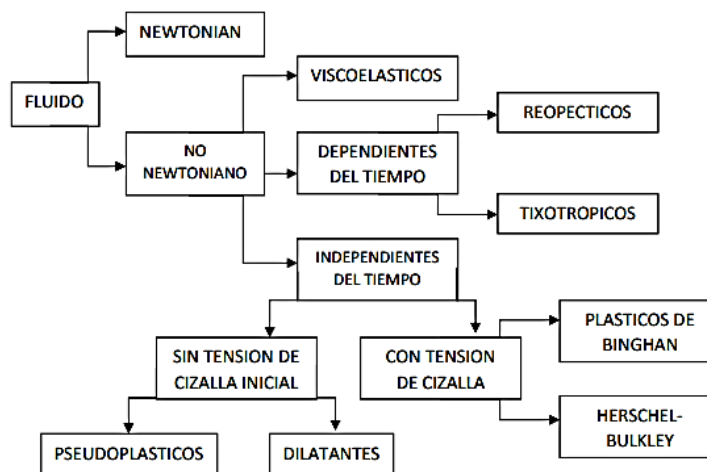


Figura 8: Clasificación de fluidos según el comportamiento reológico

FUENTE: Figura y Teixeira (2007).

Tabla 19: Términos de comportamiento de flujo

Tipo de Fluido	Descripción
Newtoniano	El flujo es en línea recta a través del origen
No-Newtoniano	El flujo no es una línea recta a través del origen
Pseudoplástico	Disminuye a el aumento de la velocidad de corte
Dilatante	Eleve con el aumento de la velocidad de corte
Plástico	El fluido tiene un límite elástico
Tixotrópico	Reduce con el tiempo a una velocidad de corte constante
Reopectico	Se eleva con el tiempo a una velocidad de corte constante

FUENTE: Figura y Teixeira (2007).

2.2.12.3. Modelos Reológicos

Tabla 20: Modelos funcionales para los fluidos

Tipo	Nombre	Modelo	Constantes reológicas
Fluidos no plásticos / Sin esfuerzo umbral (σ_0)	Newton	$\tau = \mu * \gamma$	τ =Esfuerzo cortante/ μ =Viscosidad/ γ =Velocidad
	Ostwald de Waele (Power Law)	$\tau = k * \gamma^n$	τ =Esfuerzo cortante/ k =Coeficiente/ γ =Velocidad
	Sisko	$\mu = \mu_\infty + b * \gamma^{n-1}$	μ_∞ =viscosidad en equilibrio/ b =Coeficiente/ γ =Velocidad
	Ellis	$\mu = \mu_0 + k * \gamma^{n-1}$	μ_0 =viscosidad inicial/ k =Coeficiente/ γ =Velocidad
Fluidos plásticos / Con esfuerzo umbral (σ_0)	Bingham	$\tau = \sigma_0 + \mu * \gamma$	σ_0 =Esfuerzo umbral/ μ =Viscosidad/ γ =Velocidad
	Casson	$\tau^{0.5} = \sigma_0^{0.5} + (\mu * \gamma)^{0.5}$	σ_0 =Umbral casson/ μ =Viscosidad/ γ =Velocidad
	Herschel.Bulkley	$\tau = \sigma_0 + k * \gamma^n$	σ_0 =Esfuerzo umbral/ k =Coeficiente / n =Indicé de comportamiento
	Heinz	$\tau^{0.67} = \sigma_0^{0.67} + (\mu * \gamma)^{0.67}$	σ_0 =Umbral Heinz/ μ =Viscosidad/ γ =Velocidad

FUENTE: Figura y Teixeira (2007).

2.2.13. ANÁLISIS SENSORIAL

García *et al.* (2017), indica que la evaluación sensorial es una disciplina científica donde es permisible evaluar, calcular, analizar e interpretar las particularidades sensoriales de un alimento (color, olor, sabor y textura) a través de los 5 sentidos, es un tanto subjetiva en vista que la medición es realizada por los seres humano, por lo general, se definen el grado de aceptabilidad o rechazo de muestras de alimentos. Si un producto no resulta agradable en consecuencia será rechazado aun así sea altamente nutritivo e inocuo.

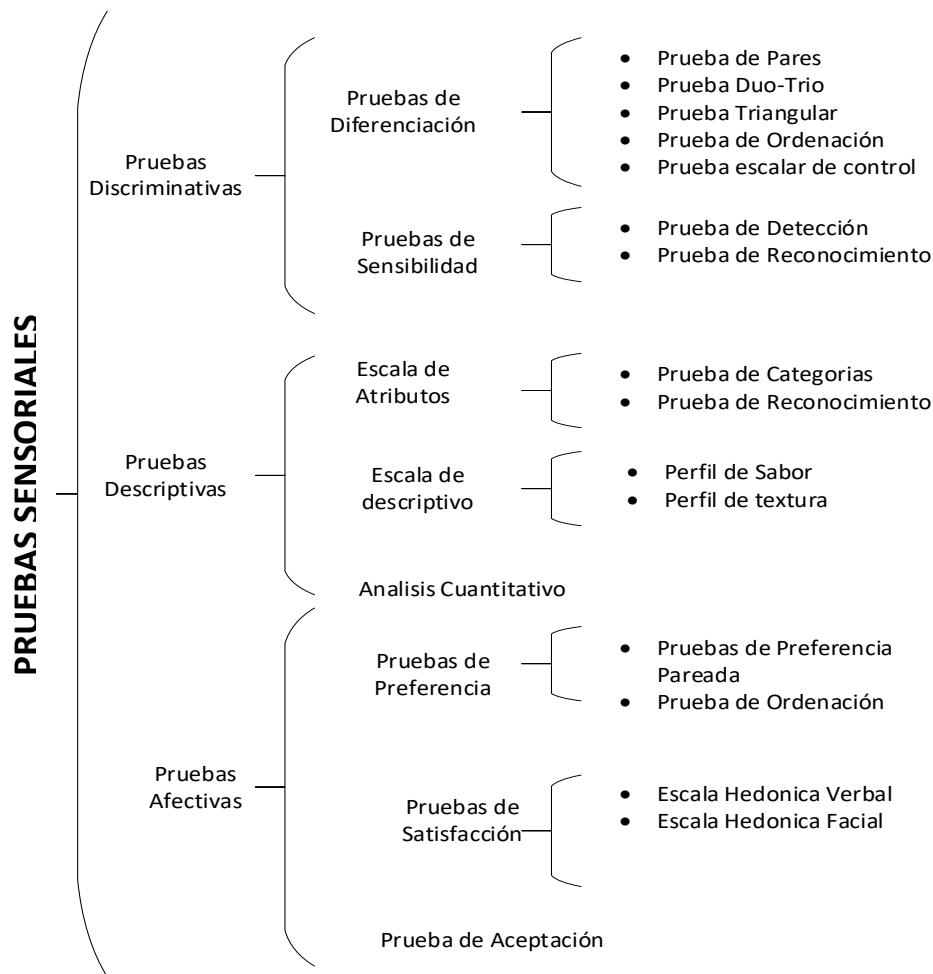


Figura 9: Pruebas Sensoriales utilizadas en la Industria Alimentaria

FUENTE: Hernández (2005).

2.2.14. Pruebas Discriminativas

En este tipo de pruebas no se requiere estar al tanto de la sensación intrínseca que produce un alimento, si no que se busca establecer si se percibe diferencia o no entre dos o más muestras y en algunos casos la magnitud de la diferencia. Las pruebas discriminativas más usadas son las pruebas de comparación pareada simple, triangular, dúo-trío, comparaciones múltiples y de ordenamiento. Estas a su vez se clasifican en: pruebas de diferenciación y pruebas de sensibilidad (Hernández, 2005).

a. Pruebas de Comparación Pareada

Consiste en presentar a los evaluadores dos muestras del alimento a evaluar, haciéndole el formulario sobre alguna característica que se esté evaluado al producto, por ejemplo: cuál es la más dulce o la más insípida, la más viscosa. Las muestras se pueden repetir las veces que sea necesario, pero en un orden específico codificándolas teniendo en cuenta una aleatorización (Hernández, 2005).

b. Aplicación de las Pruebas de comparación por parejas

La NTP ISO-6658 Metodologías de Análisis sensorial INACAL (2009), nos brinda los siguientes casos en los que se pueda llevar a cabo una prueba de comparación pareada.

- Encontrar diferencia perceptible respecto a un atributo en particular
- Selección, entrenamiento y realizar un seguimiento del desempeño de los evaluadores,
- Comparar la preferencia de dos alimentos en con pruebas en consumidores.

Las ventajas de esta prueba con respecto a otras pruebas discriminativas son la sencillez y la menor fatiga sensorial pero la desventaja es que, mientras aumenta el número de muestras, estas se vuelven difícil de controlar.

c. Análisis Estadístico

García *et al.* (2017), nos menciona que esta prueba tendrá eficacia estadística siempre y cuando se efectúen tres repeticiones por juez. Se presentan los siguientes casos:

- Prueba unilateral: Se plantea cuando se quiere conocer si uno de los dos productos tiene una característica en grado más intenso que el otro.

La hipótesis alternativa es entonces $p_a > 1/2$.

- Prueba bilateral: Es aquella en que simplemente se desea conocer si existe una diferencia de intensidad entre dos productos. La hipótesis alternativa es $p_a \neq p_b$.

(INACAL, 2009).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1.1. Hipótesis General

La sustitución parcial de leche por lactosuero dulce y la adición de extracto de yacón como fuente de FOS tendrá un efecto significativo sobre las características físicas (Viscosidad y sinéresis), actividad sinérgica, características fisicoquímicas y sensoriales en el desarrollo de una bebida láctea simbiótica.

3.1.2. Hipótesis Específicas

- Los porcentajes óptimos de la sustitución de lactosuero y adición de extracto de yacón como fuente de FOS en la bebida láctea simbiótica, influirán sobre su viscosidad y capacidad de retención de agua (Sinéresis).
- Los parámetros de porcentaje de cultivo y temperaturas de incubación generaran mayor actividad sinérgica de la bebida láctea debido al mayor crecimiento de bacterias probióticas y su interacción con los FOS.
- La muestra con mayor actividad sinérgica (prebiótica-probiótica) tendrá buenas características en pH, acidez, materia grasa, solidos no grasos, proteínas, cenizas, fibra y mayor preferencia sensorial por parte de los jueces semientrenados.

3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO

Los análisis fisicoquímicos de la materia prima, actividad sinérgica de las muestras de bebida láctea simbiótica fueron realizadas en los laboratorio generales de la Universidad Nacional de Juliaca , Sede La Capilla.

El procesamiento del producto, evaluación de viscosidad, sinéresis y para el entrenamiento en la teoría y práctica para las pruebas sensoriales se realizaron en los laboratorios de la Escuela

Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Juliaca Sede Ayabacas.

Para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las muestras con mejores características sinérgicas fueron realizadas en el Mega laboratorio de la Universidad Nacional del Altiplano.

3.3.MATERIALES

3.3.1. Materia Prima

- a. Leche: La leche de vaca fresca fue obtenida del fundo de producción Ramírez ubicado en la localidad de Ilo-Ilo de la Provincia de San Román, para la toma de muestra se verificó los registros de control de calidad de la planta de procesamiento, en cuanto a acidez para ver el cumplimiento de la calidad microbiológica, posteriormente se analizaron las muestras de leche en cuanto al pH, acidez, densidad, grasa, sólidos totales, sólidos no grasos, y cenizas de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP 202.001-2016.
- b. Lactosuero: La muestra de lactosuero dulce se obtuvo luego de haber procesado queso fresco a través de la coagulación de la leche, la cual fue acopiada del fundo de producción Ramírez ubicado en la localidad de Ilo-Ilo de la Provincia de San Román, para ello se tomó en un recipiente de acero inoxidable. Para los análisis de la materia prima se tomó como referencia una Norma Técnica Ecuatoriana NTE.INEN.2594-2011.
- c. Yacón: Se empleó el yacón de variedad morada, el cual fue adquirido de los productores del distrito de Patambuco, Provincia de Sandía, Departamento de Puno, para ello se seleccionaron las frutas que contenían las características de sanidad, color y olor, posteriormente fueron analizadas la densidad, acidez, humedad, cenizas y fibra, de acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP-NA-0087-2021.

3.3.2. Insumos

Los insumos utilizados en la elaboración de la bebida láctea simbiótica con extracto de FOS de yacón fueron:

Azúcar blanca.

Cultivo probiótico marca Sacco Lyofast. SAB 440 A (Anexo 1)

Cultivo Láctico Marca Sacco Lyofast- Y 4.56 B (Anexo 2)

Inulina Marca TIENS (Anexo 3)

3.3.3. Equipos, materiales y reactivos

a. Equipos de Laboratorio

- Autoclave
- Incubadora, Rango de Temperatura de 20 a 70°C. Marca Incucell,
- Estufa eléctrica. Marca "Mettler", Rango de Temperatura de 0°C a 100°C.
- Baño María
- Mufla, Marca ,P Selecta . Type. 170. Hasta 1000°C. 220 V.
- Viscosímetro rotacional Marca Fungilab de 8 velocidades de un rango de 0:5 a 100 rpm.
- Centrifuga, marca Eppendorf, Modelo NYITOT, Velocidad 5810 rpm.
- Cuenta colonias, KERILAB No. J-02.
- Balanza analítica marca Kern, modelo ABJ-NM, precisión 0,1mg.
- Balanza digital -Marca JR 5 Kg, precisión 20 g.
- pH metro marca HANNA, modelo Mi-150.
- Refractómetro marca KRUSS (0 – 32 °Bx).
- Cocina semi industrial marca Surge.
- Refrigeradora marca Electrolux, modelo ECFD-30700.
- Licuadora, Marca Oster de 3 velocidades, capacidad 1 litro, 220 V.
- Termómetro digital con termocupla tipo K marca Tenmars
- Vernier, Marca Ubermann.

b. Materiales de laboratorio

- Envases de vidrio (10,50, 250, 500, 1000 ml.)
- Pipetas de 0,5, 1, 2, 5, 10, 25 ml.
- Picnómetro
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitación 100 ml,500 ml
- Papel filtro Wathman # 42
- Gradillas.
- Probetas. 50ml , 500 ml
- Termómetro graduado de-10°C a 100°C.
- Placas petri.

- Buretas graduadas.
- Fiolas.
- Erlenmeyer
- Desecadores de vidrio.
- Crisoles
- Lunas de reloj
- Mechero Bunzen

c. Utensilios

- Ollas de acero inoxidable.
- Coladores.
- Recipientes de acero inoxidable.
- Cuchillos.
- Jarras plásticas volumétricas.
- Cucharas.
- Baldes

d. Reactivos

- Hidróxido de sodio 50%
- Bisulfito de sodio 0.03%
- Fenolftaleína al 1%.
- Alcohol medicinal 70°
- Agua destilada
- Agar MRS,
- Agar Mac Conkey

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. PREPARACIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIOTICA CON FOS DE YACÓN

• Procedimiento

Para la elaboración de la bebida láctea se utilizó el diagrama de flujo propuesto por el Instituto nacional de tecnología industrial editado por Muset *et al.* (2017), a la cual se le realizó algunas modificaciones.

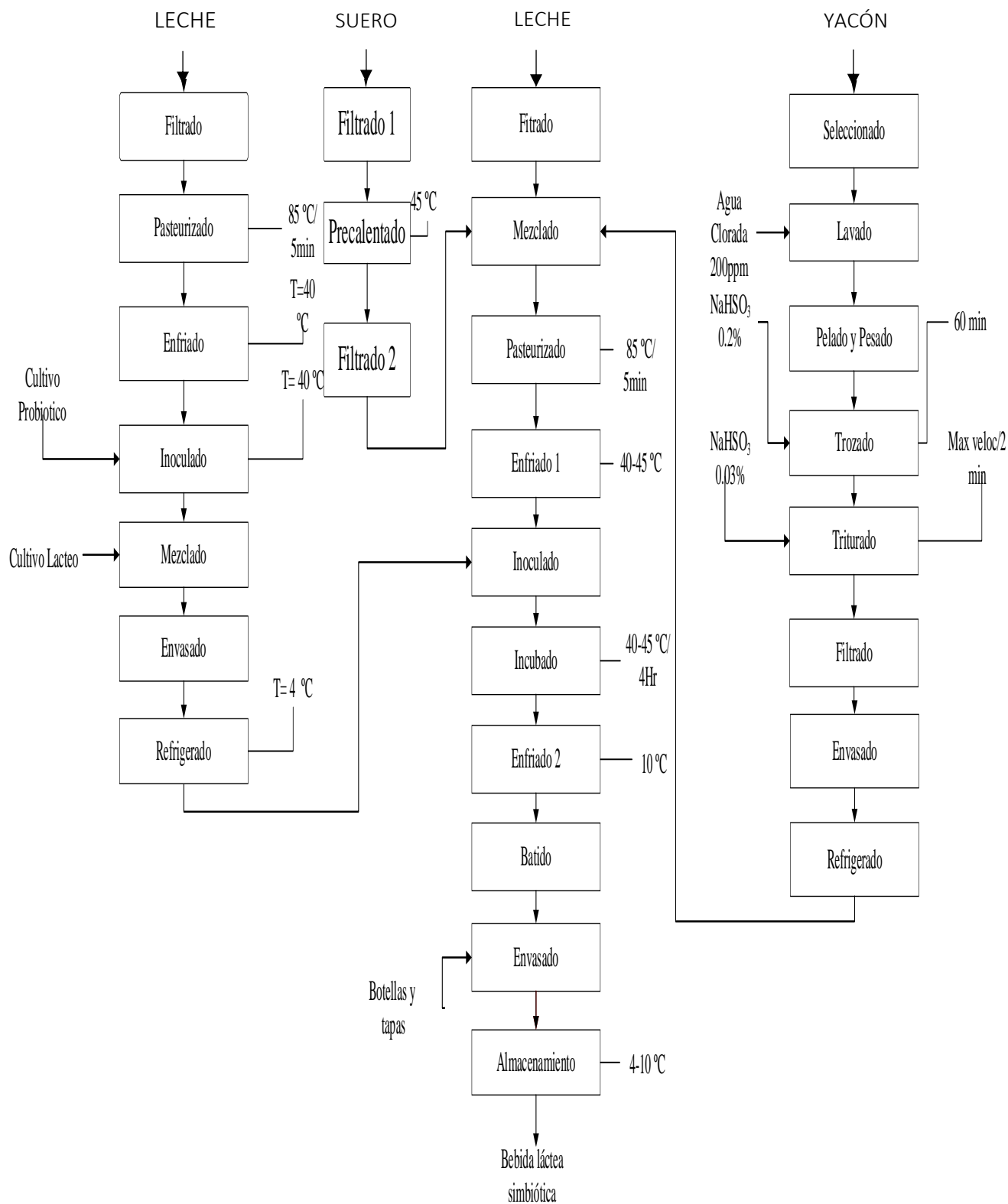


Figura 10: Diagrama de flujo de elaboración de la bebida láctea simbiótica.

FUENTE: Adaptado de Muset *et al.* (2017).

3.4.1.1.Preparación de la bebida láctea simbiótica con FOS de Yacón y probióticos

- **Descripción**

A continuación se describe el flujograma de la Figura N° 10.

Inicialmente se seleccionó y determinó la calidad de la leche por medio de análisis fisicoquímico.

Filtrado: Inicialmente se filtró haciendo uso de un colador para separar todas las impurezas solidas que pueda contener la leche.

Mezclado: En esta etapa se añadieron las proporciones de yacón y suero lácteo, utilizando proporciones de lactosuero de 36 % y extracto de con Fos de yacón al 6 % .

Pasteurizado: La pasteurización se realizó a 85°C por un tiempo de 5 minutos, con la finalidad de eliminar microorganismos patógenos.

Enfriado 1: Luego del pasteurizado, se enfrió la leche en baño maría hasta que alcance el rango de temperaturas entre (37- 45 °C).

Inoculado e Incubado: Al mejor tratamiento de las proporciones de lactosuero y extracto con Fos de yacón se adiciono el cultivo iniciador que contiene la mezcla de cultivo termófilo de la marca Lyofast Y-456-B con el cultivo probiótico de la marca Lyofast SAB 440A. Para lo cual se siguió la metodología de Quincho (1999), experimentándose a 3 diferentes proporciones: 2%,2.5% y 3%.

De igual manera la temperatura fue variable durante la incubación, trabajando a 45 °C como fuente para el crecimiento de cultivos lácticos investigado por Torres (2015), de igual manera para los cultivos probióticos a 40°C recomendado por Alfaro *et al.* (2003).

Enfriamiento 2. Las muestras se enfriaron hasta 10 °C con el fin de formar un coágulo más viscoso para su posterior batido.

Batido. De manera secuente se realizó un batido por un espacio de 1 a 3 minutos, realizando un agitado manual para romper el coágulo formado en la etapa previa.

Envasado. Las muestras se envasaron en envases de vidrio de 1 L de capacidad cada uno.

Almacenamiento. El producto se almacenó en refrigeración a 4 °C para los análisis correspondientes.

3.4.1.2. Activación del cultivo termófilo iniciador (Proceso adyacente)

Para la preparación del cultivo madre se trabajó con el procedimiento de Olazábal y Ticona, (2019) donde utilizó el starter's liofilizado comercial marca (SACCO Lyofast 4.56 B), para ello describimos el procedimiento a continuación:

Para la elaboración del cultivo se trabajó con leche fresca previamente seleccionada y trasladada de manera que se evitó la contaminación del producto.

Filtrado: A la leche seleccionada se le realizó un filtrado con filtro de nilón previamente desinfectado. Esto con el fin de eliminar partículas extrañas propias o ajenas a la leche.

Pasteurizado: Esta operación se efectuó en una olla de acero inox donde se sometió un tratamiento térmico a la leche a una temperatura de 85°C por 10 minutos.

Enfriado e inoculado: Aquí se procedió a entibiar hasta 45 C° y se inoculó inmediatamente el starter's liofilizado SACCO Lyofast 4.56 B cumpliendo con las especificaciones del envase.

Envasado: Según especificaciones del envase un sobre de starter's rinde para 100 litros, para elaborar pequeñas cantidades de yogurt el cultivo preparado se envasó en cantidades de 100 mL para preparar 10 litros en total, posterior se incubó a 45°C para que la relación cocos: bacilos sea 1:1.

Refrigerado: Para conservar el cultivo iniciador este se colocó en una refrigeradora guardándola a temperaturas de congelación de - 4 °C.

3.4.1.3. Activación del cultivo probiótico (Proceso adyacente)

Para la preparación del cultivo madre se siguió el proceso trabajado por Arévalo (2015), donde utilizó el starter's liofilizado comercial marca (SACCO Lyofast SAB 440 A), para ello describimos el procedimiento.

Para la elaboración del cultivo se trabajó con 1 L de leche fresca de buena calidad y fue trasladada de manera que se evitó la contaminación del producto.

Filtrado: A la leche seleccionada se le hizo un filtrado con filtro de nilón previamente desinfectado. Esto con el fin de eliminar partículas extrañas propias o ajenas a la leche.

Pasteurizado: Esta operación se efectuó en una olla de acero inox donde la leche se sometió a un tratamiento térmico de 85°C por 10 minutos.

Enfriado e Inoculado : Se enfrió en baño María hasta llegar a los 40 °C y se inoculo rápidamente el starter's liofilizado SACCO Lyofast SAB 440 A. Previamente al añadir el cultivo probiótico se calentó un cuchillo para esterilizar y abrir el sobre que contiene la mezcla de los cultivos probióticos y se colocaron según recomendaciones del envase en función a 100ml.

Mezclado. Después de activar el cultivo probiótico iniciador, se colocó el cultivo lácteo termófilo previamente incubado. estas se homogenizarán para posteriormente ser envasadas.

Envasado: El cultivo preparado se trasvaso a un nuevo envase, inmediatamente dentro del envase esta se incubó a 40°C para que la relación cocos: bacilos sea 1:1.

Almacenado: Para conservar el cultivo iniciador este se colocó en una refrigerado guardándola a una temperatura de 4 °C hasta su uso.

3.4.1.4.Obtención de extracto con FOS de yacón (Proceso adyacente)

Para la obtención del extracto con Fos de yacón seguimos el procedimiento realizado por Chuco (2019), la cual se detalla a continuación:

Seleccionado: La selección se realizó de forma manual. Este proceso fue la primera etapa para salvaguardar la calidad final del producto terminado, a su vez esta operación consistió en ejecutar una inspección visual rechazando las unidades que presentaron golpes, cortes y alguna apariencia que salga de las características propias del yacón.

Lavado. Esta operación se realizó después de la selección inicial, usando agua potable y un cepillo de cerdas suaves que removieron toda la suciedad alojada en la superficie de la cascará del yacón. Posterior se sumergió en una solución de agua con cloro a 200ppm.

Pelado. En esta etapa el yacón fue pelado, removiendo toda su cáscara, utilizando un cuchillo con mangó metálico debidamente esterilizado para evitar una contaminación cruzada. Además se tomó una muestra simple para proceder a la determinación de los análisis fisicoquímicos y químicoproximales.

Pesado. En esta etapa se pesaron las cantidades necesarias para la cantidad producida.

Trozado. Una vez pesado el yacón necesario este fue dividida con ayuda de un cuchillo debidamente esterilizado. Después de esta operación el yacón se sumergió en solución de bisulfito de sodio (NaHSO_3) al 0,2 % durante 1 hora para la inactivación enzimática. Recomendado por Chuco (2019).

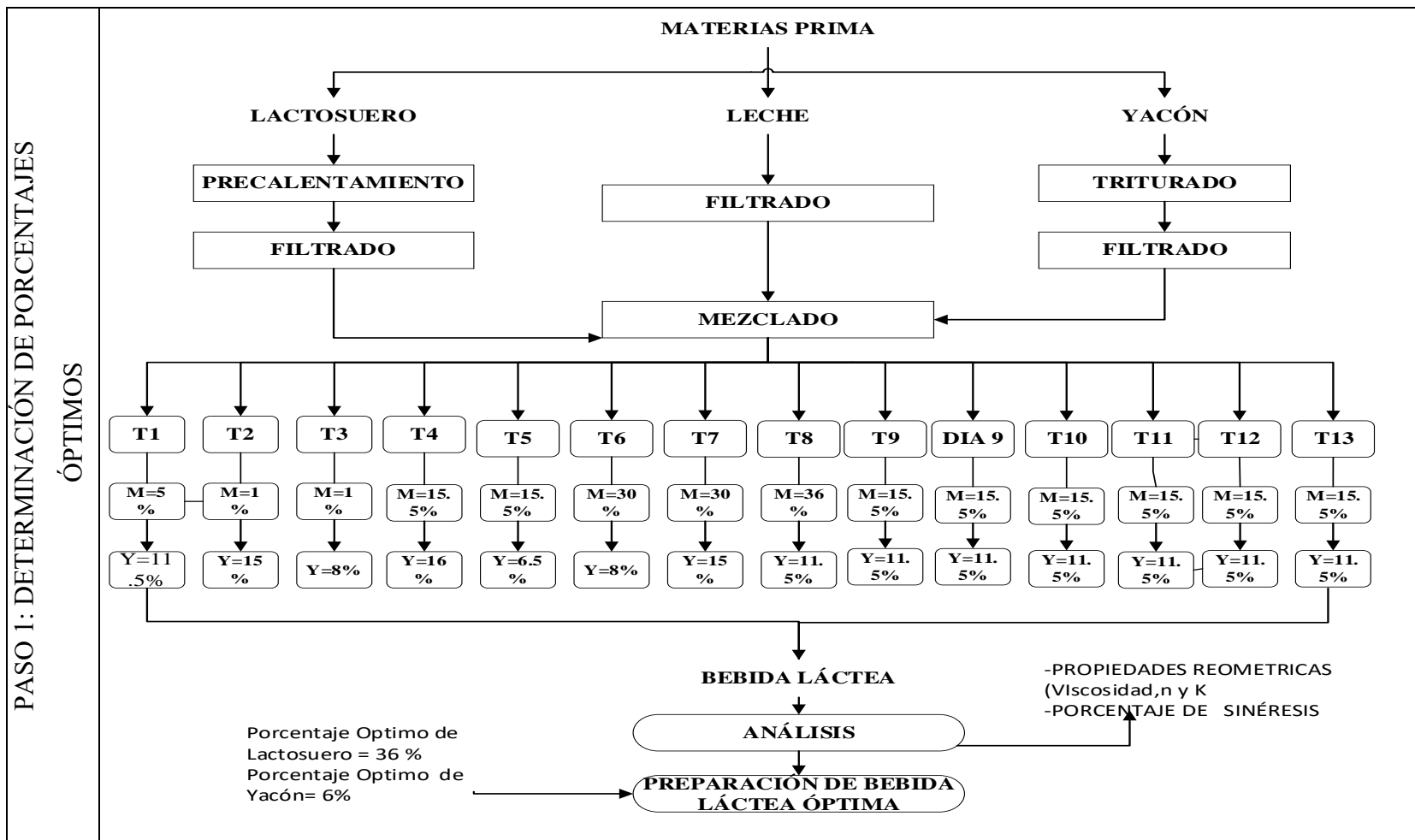
Triturado. Después de haber drenado el agua, las rebanadas trozadas fueron colocadas en una licuadora, añadiendo 0,03 % de NaHSO_3 , del valor calculado sobre la cantidad totales de yacón, para luego ser licuado durante 2 minutos sin añadir agua a velocidad máxima. Recomendado por Chuco (2019).

Filtrado. Después de haberse licuado se filtró usando un embudo con filtro de nilón (higienizado en solución de agua clorada a 200 ppm).

Envasado. Una vez culminada la operación anterior, se envaso en recipientes de vidrio debida higienizados.

Refrigerado: El extracto con Fos de yacón obtenido se mantuvo en refrigeración hasta su empleo.

3.5. DIAGRAMA EXPERIMENTAL



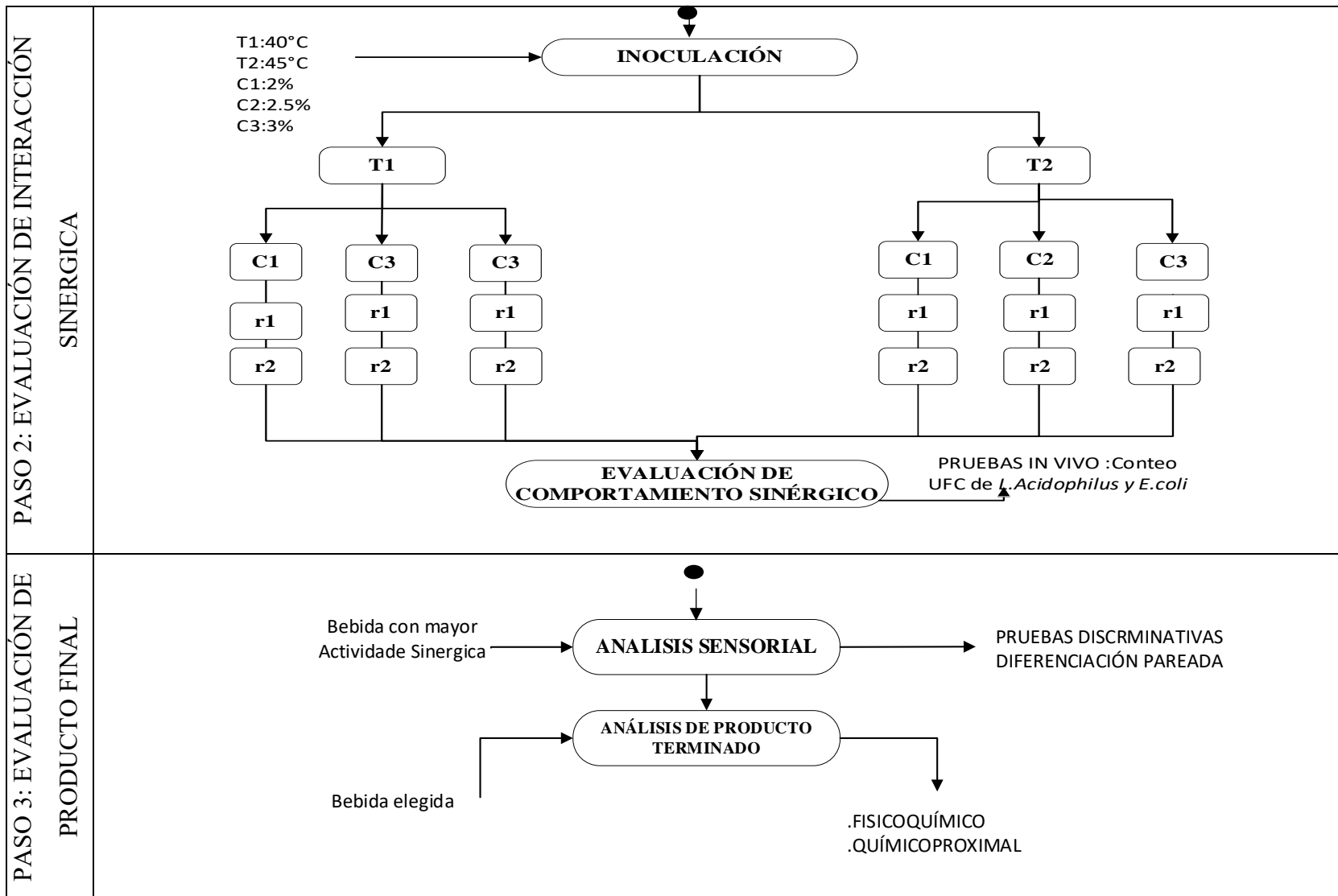


Figura 11: Diagrama experimental de la investigación

3.6. MÉTODOS EXPERIMENTALES

3.6.1. Objetivo N° 1:

Determinar los porcentajes óptimos de sustitución parcial de leche por lactosuero dulce y extracto de yacón sobre las características reológicas (viscosidad) y Sinéresis (capacidad de retención de Agua) de la bebida láctea fermentada

3.6.1.1. Variables Independiente

- Porcentaje de Lactosuero (Min:1%; Max:30%)
- Porcentaje de Extracto con Fos de Yacón (Min:8; Max:15%)

3.6.1.2. Variable Dependiente

- Viscosidad
- Sinéresis

3.6.1.3. Matriz de Diseño

Se utilizó un Diseño de Superficie de respuesta-DCC

Tabla 21: Matriz de Diseño del Objetivo 1

Tratamientos	Lactosuero	Ext. Yacón	Viscosidad(Cp.)	% Sinéresis
T1	5.00	11.5		
T2	1	15		
T3	1	8		
T4	15.5	16.44		
T5	15.5	6.55		
T6	30	8		
T7	3	15		
T8	36.00	11.5		
T9	15.5	11.5		
T10	15.5	11.5		
T11	15.5	11.5		
T12	15.5	11.5		
T13	15.5	11.5		

3.6.1.4. Métodos de Análisis

- Materiales ,equipos y reactivos
 - Viscosímetro rotacional
 - Centrifuga,
 - Balanza analítica
 - pH metro
 - Pipetas de 0,5, 1, 2, 5, 10, 25 ml.
 - Refractómetro
 - Termómetro digital
 - Vaso de precipitación 100 ml,500 ml
 - Vernier

a. Viscosidad

- **Procedimiento**

Para la elaboración de la bebida láctea, se realizaron 13 tratamientos, con diferentes proporciones de lactosuero considerando como valor máximo un 30% recomendados por Bustillo y Zelaya (2019) y de extracto de Yacón al 15 % como máximo según lo trabajado previamente por Chuco (2019).

La viscosidad aparente se determinó a 100 r.p.m. a 20 °C debido que en pruebas preliminares realizadas por Arrigoni y Rodríguez (2014), encontró que este valor permitía el análisis estadístico. Se determinó la viscosidad aparente según el método recomendado por AOAC 2000 (Nielsen, 2019), en donde se colocó en un beaker de 500ml la muestra e inmediatamente se colocó dentro del viscosímetro haciendo uso de un husillo L3. La lectura se tomó después que pasado los 3 min el porcentaje de torque estabilizo.

- **Modelo Matemático**

Adicionalmente, se halló el comportamiento del fluido más adecuado de las muestras, tomando como referencia a la ecuación de la ley de potencia mencionada por Serpil y Servet (2006).

$$\tau = k\gamma^n \quad \text{Fórmula 1}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante (Pa). :

γ : Velocidad de cizalla $(\frac{dv}{dx})(s^{-1})$.

k: Índice de consistencia de fluido (Pa.s).

n: Índice de comportamiento de fluido (adimensional).

Previamente se calculó el esfuerzo Cortante “ τ_0 ”. Para la cual se utilizó la ecuación de la viscosidad de Newton (Levenspiel, 1998).

$$\tau = \eta \times \gamma \quad \text{Fórmula 2}$$

Para validar el comportamiento reológico, se calcularon los valores del índice de consistencia (k), índice de comportamiento de flujo (n), esfuerzo umbral (τ_0), comparándolos en base a los modelos de Casson y Herschel-Bulkley, graficando $(\tau - \tau_0)$ en función del $\ln(\frac{dv}{dx})$. Los modelos matemáticos son sugeridos por Serpil y Servet (2006), se muestra a continuación:

$$\ln(\tau - \tau_0) = \ln k + n \ln \gamma \quad \text{Fórmula 3}$$

$$\tau^{1/2} = \tau_0^{1/2} + \kappa \gamma^{1/2} \quad \text{Fórmula 4}$$

b. Sinéresis

- **Procedimiento**

Se determinó a través de la metodología aplicada por Mojica y Hernández (2008), donde se tomó una muestra de 5 ml de cada uno de los tratamientos para luego ser centrifugados a 4000 RPM por 10 minutos obteniendo la separación del suero la cual fue pesada.

- **Modelo Matemático**

Se calculó el porcentaje en peso de sinéresis (p/p) mediante la relación entre el peso del suero remanente y el peso de la muestra de la bebida láctea preparada.

$$\%.\text{Sin éresis} = \frac{\text{Masa.Suero}}{\text{Masa.Yogurt}} * 100 \quad \text{Fórmula 5}$$

3.6.1.5.Diseño estadístico

Los resultados fueron analizados en el software estadístico *Statgraphics Centurión XVI.I*, mediante una Tabla Anova, gráficos de superficie de respuesta y se observó la influencia por medio del diagrama de Pareto.

3.6.1.6.Análisis de Datos

Los datos recogidos de la experimentación fueron analizados en el software *Microsoft Excel 2016*.

3.6.2. Objetivo N° 2:

Evaluar la influencia de los porcentajes de cultivo lácteo y temperatura de incubación en la actividad sinérgica de la bebida láctea simbiótica.

3.6.2.1.VARIABLES INDEPENDIENTE:

- Temperatura de Incubación : (40 y 45 °C)
- % Cultivo Láctico : (2% , 2.5% y 3 %)

3.6.2.2.VARIABLE DEPENDIENTE

- Interacción Sinérgica (Recuento de UFC de probióticos “*L.acidophilus*” en inhibición de una entérica “*E.coli*”)

3.6.2.3.Matriz de Diseño

Se utilizó un Diseño completamente aleatorizado con arreglo factorial (Experimento factorial 2x3), por su utilidad en estudiar simultáneamente más de 2 niveles

Tabla 22: Matriz de diseño del Objetivo 2

Tratamientos	Temperatura	% Cultivo	% Interacción sinérgica
T1	40	2	
T2	40	2	
T3	40	2	
T4	40	2.5	
T5	40	2.5	
T6	40	2.5	
T7	40	3	
T8	40	3	
T9	40	3	
T10	45	2	
T11	45	2	
T12	45	2	
T13	45	2.5	
T14	45	2.5	
T15	45	2.5	
T16	45	3	
T17	45	3	
T18	45	3	

3.6.2.4. Métodos de Análisis

- Materiales ,equipos y reactivos
 - Autoclave
 - Incubadora
 - Baño María
 - Cuenta colonias
 - Balanza analítica
 - Refrigeradora
 - Pipetas de 0,5, 1, 2, 5, 10, 25 ml.

- Tubos de ensayo
- Gradillas.
- Placas petri.
- Lunas de reloj
- Mechero Bunzen
- Agua destilada
- Agar MRS
- Agar Mac Conkey

• **Procedimiento:**

Se desarrolló adaptando la metodología previamente laborada por Canchanya y Munive (2019), a la cual se le realizaron algunas modificaciones.

Fase Adaptativa: Según las recomendaciones de Campos *et al.* (2012), las ratas tuvieron un tiempo de 4 días para adaptarse alojándose en jaulas acondicionadas hasta su uso, ello con el fin de brindar medios adecuados a las ratas y asegurar resultados fiables. El ambiente de las pruebas biológicas fue acondicionado por medio de una programación con los siguientes parámetros :temperatura 25 °C, humedad 50% y condiciones normales de iluminación (12 horas de luz/12 horas de oscuridad).

Fase Experimental: El proceso para la evaluación del efecto sinérgico de la bebida láctea simbiótica fue a través de pruebas *in vivo*, trabajándose con 19 ratas albinas machos wistar de 21 días de nacidos, las cuales fueron colocadas al azar en las respectivas jaulas individuales y fueron distribuidas de manera aleatoria en 2 grupos con un peso corporal controlado semanalmente durante 4 semanas.

- Grupo 1: Grupo experimental, conformado por 18 ratas, alimentadas con una dieta de la bebida láctea con adición de Yacon como fuente de FOS (Muestra óptima respecto a la sinéresis y viscosidad)
- Grupo 2: Grupo control, conformada por 01 rata alimentadas con una dieta de la bebida láctea con adición de Inulina.

Para el recuento de microorganismos se continuo el mismo método realizado por Campos *et al.* (2012), para lo cual transferimos un gramo de material fecal tomado de la recolecta antes de la sumministrazione del alimento y tambien la de 24 horas pasadas de haber consumido el producto

investigado, las muestras fecales se llevaron a un tubo estéril mezclando con 9 ml de agua destilada y luego diluyéndolo 10^{-1} dejándolo por 24 horas, posteriormente *L. Acidophilus* y *E. Coli* se inocularon en agar MRS y agar MacConkey tomado un ml de las muestras diluidas previamente preparadas respectivamente. La incubación se realizó a 40°C y 45°C en condiciones anaeróbicas, asimismo, mediante el cuenta colonias se identificaron el número de células que se registraron después de 24 h para enterobacterias y cepas probióticas.

- **Modelo Matemático**

Se realizó la evaluación de la actividad sinérgica teniendo al sustrato (Bebida láctea con yacón como fuente de FOS) en relación a la inulina para comprobar la similitud del efecto sinérgico (Probiotico-Prebiotico) de la muestra. Para calcular este porcentaje de actividad sinérgica se utilizó el modelo trabajado por Canchanya y Munive (2019).

$$\% \text{ Sinergia} = \frac{\text{Log UFC.probiótico/ml.Muestra} (24 \text{ Hr})}{\text{Log UFC.probiótico/ml.Inulina}} - \frac{\text{Log UFC.probiótico/ml.Muestra} (0 \text{ Hr})}{\text{Log UFC.probiótico/ml.Inulina}}$$

Fórmula 6

$$\% \text{ Sinergia} = \frac{\text{Log UFC.E.Coli/ml.Muestra} (24 \text{ Hr})}{\text{Log UFC.E.Coli/ml.Inulina}} - \frac{\text{Log UFC.E.Coli/ml.Muestra} (0 \text{ Hr})}{\text{Log UFC.E.Coli/ml.Inulina}}$$

Fórmula 7

Para el recuento de colonias de *Lactobacillus acidophilus* y *E.coli* en UFC/g de material fecal, se tomó apoyo del modelo matemático ISO presentado por Aenor (2007).

$$N = \frac{c}{Vxd}$$

$N =$ Unidad, Colonia(UFC)

$c =$ N°Colonias contadas en placa

$V=$ Volumen de inóculo (ml)

$d =$ Dilucion escogida

Fórmula 8

3.6.2.5.Diseño estadístico

Se consideraron dos factores A: Temperatura de incubación y B: % de cultivo láctico con 2A y 3B niveles respectivamente con 3 repeticiones, obteniéndose 18 tratamientos. Los resultados fueron analizados en el software estadístico *Statgraphics Centurión XVI.I*, mediante una Tabla Anova ,gráficos de superficie de respuesta y se observó la influencia por medio del diagrama de Pareto.

3.6.2.6.Análisis de Datos

Los datos recogidos de la experimentación fueron analizados en el software *Microsoft Excel 2016*

3.6.3. Objetivo N°3.

Evaluar las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida láctea simbiótica con la mejor actividad sinérgica.

3.6.3.1.VARIABLES INDEPENDIENTE

- Muestra con mayor actividad sinérgica

3.6.3.2.VARIABLE DEPENDIENTE

- Características fisicoquímicas
- Análisis sensorial

3.6.3.3.MÉTODOS DE ANÁLISIS

- Materiales ,equipos y reactivos
 - Estufa eléctrica
 - Baño María
 - Mufla, Marca

- Balanza analítica
- pH
- Refractómetro
- Pipetas de 0,5, 1, 2, 5, 10, 25 ml.
- Picnómetro
- Tubos de ensayo
- Vaso de precipitación
- Probetas. 50ml , 500 ml
- Hidróxido de sodio 50%
- Bisulfito de sodio 0.03%
- Fenolftaleína al 1%.

• **Procedimiento:**

A la bebida láctea con mayor actividad sinérgica resultante de la evaluación previa, se le realizaron los siguientes análisis:

a. Análisis fisicoquímicos y químico-proximal.

Determinación del pH: Se determinó por el método del potenciómetro haciendo uso de un pH metro electrométrico la cual se sumerge dentro del producto y se digita la lectura .(Nielsen ,2019).

Determinación de acidez: Se empleó el método de acidez titulable mediante comparación del gasto del álcali, método 942.15 de la AOAC (Nielsen, 2019). El resultado se expresará en g de ácido láctico % m/m usando la siguiente formula:

$$\% \text{Acidez} = \frac{\text{Ml.gasto, Na(OH)} * \text{N(OH)} * 0.09 * 100}{\text{Masa.Muestra}} \quad \text{Fórmula 9}$$

Determinación de sólidos solubles: Se empleó el método del refractómetro haciendo la lectura del mismo equipo, método 932.12 de la AOAC (Nielsen, 2019).

Determinación de sólidos no grasos: Se obtuvo por diferencia entre los sólidos totales de la bebida láctea Simbiótica y el contenido de Grasa. Metodología recomendada por la NTP 202-092-2014(Leches Fermentadas), aprobada por INACAL (2014).

$$SNG = ST - Grasa \quad \text{Fórmula 10}$$

Determinación de grasa: Se empleó el método de Soxhlet mediante decantación con ácidos sulfúrico más éter de petróleo y pesada del remanente, método 960.39 de la AOAC (Nielsen, 2019). Los resultados se obtuvieron mediante la siguiente fórmula :

$$\%Grasa = \frac{Peso.Matraz.grasa - Peso.Matraz}{Peso.Muestra} * 100 \quad \text{Fórmula 11}$$

Determinación de sólidos totales: Se realizó mediante el pesaje de la muestra desecada en una manta y estufa. Método NTP N° 205.002:2016. Método usual. Los resultados se calcularon usando la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{(Peso.Capsula + Muestra) - (Peso.Capsula + Muestra.Seca)}{Peso.Muestra} * 100 \quad \text{Fórmula 12}$$

Determinación de proteínas: Método Kjeldahl recomendado por la AOAC (Nielsen, 2019). Para lo cual en primer lugar se determinó el nivel de nitrógeno y posterior se multiplica por su factor. Para una amplia descripción ver las siguientes fórmulas

$$\%N = \frac{(Gasto.HCl - Gasto.HCl \text{ "Blanco"}) * N(HCl) * 14}{Peso.Muestra} * 100 \quad \text{Fórmula 13}$$

$$\%P = \%N * 6.25 \quad \text{Fórmula 14}$$

Determinación de ceniza: Se realizó siguiendo el método 942.05/90 de la AOAC, (Nielsen, 2019), secando previamente las muestras a 110 °C y posteriormente calcinando a una temperatura de 550°C hasta peso constante. Los resultados se obtuvieron usando la siguiente ecuación.

$$\%C = \frac{(Masa.Crisol + Cenizas) - Masa.Crisol}{Masa.Muestra} * 100 \quad \text{Fórmula 15}$$

Determinación de fibra: Para la determinación del porcentaje de fibra cruda, se utilizó el método Weende 962.09/90 de la AOAC (Nielsen, 2019). Esto usando la técnica de decantación con ácido sulfúrico más hidróxido de sodio y pesada del remanente. Asimismo el resultado se obtuvo mediante

$$\%F = \frac{\text{Peso.Insoluble} - \text{Peso.Ceniza}}{\text{Peso.Muestra}} * 100 \quad \text{Fórmula 16}$$

Determinación de carbohidratos: Se determinó por diferencia, como se describe a continuación: Recomendado por Parra (2014) .

$$\%CH = 100 - (\%H + \%P + \%G + \%C) \quad \text{Fórmula 17}$$

b. Análisis Sensorial

Previo al inicio de la prueba se prepararon a los jueces conformados por 60 estudiantes de los últimos ciclos de la EPIA-UNAJ, recibieron capacitación y entrenamiento con respecto a las pruebas discriminativas y pruebas de comparación pareada durante 3 días, de los cuales fueron seleccionados 46 jueces.

Acuerdo a lo mencionado por Ureña *et al.* (1999), se trabajó con una prueba discriminativa pareada de comparación simple, que consistió en elegir una muestra de los pares presentados, para ello se trabajó con 46 jueces semi entrenados a quienes se le entregó un juego de dos muestras (la pareja) con 3 repeticiones por juez, de la cual una de ellas fue el control (Yogurt entero de Suero), además, se le proporciono agua mineral como enjuague y su respectiva ficha de evaluación, a su vez, las muestras fueron codificadas con números aleatorios. Para la discriminación de resultados se contó el número de respuestas positivas que se seleccionó cada muestra. La ficha se trabajó de acuerdo a la propuesto en el Anexo 4.

3.6.3.4.Diseño estadístico

Los resultados de las pruebas sensoriales fueron analizados mediante la T- student ayudándonos de la tabla de distribución t.

3.6.3.5.Análisis de Datos

Los datos recogidos de la experimentación fueron analizados en el software *Microsoft Excel 2016*

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. ANÁLISIS PRELIMINAR DE LAS MATERIAS PRIMAS

4.1.1. Análisis fisicoquímico de la leche

De acuerdo a la Tabla 23, se visualiza los resultados de las características fisicoquímicas de la materia prima (leche), utilizada para la elaboración de la bebida láctea.

Tabla 23: *Características fisicoquímicas de la leche*

Componente	Unidad	R 1	R 2	R 3	Promedio+SD
Densidad	g/ml	1.027	1.027	1.028	1.0271 ± 0.000
Acidez titulable	g ácido láctico/100g	0.150	0.160	0.160	0.1567 ± 0.003
Sólidos totales	g/100g	13.5	11.9	12.7	12.74 ± 0.808
Cenizas	g/100g	0.006	0.004	0.003	0.0043 ± 0.002
Materia grasa	g/100g	3.503	3.501	3.502	3.502 ± 0.001
Sólidos no grasos (SNG)	g/100g	10.042	8.428	9.235	9.235 ± 0.807
pH	-	6.9	6.9	6.9	6.9.00 ± 0.000
Sólidos solubles	Brix	10	10	10	10.00 ± 0.000

Considerando los resultados obtenidos comparándolos con la NTP 202.001.2016, “Leche y productos lácteos”, aprobado por INACAL en 2016, se establecen los siguientes requisitos fisicoquímicos que debe cumplir la leche: densidad de 1.0296-1.034 g/ml, acidez de 0,13- 0.17 g/100g, solidos totales >11,4 g/100g, cenizas <0.7 g/100g, grasa >3.2.g/100g, y SNG (Sólidos No Grasos) >8.2g/100g, según esta referencia, se observó que las características fisicoquímicas estaban dentro del cumplimiento del marco normativo, con la excepción de la densidad, que se

registró en 1.0271 g/ml, esto probablemente se debió a que la temperatura de la leche fue de 20°C, ya que dentro de este rango la densidad varía entre 1.026 y 1.033g/ml, disminuyendo la densidad debido a una mayor separación entre las moléculas. Otro factor que pudo haber contribuido es el material empleado para medir los volúmenes, que pudieron estar por encima de la temperatura de la leche (Gómez, 2005 y Tscheuschner, 2001).

Además, Alvarado *et al.* (2019), realizaron una comparación de leches provenientes de las regiones Junín y Puno, evaluando su calidad en términos de composición, higiene y microbiología. Encontraron valores de densidad de 1.027 y 1.030 g/ml, respectivamente, lo que acercó más a los valores obtenidos en esta investigación.

Adicionalmente, el pH y el Brix obtenidos se encontraron muy próximos a lo trabajado por Chuco (2019), quien reportó un valor de 11 de Brix y un pH de 6,69. Los datos reportados por los investigadores y la NTP de leche y productos lácteos concuerdan con lo obtenido en la investigación, lo cual avala el valioso nivel de nutriente de la leche.

4.1.2. Análisis fisicoquímico del lactosuero

De acuerdo a la Tabla 24, se visualizan los resultados de las características fisicoquímicas del lactosuero, utilizado para la elaboración de la bebida láctea.

Tabla 24: Características fisicoquímicas del lactosuero dulce de queso fresco

Componente	Unidad	R 1	R 2	R 3	Promedio+SD
Densidad	g/ml	1.0262	1.0270	1.0254	1.026 ± 0.000
Acidez titulable	g ácido láctico/100g	0.14	0.13	0.14	0.14 ± 0.004
Sólidos totales	g/100 g	6.420	6.177	6.664	6.420 ± 0.243
Cenizas	g/100g	0.218	0.396	0.040	0.218 ± 0.178
Materia grasa	g/100g	0.060	0.065	0.070	0.065 ± 0.005
pH	-	6.5	6.5	6.5	6.5 ± 0.000
Brix	Brix	7	7	7	7 ± 0.000

Según la NTE-INEN-2594:2011, aprobada por el INEN en 2011, los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir el lactosuero dulce son: acidez < 0.16 %, ceniza < 0.7 %, grasa < 0.3 % y pH entre 6.4 y 6.8. Como se puede observar, la acidez, ceniza, grasa y pH se encontraron dentro de los parámetros del reglamento ecuatoriano.

Por otra parte, los datos de pH, sólidos totales, acidez titulable y grasa resultaron cercanos a los reportado por Molero *et al.* (2017), con resultados de 6.5 para el pH, 7.2% para los sólidos totales, 0.15g de ácido láctico/100g para la acidez titulable y 0.5 % para la grasa, respectivamente. Además, se tienen los reportes de Villalba *et al.* (2019), quienes evaluaron el brix, pH y solidos obtenidos de una bebida láctea de suero, los cuales tambien resultaron muy próximos a lo trabajado previamente, con valores de 6.47de brix, un pH de 6.66 y una acidez de 0.10g de ácido láctico/100g.

Respecto al porqué de esta variación de la densidad inferior, Portada (2022), mencionó que la constitución del lactosuero varía en función al tipo de proceso y variedad de queso que se elabore. Cabe aclarar que la presente investigación se realizó con lactosuero dulce proveniente del desuerado del queso fresco. Los datos obtenidos en la investigación, concuerdan con los reportados por otros autores y la guía ecuatoriana de investigación, lo cual avala la calidad sanitaria del suero.

4.1.3. Análisis fisicoquímico de yacón

Tabla 25: Características fisicoquímica de la muestra de raíz de Yacón.

Componente	Unidad	R 1	R 2	R 3	Promedio+SD
Densidad	g/ml	1.0279	1.0281	1.0281	1.0271 ± 0.000
Acidez titulable	g ácido málico/100g	0.15	0.07	0.22	0.15 ± 0.078
Humedad	%	18.383	16.508	20.257	18.38 ± 1.874
Cenizas	%	0.290	0.004	0.540	0.290 ± 0.249
Fibra cruda	g	5.22	5	5.1	5.107 ± 0.110

Según la NTP-NA-0087:2021 YACÓN (Definiciones), aprobado por INACAL en 2021, se establecen los requisitos fisicoquímicos que debe cumplir la raíz de yacón, los cuales son: cenizas entre 0.26% y 0.53%, fibra entre 0.28% y 0.6%, y humedad entre 84.8% y 92.7 %. En comparación con nuestros resultados, se observó que tanto la ceniza como la fibra se encontraron dentro de los intervalos establecidos por la norma técnica.

Por otra parte, Mejía (2017), encontró valores de 0.29 para la acidez, 0.25 para las cenizas y 81.2% para la humedad. Como se puede observar, el contenido de humedad y acidez presentaron una variabilidad notoria. Esto podría deberse a la dependencia de la variedad de yacón y de las

condiciones de cosecha (Muñoz, 2010). Cabe mencionar que la matriz vegetal de la investigación fue la variedad morada.

4.2.CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (SINÉRESIS) DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA

En la Tabla N° 26, se muestra los resultados de la capacidad de retención de agua (sinéresis) de acuerdo a los 13 tratamientos investigados.

Tabla 26: Resultados del porcentaje de Sinéresis de los tratamientos de la bebida láctea.

Tratamientos	% Lactosuero	% Ext. Yacón	% Sinéresis	SD
T1	1	8	39.041	± 0.59
T2	1	15	36.717	± 0.63
T3	5	12	40.927	± 0.59
T4	16	7	35.958	± 0.60
T5	16	16	34.877	± 0.60
T6	30	8	33.919	± 0.61
T7	30	15	63.034	± 1.56
T8	36	12	31.745	± 0.69
T9	16	12	31.037	± 0.68
T10	16	12	38.743	± 0.60
T11	16	12	33.162	± 0.62
T12	16	12	41.439	± 0.66
T13	16	12	39.286	± 0.60

Si observamos la Tabla N° 26, podemos encontrar cuales fueron aquellos tratamientos con mayor sinéresis, encontrándose al T7 con 63.034% de lactosuero exudado y la que resulto con menor sinéresis fue el T9 con 31.037%.

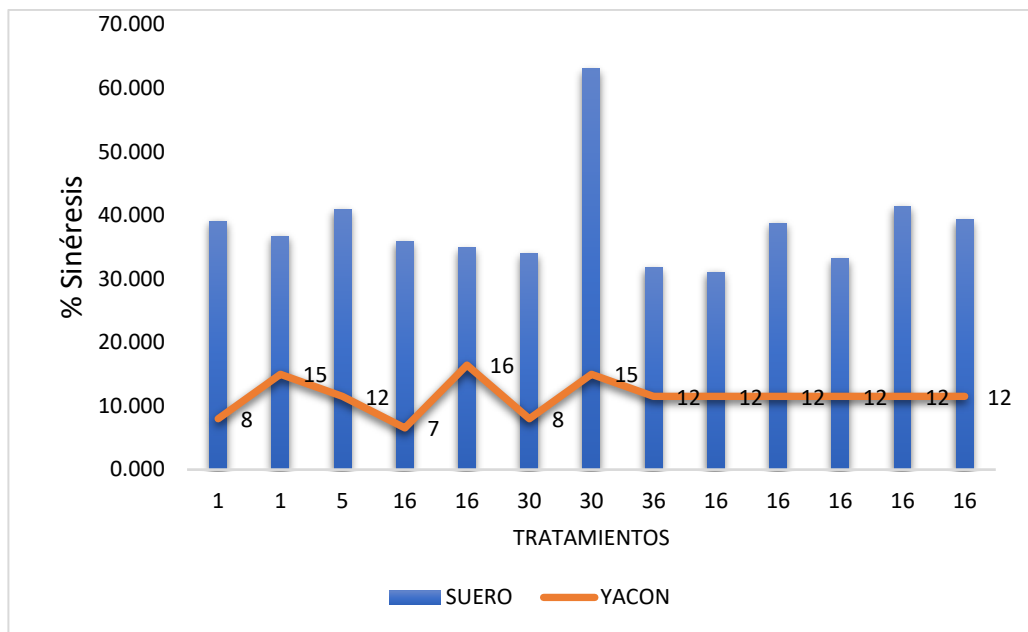


Figura 12: Grafica de capacidad de retención de agua (Sinéresis) de la bebida láctea en función de porcentajes de sustitución de lactosuero y Yacón

Los valores obtenidos, según la Figura N° 12, muestran la influencia de los factores en la sinéresis. Se determinó que una mezcla del 36 % de lactosuero dulce y 6 % de extracto de yacón presentó un grado de sinéresis del 32%. Este porcentaje fue donde la sinéresis fue menor y estadísticamente significativa, por lo que se decidió que fue el porcentaje conveniente. Sin embargo, nuestro resultado resultó mayor en comparación con el trabajo previamente realizado por Montesdeoca *et al.* (2017), quienes trabajaron con una concentración de sustitución parcial de lactosuero al 30% con un 0.1% de estabilizante, obteniendo un desprendimiento de suero del 11%. Concluyeron que el suero no influyó en la sinéresis. Otros autores como López *et al.* (2021), también encontraron que la cantidad de sólidos lácteos incorporados no influyó significativamente en la retención del suero de la bebida láctea elaborada.

Según Macedo *et al.* (2015), la sinéresis es un fenómeno inestable dependiente del tipo de yogurt. Para el caso de un yogurt asentado fortificado, el porcentaje de sinéresis es menor que para el tipo batido. Sin embargo, para esta investigación se presentó una bebida láctea simbiótica proveniente de los fructooligosacáridos (FOS) de yacón, se obtuvieron valores de sinéresis de 30%, siendo próximo al valor hallado del investigador mencionado de 27%. Por otra parte, Iriberry (2014), indica que la sinéresis depende de factores externos tales como el pH, tiempo y temperatura de

incubación. Un elevado nivel de acidez puede causar desprendimiento de suero, considerándose como un defecto crítico en el yogurt. Una formulación de buena firmeza, sin evidencia de sinéresis, es esencial para lograr un yogurt de alta calidad.

La capacidad de retención de agua en el yogurt también depende del uso de aditivos como las gomas y la adición de minerales, lo que puede aumentar el porcentaje de sinéresis (Travezaño, 2009). Sin embargo, este efecto fue mínimo cuando se adicionó el extracto de yacón, ya que el fructooligosacárido (FOS) del yacón se considera una fibra con capacidad de retener el agua, lo que lo convierte en un estabilizante natural (Parra, 2014).

4.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (SINÉRESIS)

Tabla 27: Anova de la variable capacidad de retención de agua (Sinéresis)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: LACTOSUERO	9.99806	1	9.99806	0.51	0.5133
B: EXTRACTO DE YACÓN	79.7737	1	79.7737	4.10	0.1130
AA	2.73539	1	2.73539	0.14	0.7269
AB	247.103	1	247.103	12.69	0.0235
BB	7.57997	1	7.57997	0.39	0.5665
Falta de ajuste	360.494	3	120.165	6.17	0.0556
Error puro	77.9008	4	19.4752		
Total (corr.)	790.959	12			

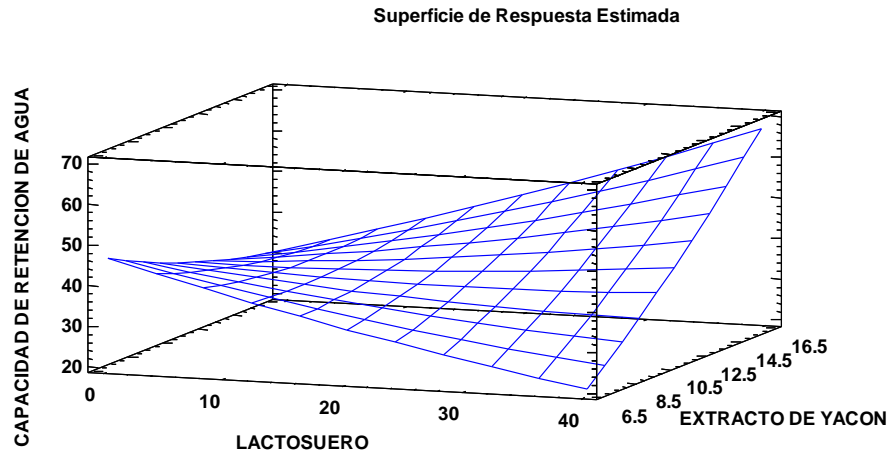


Figura 13: Gráfica de superficie de respuesta de la variable sinéresis.

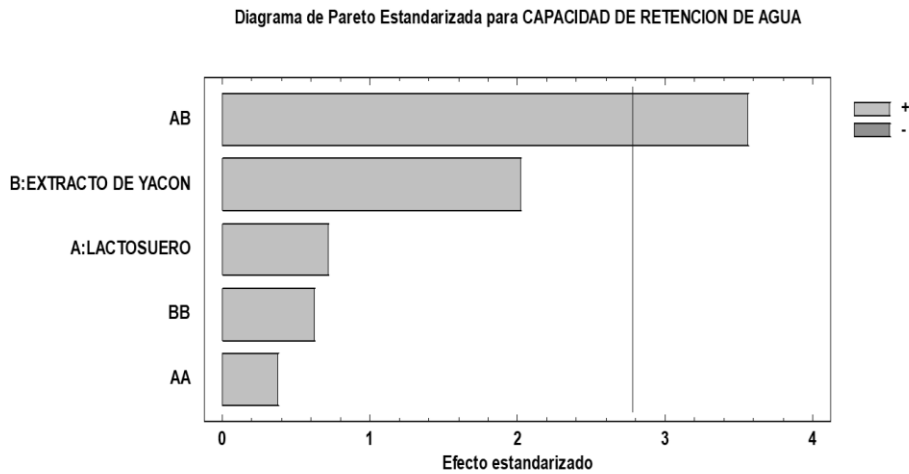


Figura 14: Diagrama de Pareto de la variable sinéresis

De acuerdo con los análisis estadísticos de la Tabla N° 27 “Anova”, se obtuvo un valor de p de 0.0235 a un nivel de significancia del 5%. Este valor fue inferior al nivel de significancia, lo que nos indica que los factores lactosuero y extracto de yacón influyeron significativamente entre los 13 grupos de tratamientos con respecto a la variable capacidad de retención de agua (Sinéresis).

Asimismo, en la Figura N° 13, tenemos el gráfico de superficie de respuesta, donde se muestran las respuestas estimadas para encontrar el punto óptimo respecto al porcentaje de sinéresis mediante la interacción de los factores. Se observó una curva cóncava hacia arriba cuando el extracto de yacón estuvo en mayor concentración y el resto de suero en menor proporción. Por lo

tanto, el factor que más influyó en la capacidad de retención de agua fue el extracto de yacón a comparación con el suero dulce. De los 13 tratamientos trabajados inicialmente, se encontraron valores adecuados de sustitución parcial al utilizar un 36 % de lactosuero dulce con un 6 % de extracto de yacón.

En la Figura N° 14, tenemos la gráfica de Pareto, de la cual se observan cuáles son aquellos factores que resultaron significativos respecto a la variable respuesta. Se ratifica que la intersección de los factores, porcentaje de lactosuero y porcentaje de extracto de yacón, resultaron significativos e influyeron en la generación de la sinéresis de la bebida láctea simbiótica, ya que son los únicos que pasaron el límite de significancia.

4.3. VISCOSIDAD DE LOS TRATAMIENTOS DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA

Tabla 28: *Valores de viscosidad de la bebida láctea simbiótica*

Tratamientos	% Lactosuero	% Ext. Yacón	Viscosidad (Cp)	SD
T1	1	8	1030.9	± 55.99
T2	1	15	896.2	± 46.91
T3	5	12	589	± 150.6
T4	16	7	765.1	± 84.25
T5	16	16	734.7	± 95.15
T6	30	8	458.9	± 202.1
T7	30	15	373.9	± 236.2
T8	36	12	562.6	± 161.0
T9	16	12	921.5	± 43.76
T10	16	12	982.2	± 45.82
T11	16	12	1004.2	± 49.69
T12	16	12	913.8	± 44.49
T13	16	12	892	± 47.63

De la Tabla N° 28, observamos los valores de la viscosidad alcanzada según los tratamientos. Se observa que el tratamiento con la mayor viscosidad fue el T1 con 1030.9 Cp, mientras que el de menor viscosidad fue el T7 con 373.9 Cp.

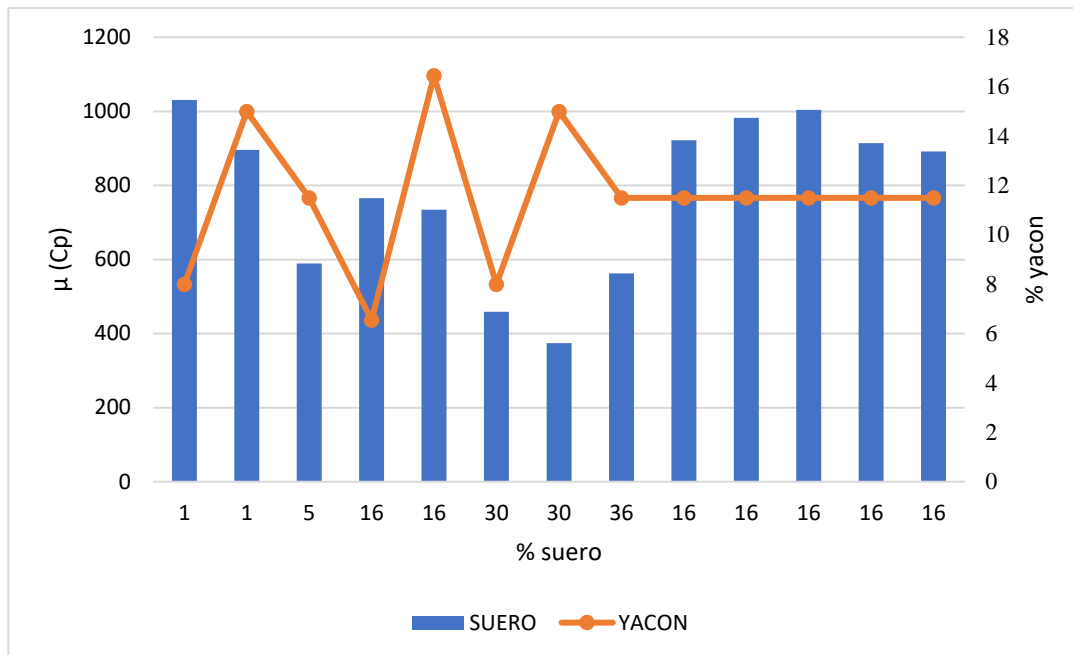


Figura 15 :Gráfica de viscosidad de la bebida láctea en función de porcentajes de sustitución de lactosuero y Yacón

De acuerdo con la Figura N° 15, se observó que la combinación de un 36 % de lactosuero dulce y un 6 % de extracto de yacón resultó en una viscosidad de 562.6 Cp, lo que la sitúa en el rango promedio en comparación con los demás tratamientos. Por lo tanto, se decidió que esta proporción es la más conveniente. Comparando nuestros resultados con los obtenidos Reyes y Ludeña (2015), quienes trabajaron con yogurt utilizando diferentes proporciones de sólidos (12% y 13%) junto con sucralosa y Stevia, encontraron valores de viscosidad de 639 Cp para el yogurt con stevia y 621 Cp para el yogurt con sucralosa. Sin embargo, es importante señalar que estos trabajos se realizaron a 60 RPM con un husillo S63, mientras que en nuestra investigación se trabajó con velocidades de 60 y 100 RPM.

Se estima que nuestros resultados, en su mayoría con altos niveles de viscosidad, pudieron deberse al porcentaje de adición de oligofructosa presente en el yacón. Se ha observado que la viscosidad se modifica al agregar fibra, debido a la interacción de las partículas. A mayores porcentajes de fibra, el gel de yogurt será más consistente (Huaripata y Bueno, 2016). Además, se ha demostrado que la viscosidad de una solución de FOS es mayor que la de una solución de sacarosa a la misma concentración, debido al mayor peso molecular de estos compuestos (Mariño *et al.* 2016). Esto optimiza el cuerpo y la textura del producto.

Por otro lado, Arango *et al.* (2019), evaluaron la viscosidad de una suspensión de yacón y obtuvieron valores entre 898 y 1652 cP, lo que reafirma la influencia de los fructooligosacáridos en niveles altos de viscosidad.

Otro posible factor que influyó en los resultados de viscosidad fue el contenido de cultivo láctico. Según Pinto (2013), ciertos tipos de bacterias presentes en los derivados lácteos pueden generar gomas y mucinas que proporcionan una viscosidad excesiva, lo cual puede ser indeseable en bebidas lácteas líquidas.

Además, Gavilanes *et al.* (2018), trabajaron con una bebida láctea que contenía un 50% de lactosuero y un 6% de harina de camote, y observaron que, a mayor porcentaje de lactosuero, la viscosidad aumentaba debido al contenido de sólidos presentes.

En cuanto a la temperatura, Rodríguez *et al.* (2009), indican que la viscosidad disminuye a medida que aumenta la temperatura hasta alrededor de los 70°C. Sin embargo, un tratamiento térmico por encima de esta temperatura puede desnaturalizar el 80 % de las proteínas solubles de la leche, lo que puede afectar las propiedades del gel formado después de la acidificación. En nuestra investigación, se trabajó a una temperatura de 85°C/10 min, lo que podría haber contribuido a la elevada viscosidad del producto.

4.3.1. REOGRAMA DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA DE LA MUESTRA PROPORCIONES ADECUADAS DE SINERÉSIS Y VISCOSIDAD.

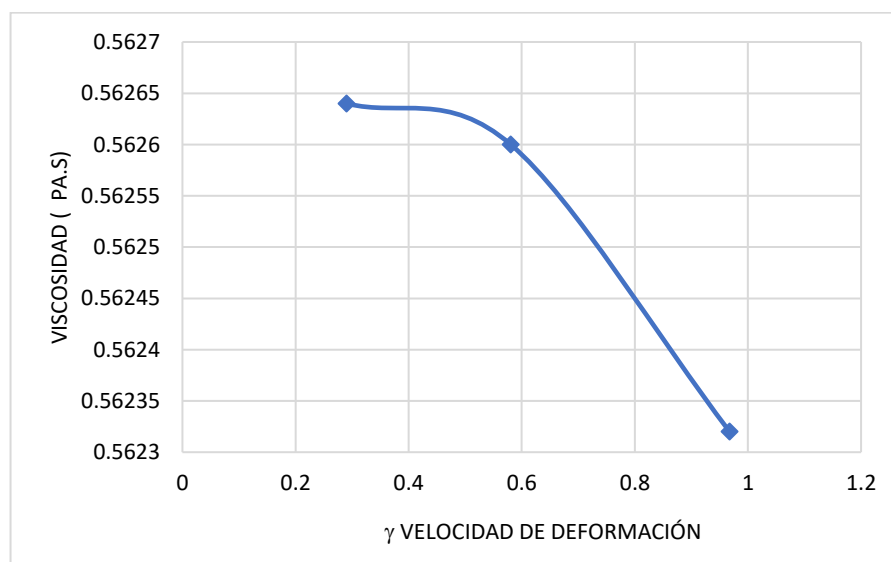


Figura 16: Reogramas de la bebida láctea

La Figura N° 16, presenta los reogramas de la bebida láctea con los porcentajes óptimos, que muestran la relación entre la viscosidad y la velocidad de deformación. Se observó que la viscosidad disminuyó a medida que aumentó la velocidad de deformación, y la viscosidad comenzó a disminuir hasta llegar a un esfuerzo de 0.56 Pa*s, que se conoce como el esfuerzo de umbral o cizalla. Los parámetros reológicos obtenidos mediante el modelado de Herschel-Buckley fueron los siguientes: Índice de consistencia (K) = 0.55 Pa, Esfuerzo umbral (σ_0) = 3.91178 Pa, e Índice de comportamiento (n) = 1.65.

Del reograma analizado y sus constantes reológicas encontradas, se concluye que el comportamiento reológico de la bebida láctea simbiótica presento la forma de un fluido no newtoniano, ya que su viscosidad varió según la velocidad de deformación, y presentó un comportamiento plástico general. Para que un fluido tenga comportamiento visco plástico, se debe cumplir que $\sigma_0 > 0$ y $n > 1$. Se observó un comportamiento inicial sólido hasta que superó un esfuerzo cortante mínimo, momento en el cual comenzó a deformarse a medida que aumentó la velocidad de cizallamiento. Este comportamiento se debe a la interacción de fuerzas de Van der Waals y puentes de hidrógeno que producen atracción entre partículas, así como fuerzas de repulsión debido a potenciales de la misma polaridad, que crean coloides con fuerzas repulsivas que tienden a formar estructuras de tipo gel (Roudot, 2002 y Ramírez, 2006).

Comparando nuestros valores con lo investigado por Macedo *et al.* (2015), quiénes estudiaron un yogurt asentado con adición de omega 3, se encontraron que el índice de consistencia máximo fue de 1.16 Pa.s y el mínimo de 0.17 Pa.s con un índice de comportamiento del fluido entre 0.53 y 0.84. Estos valores diferentes a 1 indican que su yogurt con omega 3 se define como un fluido no newtoniano del tipo plástico general. Leurino *et al.* (2023), evaluaron el comportamiento reológico de una bebida de lactosuero y encontraron un comportamiento tixotrópico no newtoniano, con un índice reológico (n) entre 0.21, 0.40, 0.43, 0.28 y 0.60. En nuestro caso, la bebida simbiótica presentó un comportamiento plástico general y se ajustó al modelo de Herschel-Bulkley.

Por otro lado, Castillo *et al.* (2004), trabajaron con un yogurt de lactosuero comparando la adición de fibra y pectina como estabilizantes, y encontraron que la combinación de ambos factores mejoraba las características reológicas. Es posible que la interacción entre el lactosuero y la fibra del yacón haya influido en los parámetros reológicos, ya que el índice de consistencia y la

viscosidad podrían estar influenciadas por los sólidos agregados, que elevan la velocidad de corte, atribuyéndose a los efectos de la ruptura de los enlaces débiles entre las proteínas.(Macedo *et al.* 2015)

Arana (2012), describe al yogur como un fluido pseudoplástico no newtoniano con disminución por cizallamiento, tensión de fluencia, viscoelasticidad y un comportamiento altamente dependiente del tiempo. La caracterización reológica del yogur es un desafío en el control de calidad debido a su escasa reproductibilidad y sensibilidad a la preparación de la muestra. Saravacos y Maroulis (2001), consideran al yogur como material complejo con propiedades fluidas y semisólidas, cuyas propiedades reológicas pueden expresarse mediante la ley de potencia o el Modelo Herschel-Bulkley. Una fuerte degradación del yogur puede deberse a una alta velocidad de cizallamiento.

4.3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA VARIABLE VISCOSIDAD

Tabla 29: *Anova de la variable viscosidad*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: LACTOSUERO	150943.	1	150943.	65.64	0.0013
B: EXTRACTO DE YACÓN	8626.22	1	8626.22	3.75	0.1248
AA	50827.5	1	50827.5	22.10	0.0093
AB	617.522	1	617.522	0.27	0.6316
BB	41442.0	1	41442.0	18.02	0.0132
Falta de ajuste	213498.	3	71166.0	30.95	0.0032
Error puro	9197.63	4	2299.41		
Total (corr.)	572095.	12			

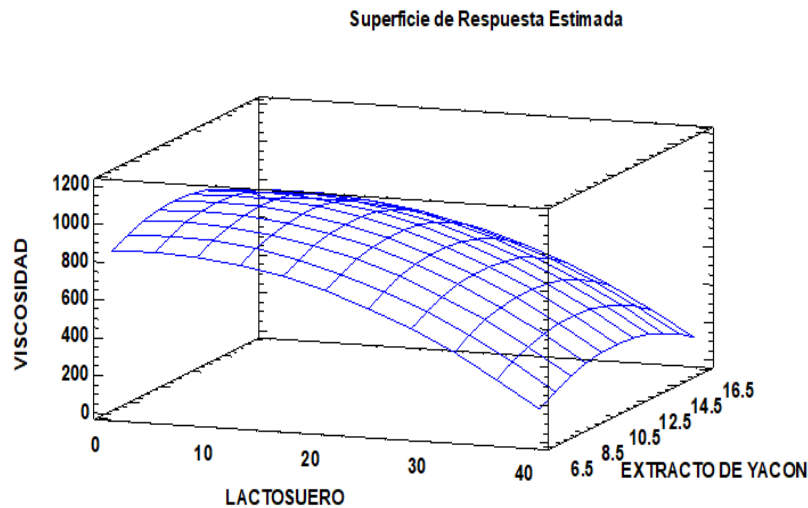


Figura 17: Gráfica de superficie de respuesta variable Viscosidad

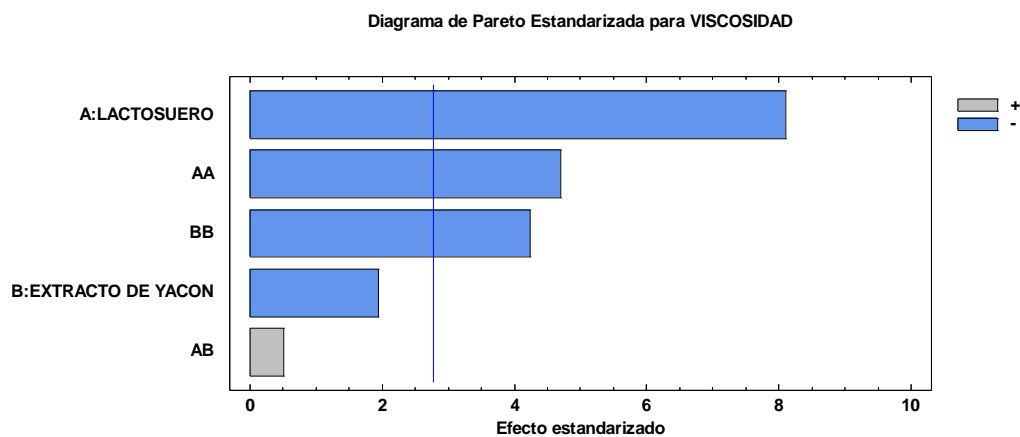


Figura 18: Diagrama de Pareto de la variable viscosidad

De acuerdo con los análisis estadísticos de la Tabla N° 29 Anova, se observó que, a un nivel de significancia del 5 % el valor de p resultó ser mayor al nivel de significancia. Esto indica que las proporciones de extracto de yacón y lactosuero resultaron iguales entre los 13 grupos de tratamientos en lo que respecta a la variedad de viscosidad.

Además, en la Figura N° 17, se presenta el gráfico de superficie de respuesta donde se muestran las respuestas estimadas para encontrar el punto óptimo en términos de viscosidad. La curva en el gráfico resultó cóncava hacia arriba cuando la concentración de lactosuero fue mayor y la del yacón menor, lo que sugiere que el factor que más influyó fue la viscosidad en el lactosuero. De

los 13 tratamientos inicialmente estudiados, se encontraron valores óptimos de sustitución parcial de 3.9 % de lactosuero dulce con 10.4 de extracto de yacon.

En la Figura N° 18, se muestra la gráfica de Pareto, la cual indica cuáles fueron los factores significativos respecto a la variable respuesta. Se ratifica que la intersección de los factores; es decir, el porcentaje de lactosuero y el porcentaje de extracto de yacon, no resultaron ser significativos en la viscosidad de la bebida láctea simbiótica, ya que ninguno superó el límite de significancia.

4.4. ACTIVIDAD SINÉRGICA (SIMBIOSIS) DE LA BEBIDA LÁCTEA CON MEJORES PROPIEDADES FÍSICAS (Sinéresis y Viscosidad)

Tabla 30: Porcentaje de actividad sinérgica de la bebida láctea simbiótica.

Tratamiento	Temperatura °C	Cultivo %	Actividad sinérgica)	SD
U1	40	2	3.01	± 0.60
U2	40	2	2.16	± 1.06
U3	40	2	2.47	± 0.43
U4	40	2.5	0.50	± 0.12
U5	40	2.5	0.67	± 1.19
U6	40	2.5	1.76	± 0.68
U7	40	3	3.05	± 0.72
U8	40	3	2.03	± 1.04
U9	40	3	4.10	± 1.03
U10	45	2	3.26	± 0.35
U11	45	2	2.76	± 0.79
U12	45	2	1.21	± 1.07
U13	45	2.5	1.69	± 0.59
U14	45	2.5	0.85	± 0.58
U15	45	2.5	1.45	± 0.43
U16	45	3	0.28	± 1.33
U17	45	3	2.16	± 1.17
U18	45	3	1.86	± 1.01

Según los datos de la Tabla N° 30, se presenta el porcentaje de sinergia o efecto simbiótico de la bebida simbiótica en términos de la inhibición del crecimiento de bacterias patógenas como la *E. coli*. Esto efecto se atribuye al carácter prebiótico de la bebida, debido a la presencia de FOS del yacon, en comparación con la inulina. Se observó que el tratamiento que mostró la mayor sinergia

fue aquel elaborado a 40°C con un 3 %, con un valor de 4.10 %, mientras que el tratamiento con menor sinergia fue el trabajado a 45°C con un 3 %, con un valor de 0.28 %.

Comparando nuestros resultados con los de Fornelli *et al.* (2014), quienes llevaron a cabo un estudio *in vitro* evaluando la capacidad simbiótica de bebidas lácteas simbióticas a base de lactosuero con adición de inulina y fructooligosacáridos, encontramos resultados aproximados a nuestros valores de actividades de prebiótica con 1.12 a 1.81. Este fenómeno se explica por el hecho de que el desarrollo del probiótico fue favorecido al reducirse el crecimiento de *E. coli* y *Salmonella* en el medio fructooligosacárido comparado con la inulina. Un mayor valor de actividad prebiótica indica un mayor desarrollo de las bacterias probióticas y una reducción en el número de *E. Coli*, lo que sugiere un uso selectivo más pronunciado de los prebióticos por parte de los probióticos y una limitación en el uso de prebióticos por parte de las bacterias patógenas (Rubel, 2015).

En adición, contamos con los resultados de la investigación previamente realizada por Campos *et al.* (2012), quienes realizaron recuentos del material fecal de *bifidobacterias* y *lactobacilo* en ratas alimentadas con harina de yacón e inulina como grupo control. Encontraron menores cantidades de enterobacterias, lo que promovió el crecimiento de *bifidobacterias* y *lactobacilos*. Además, estimularon el sistema inmunitario intestinal con la activación de células T e inducción de IL-10 e IFN, lo que demostró que los FOS del yacón son metabolizados eficientemente por *bifidobacterias* y *lactobacilos in vitro*. Para la presente investigación, se observó un aumento en la población de lactobacilos en el recuento de materia fecal, lo cual se atribuye al efecto simbiótico causado por los FOS presentes en el extracto de yacón, (Véase Figura 20).

Asimismo, desde el punto de vista de la investigación realizada por Ferreira *et al.* (2021), quienes elaboraron un yogurt simbiótico, se evaluó el efecto sinérgico en función de características microbiológicas y la tolerancia al pH. Encontraron que sus formulaciones se encontraron entre 3,80 a 3.9 en el pH, lo que indica la actividad metabólica de *Lactobacillus*. Estas colonias se multiplicaron a un pH más bajo, formando entre $1,62 \times 10^7$ y $1,8 \times 10^7$ UFC/g, e inhibieron el desarrollo de bacterias patógenas. En comparación con nuestra investigación, los resultados del pH fueron mayores y los recuento de BAL fue menor. Se estima que esto fue debido a la matriz vegetal de prebiótico y al tiempo de fermentación en la incubadora.

Para complementar, Ricaurte *et al.* (2017), reportan los resultados de su investigación en una bebida simbiótica a base de lactosuero incorporando inulina y oligofruktosa a temperaturas de incubación de 42 y 37°C. Evaluaron el efecto simbiótico en base al impedimento de crecimiento de *coliformes* por bacterias probióticas, obteniendo una formación de *lactobacilos* de 6.6 % y sin coliformes, con una incorporación de inulina y oligofruktosa del 0.85%. La adición de prebióticos ofrece un potencial significativo debido a sus características simbióticas beneficiosas para la salud.

Mazza (2006), argumenta que la sinergia probióticos y prebióticos ocurre en los intestinos delgado y grueso de los seres humanos. Dentro de la microbiota intestinal se encuentran *L.Acidophilus* y especies de *Bifidobacterium*, lo que demuestra con la inhibición del crecimiento de patógenos, la producción de ácidos orgánicos y bacteriocina y la desconjugación de las sales biliares. Además, estos probióticos disminuyen conforme avanza la edad, se consumen antibióticos y se experimenta estrés. De acuerdo a los resultados, nuestra bebida incrementó la cantidad de colonias de lactobacilos en las heces de las ratas.

4.4.1. EFECTO PREBIÓTICO DE LA BEBIDA LÁCTEA SIMBIÓTICA EN BASE AL TIEMPO DE REDUCCIÓN DE COLONIAS DE *E.COLI* Y CRECIMIENTO DE COLONIAS DE *L.ACIDOPHILUS*.

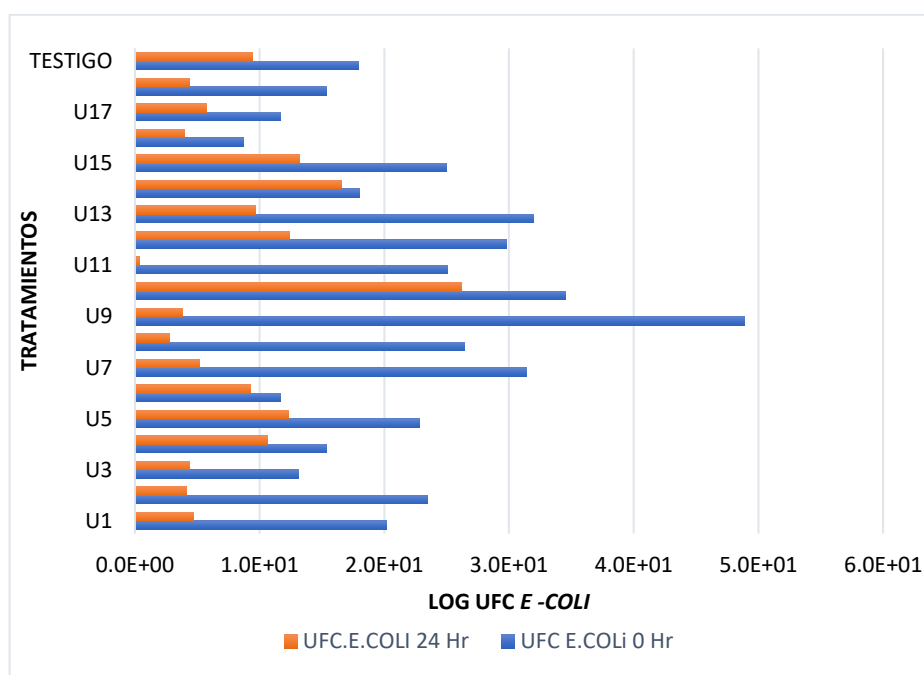


Figura 19: Inhibición de colonias *Escherichia coli* de material fecal.

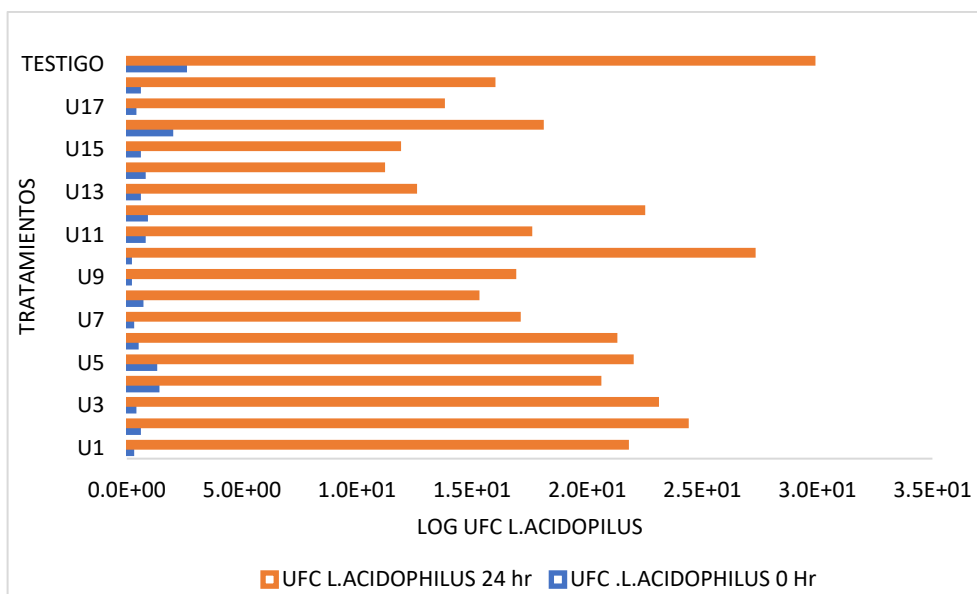


Figura 20: Crecimiento de colonias *Lactobacillus acidophilus* de materia fecal.

Si observamos las Figuras N° 19 y 20, se muestran los recuentos, expresados en log ufc/g de material fecal, de los microorganismos anaerobios y de los lactobacilos en las heces de las ratas estudiadas. Al analizarlas, se determinó que al inicio de la experimentación, la cantidad de bacterias de *E.Coli* fue de 4.9×10^2 UFC/g de heces y disminuyó considerablemente a 2.8×10^1 UFC/g de heces. Esta inhibición se debió al efecto sinérgico de los probióticos y prebióticos, originado por la oligofruktosa presente en el yacón, que interactúa con probióticos. Al inicio de la experimentación, el número de colonias de probióticos era casi nulo, con 0.1×10^1 UFC/g heces, y aumentó hasta 2.7×10^2 UFC/g, demostrando así la capacidad simbiótica de la bebida láctea simbiótica. Esto significa que, dentro del microbiota intestinal, la cantidad de biomasa patógena fue reducida por las bacterias probióticas, entre las que se encuentra el *Lactobacillus acidophilus*.

Teniendo en cuenta la investigación de Burkert *et al.* (2012), que evaluó la actividad sinérgica de bebidas lácteas simbióticas con pruebas *in vitro*, realizando recuentos de colonias de *bifidobacterium* y *L.acidophilus* a partir de fructooligosacáridos (FOS), se reportaron cantidades de colonias de *bifidobacterium* y *L.acidophilus* de 1.7×10^7 og ufc/ml al inicio de la investigación. Estas cantidades se incrementaron a 4.8×10^6 log ufc/ml, lo que demostró que los FOS fueron preferentemente consumidos por los probióticos, aumentando a expensas de otras bacterias del intestino. Comparado con los resultados obtenidos en nuestra investigación, las cantidades de colonia fueron menores, lo que se estima que podría deberse al periodo de suministro y/o

fermentación en el estómago de las ratas, que solo fue 15 días, mientras que en la investigación de referencia fue de 21 días. Además, se trabajó con otro prebiótico aislado industrialmente.

Para complementar, se tiene lo propuesto por Ramírez *et al.* (2011), quienes evaluaron el crecimiento de biomasa (*Lactobacillus sp*) mediante pruebas digestivas *in vitro*. Reportaron que el aumento del prebiótico se debió al consumo de FOS (nistosa y 1-kestosa) durante un tiempo de fermentación de 24 horas. La cantidad de lactobacilos a las 24 horas fue de 2780 UFC/mL. Además, mencionan que al agregar un prebiótico en las pruebas *in vitro*, la tolerancia al pH fue 2.0 y a las sales biliares al 0.3%, revelando una viabilidad de 39.67 y 86.17% respectivamente. Respecto a la cinética de crecimiento de *Lactobacillus sp*, el medio al que se añadió el prebiótico tuvo un tiempo de duplicación mayor.

En adición, Paz *et al.* (2014), investigaron el efecto prebiótico de bebidas lácteas simbióticas a partir de leche de cabra. Concluyeron que estas bebidas también estimularon el crecimiento de *L. caseim* incrementando a 9×10^7 , esto se debería a la inulina.

Por otro lado, Roberfroid (2007) y Campos *et al.* (2012), reportan que un alimento rico en FOS promueve el desarrollo de *bifidobacterium* y *L. Acidophilus*, lo que contribuye a un colon saludable. Además, se les atribuye la inhibición del crecimiento de bacterias putrefactivas como *E. Coli*, *Salmonella* y *H.Pylori*. Cuando los FOS se fermentan, producen ácido láctico y AGCC, responsables de disminuir el pH y prevenir el crecimiento de estas bacterias. Por lo tanto, la combinación de FOS con probióticos forma una simbiosis que brinda beneficios para la salud, incluida una actividad sinérgica contra patógenos causantes de gastritis tipo B, úlceras pépticas y cáncer de estómago tal como *Helicobacter pylori*. Estudios en pruebas *in vitro* e *in vivo* indican que las bacterias lácticas tienen la capacidad de influir en el medio ácido del estómago para debilitar los patógenos (FAO, 2006).

De acuerdo a los análisis estadísticos de la Tabla de Anova (Anexo N° 12), se observa que a un nivel de significancia del 5%, el valor P resultó mayor al nivel de significancia, lo que indica que la interacción entre los factores temperatura de incubación y % de cultivo no influye significativamente entre los 18 grupos de tratamientos con respecto a la variable actividad sinérgica. Sin embargo, al examinar detalladamente la Tabla de análisis de varianza, se observa que el factor porcentaje de cultivo presenta una diferencia significativa con respecto a la actividad sinérgica.

Dado que uno de los factores presentó una diferencia significativa en relación con la variable respuesta, se llevó a cabo una prueba de comparaciones. Según la Tabla N° 32 (Anexo 12), se observa que el tratamiento con un 3% de adición de cultivo simbiótico fue diferente en comparación con los tratamientos con un 2.5 % y 2 % de adición de cultivo.

Además, en la Figura N° 30 (Anexo 12), se presenta el grafico de Pareto, donde se muestra el nivel de significancia de los factores en estudio con respecto a la actividad sinérgica. Se observa la línea de significancia, que indica que las interacciones entre el factor temperatura y cultivo no influyeron en la actividad simbiótica al no superar la línea de preferencia. En cambio, el factor de % de adición de cultivo simbiótico sí superó esta línea, lo que indica que fue el factor que más influyó en la variable respuesta de la bebida láctea simbiótica. A partir de los 18 tratamientos inicialmente investigados, se determinó que el tratamiento más adecuado fue de 40°C con un 3% de adición de cultivo.

4.5. ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL

4.5.1. ANÁLISIS FISCOQUÍMICOS DEL PRODUCTO FINAL

Tabla 31: *Ensayos fisicoquímicos*

Ensayo	Unidad	R1	R2	R3	Promedio ± SD
Acidez	% Ac. Láctico	0.95	0.91	0.95	0.937 ± 0.023
pH	-	4.3	4.3	4.3	4.13 ± 0.155
Densidad	Kg/m ³	1048.28	1050.1	1047.98	1048.7 ± 1.472

En la Tabla 31 se presentan los resultados del análisis fisicoquímico (pH, acidez y densidad) de la muestra final de bebida láctea simbiótica con FOS (extracto de yacón), que se detallan a continuación:

En cuanto al pH, se obtuvo un valor de 4.13, el cual se encuentra bastante cercano a los reportados por Thamer y Barretto (2006). Estos investigadores analizaron una bebida fermentada simbiótica, que incluía la sustitución de lactosuero y suplemento prebiótico (FOS Syrup), cuyos valores fueron entre 4.7 y 4.8. Estos valores están ligeramente por encima de los obtenidos en nuestra investigación. En contraparte los resultados de Ruiz y Ramírez (2009), mostraron valores de pH entre 3.96 a 4.45 para su yogurt con probióticos e inulina. En comparación con nuestros estudios,

nuestro pH se encuentra dentro de ese rango. Es importante destacar que los yogures con adición de otros componentes presentan un pH más bajo, lo cual podría atribuirse a la adición de fibra proveniente de los fructooligosacáridos como prebióticos.

Después de realizar el análisis de acidez en las muestras investigadas, se encontró que en un promedio de 4 horas produjo 0.94 % de ácido láctico. Estos resultados difieren con los resultados de Thamer y Barretto (2006), cuyos valores encontrados fueron del 0.46%, 0.48% y 0.50%, respectivamente. Por otra parte, se tienen los resultados de otro yogurt simbiótico con adición de inulina realizado por Ruiz y Ramírez (2009), quienes reportaron que a las 24 horas de incubación se produjo un 1.03 % de ácido láctico.

Además, según el reglamento nacional aprobado por MINAGRI (2017), nuestro producto cumple con este parámetro al encontrarse por encima de 0.6 % de ácido láctico. Por lo tanto, se confirma que la acidez de la bebida láctea simbiótica con extracto FOS de yacón se encuentra dentro de las especificaciones apropiadas. Se estima que la disminución de la acidez podría estar relacionada con el porcentaje de fibra añadida.

En lo que concierne a la densidad del producto en estudio, se registró un valor de 1048.7 kg/m³ o lo que es equivalente, 1.049 g/cc. Sin embargo, este valor resultó ser menor en comparación con los reportados por otros investigadores. Por ejemplo, Huaripata y Bueno (2016), encontraron valores de densidad de 1,055 g/cm³ y 1,062 para el yogurt simbiótico con extracto de maca y yacón. Además, se obtuvieron resultados de 1,06; 1,064; 1,07 y 1,073 g/cm³ para el yogurt simbiótico con adición de fibra de arveja (Chuco, 2019). A partir de estos resultados, se observa que los valores de densidad tienden a aumentar, lo cual podría atribuirse al porcentaje de prebióticos añadidos, como la fibra.

4.5.3. COMPOSICIÓN FISCOQUÍMICA DEL PRODUCTO FINAL

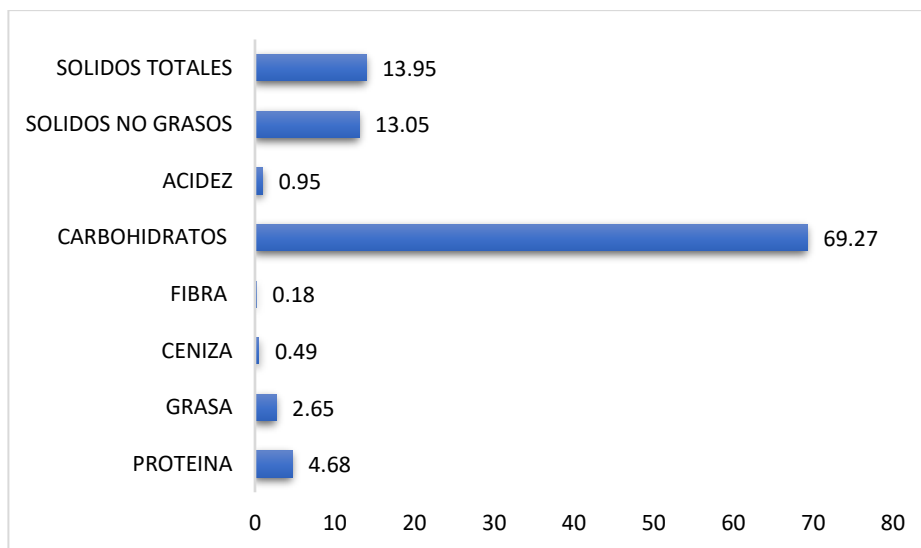


Figura 21: Composición fisicoquímica del producto final

La Figura N°21, presenta los resultados del análisis fisicoquímico del producto simbiótico. En este caso, se aprecia que el contenido de sólidos fue de 13.05%. Si lo contrastamos con el reglamento nacional de productos lácteos del MIDAGRI (2017), este valor se encuentra dentro de los parámetros establecidos, ya que el porcentaje reportado es del 13.05%, que es el mínimo exigido por la norma, equivalente al 8.2g/100g o 8.2%.

El contenido de carbohidratos de la bebida láctea simbiótica con lactosuero y FOS (extracto de yacón) resultó de 69.27%. En comparación con otras investigaciones, resultó ser mayor. Por ejemplo, Thamer y Barretto (2006), reportaron un contenido de glúcidos del 16,27 % para el yogurt de suero con probióticos y prebióticos, mientras que Parra (2014), obtuvo un 8.72 % para su yogurt de yacón. Se considera que este valor elevado de carbohidratos en el yogurt fundamentalmente se debe a la adición de lactosuero, cuyo componente mayoritario es la lactosa, siendo este azúcar el componente más alto de los sólidos lácteos con un 75% (Mazza, 2006).

El porcentaje de cenizas de la bebida láctea simbiótica con adición de extracto de yacón, presento como resultado un 0.49%, se estima que este valor estaría en función al porcentaje adicionado de fibra proveniente del yacón tal como lo reportan Thamer y Barretto (2006), en su bebida láctea simbiótica adicionado con Fos que encontró 0.53%, en adición el yogurt de yacón de Parra (2014) obtuvo 0.62 % de cenizas. Si comparamos el valor obtenido de 0.49 con los autores mencionados resulta ser un valor no muy alejado y similar a lo hallado.

El contenido de grasa obtenido para la bebida láctea simbiótica fue de 2.65 %, considerado bajo en comparación con los requisitos fisicoquímicos del reglamento nacional de productos lácteos del MINAGRI (2017), que indica un contenido mínimo de grasa láctea del 3%. Sin embargo, este valor fue superior a los rangos de valores reportados por Thamer y Barretto (2006), que obtuvieron con 0.1% en un yogurt de lactosuero con suplemento de fructooligosacáridos. Además, la investigación de Londoño *et al.* (2008), que elaboró una bebida láctea probiótica a partir de suero de queso fresco, obtuvo valores de grasa de 1 %, más cercanos a los obtenidos en el yogurt simbiótico a base de lactosuero y FOS de yacón. En resumen, el producto final resultó bajo en grasas, lo que podría considerarse beneficioso para la salud. Adicionalmente, el bajo porcentaje de grasa podría atribuirse a la presencia de fibra, debido a su capacidad para generar ácidos grasos de cadena corta (AGCC), interactuando con los probióticos y reduciendo los niveles de colesterol (Ortiz, 2017).

En cuanto a las proteínas, la bebida láctea simbiótica presentó un 4.68 % superando el valor mínimo especificado para un yogur según el DS 007. 2017.AG, aprobado por MINAGRI (2017), que establece un valor mínimo de 2.7% de proteína láctea. También resultó ser superior a los reportes de Parra (2014) quien obtuvo un 2.876% para el yogurt de yacón. Adicional a esto, Gorozabel *et al.* (2020), en su yogurt a base de lactosuero reportaron valores de proteína del 4.13%, siendo este el valor más cercano a lo encontrado en la investigación. Se estima que esto se debe a que ambas formulaciones incorporaron lactosuero, lo que aumentó el contenido proteico del producto. Las proteínas del suero son un grupo heterogéneo que representa el 20% del total de proteínas lácteas (Mazza, 2006).

Por último, en cuanto a la fibra de la bebida láctea simbiótica, fue de 0.18%. Si la comparamos con otros autores, resultó menor que el 0.74 % reportado con Parra (2014), al elaborar un yogurt de yacón. También se encuentra por debajo de lo reportado por Chuco (2019), con un 0.23% de fibra en su yogurt simbiótico de maca con FOS de yacón, siendo este último el valor más cercano al obtenido en nuestra investigación. Dado que ambos contienen yacón como fuente de fibra, la cual actúa como prebiótico para el yogurt probiótico, convirtiéndolo en un producto simbiótico. A pesar de haber obtenido un bajo nivel de fibra en comparación con los autores citados, sigue siendo un contenido significativo, ya que la composición típica de un yogurt no incluye fibra. Esta fibra

actúa como prebiótico para el yogur probiótico, generando efectos beneficiosos al estimular el crecimiento de bacterias beneficiosas en el colon (Mazza, 2006 y Ortiz, 2017).

4.5.2. EVALUACIÓN SENSORIAL DE LA MUESTRA CON MAYOR ACTIVIDAD SINÉRGICA.

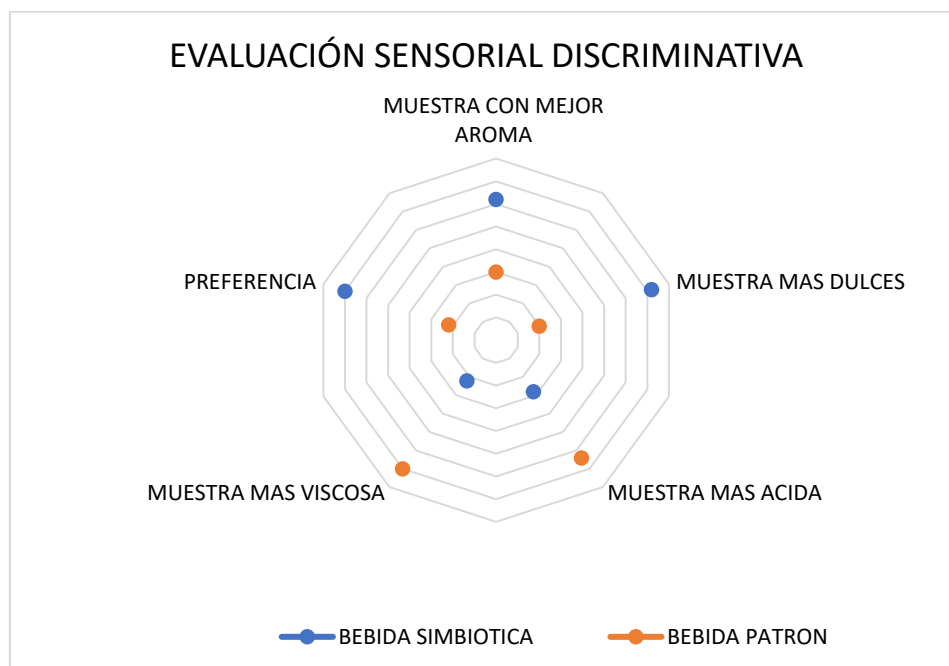


Figura 22: Diagrama radial de Análisis sensorial con respuestas acertadas.

En la Figura N° 22, se presenta el diagrama de telaraña que muestra los resultados de los análisis sensoriales realizados a la bebida láctea simbiótica en comparación con un yogurt natural de suero (Base). Estas respuestas fueron obtenidas de la prueba discriminativa ejecutada, en la cual se evaluó la muestra con la mayor cantidad de respuestas acertadas con respecto a los atributos sensoriales. Se obtuvieron 31, 36 y 35 respuestas acertadas respectivamente para los atributos aroma, dulzor y preferencia. La muestra patrón fue la preferida con 32 y 35 respuestas acertadas por los atributos de acidez y viscosidad. De este análisis se concluye que opciones a favor respectivamente de un total de 46 jueces. Con respecto a los atributos acidez y viscosidad la discriminación fue para la muestra patrón con 32 y 35 respuestas acertadas. De este análisis se concluye que nuestra bebida láctea simbiótica fue preferida, aunque se destaca que debe mejorar en su viscosidad.

Al comparar el grado de preferencia de nuestro producto simbiótico con el yogur simbiótico evaluado por Chuco (2019), se observó que la muestra con menores cantidades de FOS (extracto) de yacón presentó mejores atributos y obtuvo aceptabilidad en el olor, color, sabor y apariencia, lo que coincide con nuestros resultados, dado que ambas bebidas contenían FOS de yacón. Por otro lado Gutiérrez *et al.* (2009), reportaron los resultados de su evaluación sensorial de un yogurt probiótico con lactosuero, donde el tratamiento con un 85% de lactosuero resultó aceptable sensorialmente en todas sus características evaluadas, como aroma, sabor, color y consistencia. En comparación con los resultados de la bebida láctea simbiótica, se observa que, al contener suero dulce en su formulación, tuvo menor preferencia en cuanto a su consistencia.

Las pruebas afectivas describen las reacciones subjetivas de los jueces hacia un producto, indicando si les agrada o no, por lo general, se realizan con consumidores y pueden incluir mediciones del grado de satisfacción y de aceptación. Por otro lado, las pruebas discriminatorias no requieren conocer la sensación subjetiva que provoca un alimento, sino que buscan establecer si hay diferencia entre dos o más muestras y determinar la magnitud de esa diferencia (Cárdenas *et al.* 2018). Se escogieron las pruebas discriminativas debido a que al tratarse de un producto innovador, era necesario evaluar la magnitud de la diferencia con otras marcas y productos existentes.

Para el análisis estadístico, se llevó a cabo pruebas de hipótesis utilizando la prueba de T de Student (Anexo 19), donde se determinó la prueba de significancia ($p \leq 0,05$) evaluando las características organolépticas. Estas muestras se sometieron a una evaluación sensorial de 46 jueces semi entrenados. (Ver resultados de votos en Anexo 21), utilizando el modelo propuesto por (Ureña *et al.* 1999) .

Del análisis realizado, se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna, ya que $T_{cal} < T_{tab}$, lo que significa que se encontró dentro de la zona de aceptación. Esto quiere decir que se encontró dentro de la zona de aceptación. Según el análisis de la prueba T de Student, no existen diferencias significativas entre las muestras evaluadas con respecto a los atributos de aroma, dulzor y preferencia, evaluados con un nivel de significancia del 5%. No se realizó la prueba de Student para los atributos de acidez y viscosidad, en vista de que no se obtuvieron respuestas acertadas para estos factores.

4.5.4. ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

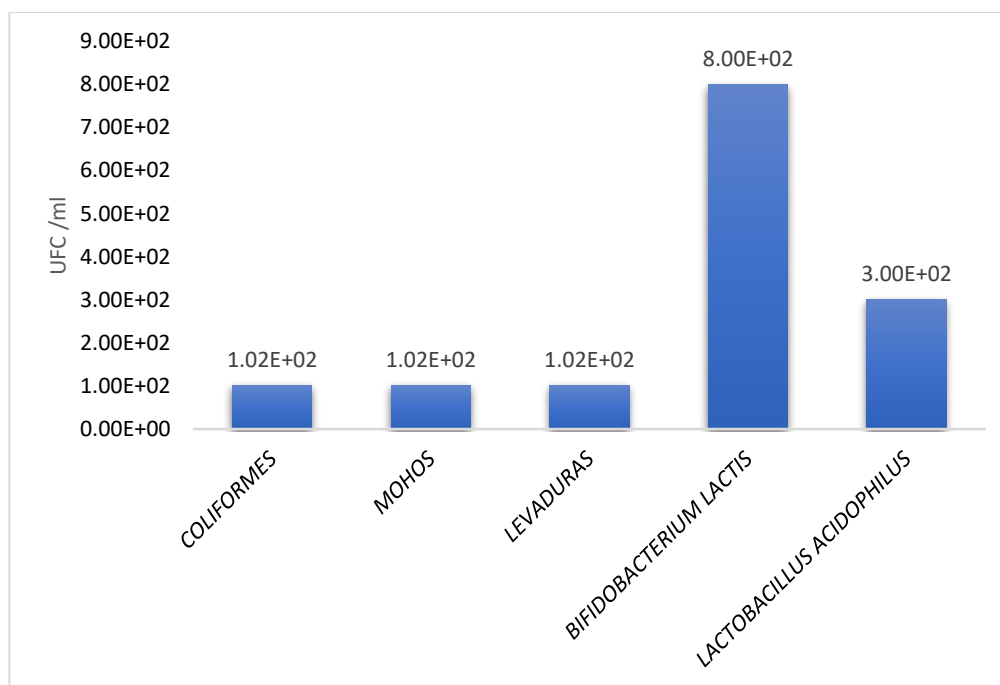


Figura 23: Características microbiológicas del producto final

Los análisis microbiológicos realizados para determinar las especificaciones sanitarias de la bebida simbiótica arrojaron resultados inferiores a 100 UFC/ ml para la numeración de *coliformes*, *mohos* y *levaduras*. Estos resultados cumplen con las especificaciones sanitarias establecidas en la directiva nacional de la leche y derivados del MINAGRI (2017), que establecen límites microbiológicos para el yogurt. Según esta directiva, al menos 2 muestras deben tener recuentos comprendidos entre un mínimo de 10 y un máximo de 10^2 UFC/g para *coliformes*, *mohos* y *levaduras*. de acuerdo a los criterios de muestreo establecidos. Por lo tanto, se demuestra que la bebida láctea asegura la inocuidad durante su elaboración. Sin embargo, los microorganismos de identidad aún no cumplen con los requisitos legales del reglamento de productos lácteos del (MINAGRI, 2017).

El bajo recuento de bacterias probióticas puede atribuirse al tiempo de incubación utilizado en el estudio. Por ejemplo, Parra (2014), realizó recuentos de *L.acidophilus* y *Bifidobacterium brevis* en muestras de yogurt de yacón, observando un crecimiento de 2.21×10^5 a 2.28×10^5 UFC/ml durante un periodo de 72 horas. En comparación de esta investigación, se utilizó un tiempo de incubación de 24 horas, lo que sugiere que puede no haber sido suficiente para que las bacterias alcancen su fase exponencial de crecimiento.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Las proporciones adecuadas en la elaboración de la bebida láctea, mediante la sustitución parcial fueron determinadas como 36 % de lactosuero dulce y 6 % de extracto de yacón, resultando el T8 la que presentó menor sinéresis con 32%. En cuanto a la viscosidad todos los tratamientos presentaron alta viscosidad, siendo el tratamiento viable con 563 Cp, que presentó parámetros reológicos de σ_0 , n y k de 1.657, 0.402 Pa y 0.163 Pa.s respectivamente. La bebida láctea simbiótica con adición de FOS del extracto de yacón mostró un comportamiento de fluido no newtoniano del tipo plástico general. Estos hallazgos subrayan la viabilidad de producir una bebida láctea simbiótica con potenciales beneficios para la salud intestinal y una buena aceptación sensorial.
- Todos los grupos experimentales mostraron actividad sinérgica entre el probiótico y el prebiótico, con crecimiento de *Lactobacillus acidophilus* y reducción de *E. coli*. La temperatura de incubación y el porcentaje de cultivo no influyeron en esta actividad, pero el porcentaje de cultivo sí afectó significativamente. El tratamiento más efectivo fue 40°C con 3% de cultivo, similar a la muestra de control, demostrando su capacidad simbiótica con una actividad sinérgica de 4.1 por ciento.
- Después de analizar las propiedades fisicoquímicas, la bebida láctea por sustitución mostró una composición con 13.95% de sólidos totales, 4.68% de proteína, 2.65% de grasa, 0.49% de ceniza, 0.18% de fibra y 69.27% de carbohidratos, con una acidez del 0.95% y una densidad de 1048.28 kg/m³. Además, se encontraron bacterias de identidad como *Bifidobacterium lactis* y *Lactobacillus acidophilus*, junto con bacterias sanitarias dentro de los límites aceptables. Las muestras exhibieron características consistentes con el producto y en línea con lo observado. En cuanto a la evaluación sensorial, se observó que los atributos de aroma, dulzor y preferencia no difirieron significativamente de la muestra de referencia, aunque los atributos de acidez y viscosidad sí lo hicieron. No obstante, el producto final fue más preferido en general.

5.2.RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio comparativo sobre la influencia de los FOS de yacón en el yogurt simbiótico a partir de los FOS de yacon ,la inulina y otros frúctanos con propiedades funcionales.
- Continuar la investigación de productos simbióticos utilizando otras matrices vegetales que contengan Fructooligosacaridos y/o galactooligosacáridos en su composición
- Se recomienda extender los estudios de actividad prebiótica, ácidos grasos , absorción de minerales , tolerancia a sales biliares y resistencia al pH.
- Se sugiere realizar estudios *in vitro* o biológicos en personas con síndromes digestivos tomando como referencia otras bacterias patógenas tales como *H . pylori* y las bifidobacterias.
- Realizar un estudio de mercado que determine la demanda y factibilidad para su producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aenor. (2007). *UNE-EN ISO 7218:2008, Microbiología de los alimentos para consumo humano y alimentación animal Requisitos generales y guía para el examen microbiológico*.
- Aider, M., de Halleux, D., & Melnikova, I. (2009). Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.01.005>
- Alain Claude Roudot. (2002). *Rhéologie et analyse de texture des aliments* (Angel Ignacio Negueruela Suberviola, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Technique et Documentation -Lavoisier. <https://www.researchgate.net/publication/236867777>
- Alberto Iriberry. (2014). Los defectos más comunes en los Yogures y sus posibles soluciones. (Patent 1). In Alberto Iriberry (Ed.), *Tecnolacteos 2014* (1). Lacteos.
- Alfaro, I., Hernández Peñaranda, A., & Arrieta, R. (2003). *Microbiología Industrial* (I. Alfaro & R. Arrieta, Eds.; 1st ed., Vol. 1). Editorial de la Universidad Estatal a Distancia .
- Alvarado Yacchi, T. H., Vargas Morán, J. R., & Vargas Paredes, A. C. (2019). Prácticas de manejo de ordeño, acopio y su importancia en la calidad de la leche, Matahuasi, Concepción y Apata, Junín (Perú). *Anales Científicos*, 80(1), 225. <https://doi.org/10.21704/ac.v80i1.1386>
- Arana, Ignacio. (2012). *Physical properties of foods : novel measurement techniques and applications*. Taylor & Francis.
- Arango Bedoya, O., Cuarán, P. G., & Fajardo, J. C. (2008). Extracción, cristalización y caracterización de inulina a partir de yacón (*smallanthus sonchifolius* (poepp. & endl.) para su utilización en la industria alimentaria y farmacéutica. . . *Rev Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 6(2), 14–21.
- Arango Torres, M. I., Cortés Rodríguez, M., & Largo Ávila, E. (2019). Stability of a colloidal suspension of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) intended for spray drying. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(2), 8863–8871. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n2.75362>

- Arévalo Jara, M. A. (2015). *Elaboración de Yogur a base de Bacterias Probioticas, Prebioticos y Vitamina A en la planta Piloto de Lácteos de la Universidad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Arrigoni Shashiki, E. N., & Antonio Rodríguez Zevallos. (2014). *Efecto de la adición de harina de maca (Lepidium meyenii) y del tiempo de almacenamiento sobre la acidez, sinéresis, viscosidad aparente y aceptabilidad general de yogurt batido simbiótico* [Tesis para optar Título de Ing en Industrias Alimentarias]. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Barrantes Vega, W. A. (2016). *Influencia de la concentración de miel de Furcraea andina "Cabuya" en el comportamiento microbiológico de un Yogurt Probiótico Natural*.
- Bernal Castro, C. A., Díaz Moreno, C., & Gutiérrez Cortés, C. (2017). Probióticos y prebióticos en matrices de origen vegetal: Avances en el desarrollo de bebidas de frutas. *Revista Chilena de Nutrición*, 44. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-75182017000400383&script=sci_arttext
- Burkert, J. F. de M., Fonseca, R. A. dos S. da, Moraes, J. O. de, Sganzerla, J., Kalil, S. J., & Burkert, C. A. V. (2012). Aceitação sensorial de bebidas lácteas potencialmente simbióticas. *Brazilian Journal of Food Technology*, 15(4), 317–324. <https://doi.org/10.1590/s1981-67232012005000026>
- Campos Bautista, Y. (2019). *Formulación y Elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja (Citrus sinensis)*.
- Campos, D., Betalleluz-Pallardel, I., Chirinos, R., Aguilar-Galvez, A., Noratto, G., & Pedreschi, R. (2012). Prebiotic effects of yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. & Endl), a source of fructooligosaccharides and phenolic compounds with antioxidant activity. *Food Chemistry*, 135(3), 1592–1599. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.088>
- Canchanya Espiritu, M. K., & Munive Muñico, R. (2019). *Evaluación de la actividad prebiótica in vitro y propiedades funcionales de la harina de pulpa de calabaza (Curcubita ficifolia)* [Para optar el Título profesión de Ing en Industrias Alimentarias]. Universidad Nacional del Centro del Perú.

- Canchohuaman Lopez, H., & Ladera Caso, J. N. (2010). *Caracterización Fisicoquímica y Sensorial del Yogurt con Adición de goma de Tara*. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1937/Cancho%20Huaman%20-%20Ladera%20Caso.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cárdenas, M. N., Cevallos, H. C., Salazar, Y. J., Romero, M. E., Gallegos, M. P., & Cáceres, M. M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Revista Científica Dominio de Las Ciencias* , 4, 1–11. <https://doi.org/astronómico> Número Publicado el 31 de julio de 2018 <http://dx.doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.4.3.julio.253-263>
- Casavilca Rojas, Y. Y. (2014). *Influencia de la adición del aguaymanto (Physalis peruviana L.) en las características fisicoquímicas y organolépticas del yogurt natural* [Tesis para Optar el Título de Ing Agroindustrial, Universidad Nacional de Huancavelica]. <http://repositorio.unh.edu.pe/bitstream/handle/UNH/95/TP%20-%20UNH%20AGROIND%20%200012.pdf?sequence=1>
- Castillo, M., Borregales, C., & Sánchez, M. D. (2004). Influencia de la pectina sobre las propiedades reológicas del yogur. *Rev. Fac. Farm. (Merida)*, 46, 33–47. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-447083>
- Chuco Salcedo, J. M. (2019). *Efecto de la adición de extracto de maca (Lepidium meyenii Walp) sobre las características del yogurt simbiótico con fos de yacón (Smallanthus sonchifolius* [Tesis para optar el título profesion de Ing agroindustrial]. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Cocha Palacios, L. A. (2011). *Elaboración de una bebida fermentada utilizando suero de queso mozzarella enriquecida con harina de maíz germinado*.
- Codex Alimentarius. (2011). *Leche y Productos Lácteos*. (2nd ed.). FAO/OMS. <https://www.fao.org/3/i2085s/i2085s.pdf>
- Codex Alimentarius. (2018). *CXS 243.2003-Norma Para Leches Fermentadas*. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/es/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B243-2003%252FCXS_243s.pdf

- Contreras Prado, E., & Purisaca Salinas, J. P. (2018). *"Elaboración y Evaluación de Bebida Funcional a partir de Yacon (Smallanthus sonchifolius) y Piña (Ananas comosus) endulzado con Stevia.*
- De la Sota Carhuaricra, C. (2016). *Relación de los parámetros Físico-Químicos e Higiénicos de leche fresca con el rendimiento de productos lácteos en la Provincias de Concepción y Jauja ,Junín* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2664/Q04-S68-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- de las Cagigas Reig, A. L., & Blanco Anesto, J. (2008). Prebióticos y probióticos, una relación beneficiosa / Prebiotics and probiotics, a beneficial relationship. *Revista Cubana de Alimentacion.Nutricion*, 1, 63–68. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/cum-24051?lang=es>
- del Castillo Shelly, R. R., & Mestres Lagarriga, J. (2004). *Productos lácteos: tecnología* (1st ed.). Universidad Politécnica de Cataluña. https://books.google.com.co/books?id=HUUgK6Ep_JkC&printsec=frontcover&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- Delzenne, N. M., Daubioul, C., Neyrinck, A., Lasa, M., & Taper, H. S. (2002). Inulin and oligofructose modulate lipid metabolism in animals: review of biochemical events and future prospects. *The British Journal of Nutrition*, 87(2), 255–259. <https://doi.org/10.1079/BJN/2002545>
- Dergal Badui, S. (2013). *Química de tos Alimentos* (G. Lopez Ballesteros, Ed.; 5th ed., Vol. 1). Pearson S.A. www.freelibros.org
- Eloy Jesús Lozada Espinoza, Ortiz, H. R., Tupayachi, R., Choqueneira, C., Flor Marcelo, Andrea Raza, & Tenorio, R. (2022). *Informe Preliminar del Estudio de Mercado sobre el Sector Lácteo en el Perú.*
- FAO. (2006). *Probióticos en los alimentos : propiedades saludables y nutricionales y directrices para la evaluación.* (1st ed., Vol. 1). FAO/OMS.

- FDA. (1992). Statement of Policy-Foods Derived from New Plant Varieties Action: Notice. *FDA Federal Register*, 57. <https://www.fda.gov/regulatory-information/search-fda-guidance-documents/statement-policy-foods-derived-new-plant-varieties>
- Ferreira, L. C., Coimbra, L. M. P. de L., Sousa, N. L. de, Maciel, E. M. C., Livera, A. V. S., & Silva, C. G. M. da. (2021). Iogurte simbiótico sabor cajá (Spondias Mombin L.): características físico-químicas, microbiológicas e de aceitabilidade. *Brazilian Journal of Food Technology*, 24. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11119>
- Figura, L. O., & Teixeira, A. A. (2007). *Food physics : physical properties - measurement and application*. Springer.
- Flor Myriam Mejía Barragán. (2017). Formulation and elaboration of bakery products with Yacón *Smallanthus sonchifolius* as sweetener, for the population with deficiencies in the metabolism of disaccharides. *Revista Publicaciones e Investigación. Bogotá - Colombia*, 11, 127–139. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/publicaciones-e-investigacion/article/view/2259/2418>
- Fornelli, A. R., Bandiera, N. S., De Rezende Costa, M., Batista De Souza, H. C. ;, Walter De Santana, H. E., Sivieri, K., & Aragon-Alegro, C. L. (2014). Effect of inulin and oligofructose on the physicochemical, microbiological and sensory characteristics of symbiotic dairy beverages Efeito da inulina e da oligofrutose nas características físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de bebidas lácteas simbióticas. *Ciencias Agrarias, Londrina*, v. 3, 35(6), 3099–3112. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n6p3099>
- García, J., Mina, J., Torres, F., Burbano, M., & Yambay, W. (2017). *Evaluación sensorial y metodologías para su análisis* (1st ed.). Universidad Politécnica Estatal del Carchi.
- Gavilanes, L. P. I., Zambrano, Z. M. Á., Rosado, R. F. C., & Peña, A. M. (2018). Evaluation of a novel fermented beverage dairy based whey and sweet potato flour. *Revista de Agrociencias La Técnica.* , 19, 19.
- Gibson, G. R., Hutkins, R., Sanders, M. E., Prescott, S. L., Reimer, R. A., Salminen, S. J., Scott, K., & Stanton, C. (2017). The International Scientific Association for Probiotics and Prebiotics (ISAPP) consensus statement on the definition and scope of prebiotics. *Nature*

- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary Modulation of the Human Colonic Microbiota: Introducing the Concept of Prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401–1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
- Gorozabel Muñoz, W. A., Andrade Andrade, V. V., Arteaga Solórzano, R. A., & Moreira Menéndez, H. O. (2020). Evaluación físico-química de un yogurt con leche de soya y lactosuero dulce con tres sabores. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 4(31), 21–30. <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol4iss31.2020pp21-30>
- Gösta, B. (2003). *Manual de Industrias Lácteas* (A. López Gómez & V. López Madrid, Eds.; 3rd ed.). Tetrapak Iberia S.A. <https://es.scribd.com/document/378397258/Manual-de-Industrias-Lacteas-Tetrapack>
- Grupo AISA. (2011, January 4). *Propiedades Medicinales del Yogurt*. Grupo Industrial AISA SA. <http://www.geocities.ws/grupoindustrialaisa/yogurt2.html>
- Gutiérrez Gomes, B., Penna, B., & Lúcia, A. (2009). Rheological and sensory characteristics of functional dairy beverages. *Revista de Ciencias Agrarias*, 30(3), 629–645. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744093013>
- Hernández Carranza, P., & Jiménez Munguía, M. T. (2010). Propiedades funcionales y aplicación industriales de los Fructooligosacaridos. *Universidad de La Américas*, 1–8.
- Hernández, E. (2005). *Evaluación Sensorial* (1st ed.). Universidad Nacional a Distancia.
- Huaripata Calixto, J. J., & Bueno, R. A. (2016). *Efecto de la adición de Fibra Dietaria de Arveja (Pisum Sativum) en las características Fisicoquímicas y Sensoriales del Yogurt Simbiótico* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/4769/Huaripata%20Calixto%20-%20Luis%20Bueno.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huaycho, H., Aruquipa, R., Callisaya, I., Mercado, G., Trigo, R., Bosque, H., & Condori, J. (2016). Traditional knowledge in yacón or aricoma (*smallanthus sonchifolius*) in

communities of Mocomoco, Coroico and Irupana from La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 3(2), 39–49. <http://riiarn.agro.umsa.bo/index.php/RIIARn/article/view/69/55>

Illera Gómez, M. (2005). *Tecnología de Lacteos* (1st ed.). UNAD.

INACAL. (2016). *NTP 202-001-2016 LECHE CRUDA (Requisitos)* (Vol. 6).

INACAL. (2009). *NORMA NTP-ISO 6658 TÉCNICA PERUANA 2008*.

INACAL. (2014). *NTP 202.092-2014 Yogurt .Requisitos*.

ITDG. (1998). *Procesamiento de Lacteos* (Mora Marta, Cornejo Diana, & Ríos Walter, Eds.; 3rd ed., Vol. 1). Intermediate Technology Development Group. <https://books.google.com.pe/books?id=DoSYbPzQVSkC&pg=PA28&lpg=PA2#v=onepage&q&f=false>

López-Calvo, R., Viquez-Barrantes, D., & Araya-Arce, T. (2021). Incorporación de proteína de suero dulce en un yogur batido bajo en grasa. *Agronomía Mesoamericana*. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.42883>

Lachman, J., Fernández, E. C., & Orsak, M. (2003, June). Yacon [*Smallanthus sonchifolia* (Poepp. et Endl.) H. Robinson] chemical composition and use – a review. *Czech University of Agriculture in Prague*, 283–190. <https://www.agriculturejournals.cz/web/pse.htm?volume=49&firstPage=283&type=publishedArticle>

Lema Alba, R. C., & Revelo Andrango, E. E. (2011, March 18). Evaluación de los prebióticos: Inulina y Oligofructosa adicionados en la elaboración de Yogur Natural como alimento funcional. *Universidad Técnica Del Norte*, 223. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/383>

Leurino Kling, L. I., Rozycki, S. D., & Cortez Latorre, J. D. (2023). Optimización del comportamiento reológico de una bebida láctea a base de lactosuero formulada con distintos hidrocoloides Autores/as. *INNOTEC*, 26. <https://doi.org/10.26461/26.03>

- Levenspiel, O. (1998). *Flujo de fluidos e intercambio de calor* (3rd ed., Vol. 1). Reverte S.A.
https://books.google.com.pe/books?id=-PwSZ_BMaXoC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false
- Londoño Uribe, M. M., Valencia Sepúlveda, J. U., Monzón Hernández, A., & Suescún Parra, E. J. (2008). Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín. *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 61(1), 4409–4421.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914077017>
- Macedo, R. C., Ramírez, & Vélez-Ruíz, J. F. (2015). Propiedades fisicoquímicas y de flujo de un yogur asentado enriquecido con microcápsulas que contienen ácidos grasos omega 3. *Información Tecnológica*, 26(5), 87–96. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500012>
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007, December 16). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 3–7.
- Manrique, I., Párraga, A., & Hermann, M. (2005). *Conservación y uso de la biodiversidad de raíces y tubérculos andinos:-Jarabe de yacón: Principios y procesamiento* (Z. Portillo, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Agro Consult International S.A.C. https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/06/1919-Jarabe_Yacon.pdf
- Mariño García, A., Núñez Velázquez, M., & Jesús Barreto, P. (2016, March 30). *Microbiota, probióticos, prebióticos y simbióticos Microbiota, Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics*. 21.
- Mazza, G. (2006). *Alimentos funcionales: Aspectos bioquímicos y de procesos* (H. Quiñonez Tapia, Ed.; 1st ed.). Zaragoza: Acribia.
<http://catalogo.rebiun.org/rebiun/record/Rebiun04431169>
- MIDAGRI. (2017). *Estudio de la Ganadería Lechera en el Perú*.
- MINAGRI. (2017). *DS 007-2017-AG.Reglamento de leche y productos lácteos*.
- Mojica Martínez, J. H., & Hernández H, M. M. (2008). “*Elaboración de yogur batido a partir del suero dulce de queso*.” Universidad Nacional de Ingeniería Recinto Universitario Simón Bolívar.

- Molero-Méndez, M., Castro-Albornoz, G., & Briñez-Zambrano, W. (2017). *Physicochemical Characterization of whey Obtained by Cheese Making Process Applying an Artisanal Method*. 3, 149–153. <https://www.redalyc.org/journal/959/95952010003/>
- Montesdeoca, R., Benítez, I., Guevara, R., & Guevara, G. (2017). Procedimiento para la producción de una bebida láctea fermentada utilizando lactosuero. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(1), 39–44. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182017000100006>
- Muñoz Jauregui, A. (2010). *Monografía: Yacón Smallanthus sonchifolius (Poepp.)*.
- Muset, G. B., Castells, M. L., & Juliano, P. (2017). *Valorización del lactosuero* (Blanca Muset Graciela, Castells María Laura, & Juliano Pablo, Eds.; 1st ed., Vol. 1). Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI). <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/191130/1/Ana-Krolow-lactosuero.pdf>
- Navas Miño, G., & Naranjo Lopes, G. (2009). Alimentos Ciencia e Ingeniería. In A. L. Dueñas Vilacis & J. X. Velez Leon (Eds.), *Ciencia e Ingeniería* (1st ed., Vol. 18, pp. 115–127). Universidad Técnica de Ambato.
- Nielsen, S. S. (2019). *Food Science Text Series Food Analysis* (D. Heldman, Ed.; 5th ed.). Springer. https://doi.org/https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_36
- Niness, K. R. (1999). Nutritional and Health Benefits of Inulin and Oligofructose Inulin and Oligofructose: What Are They? 1. *Journal of Nutrition*, 129, 1402–1406. <https://doi.org/10.1093/jn/129.7.1402S>.
- Noborikawa, M. K. (2016). *Optimización de los Procesos de extracción de Fructooligosacaridos y clarificación de extracto Acuoso de Yacón*.
- NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2594:2011.Suero de Leche Líquido. Requisitos, INEN 1 (2011).
- NTP-NA 0087-2011 YACON (Definiciones), INACAL 1 (2021).

- Olagnero, G., Bendersky, S., Genevois, C., Granzella, L., & Montonati, M. (2007). Functional foods: Fiber, Prebiotics, Probiotics and Symbiotic. *Dieta Buenos Aires*, 25. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-480573>
- Olazábal Ticona, R. S., & Olazábal Ticona, R. M. (2019). *Elaboración de Yogurt Probiótico con beterraga (Beta vulgaris) Variedad Conditiva edulcorado parcialmente con Stevia (Stevia rebaudiana Bertoni)*". Universidad Nacional de San Agustín.
- Ortiz Ramírez, E. M. (2017). *Propiedades Funcionales de Hoy* (1st ed., Vol. 1). Universidad Autónoma de México. <https://doi.org/10.3926/oms.361>
- Parra, H. R. (2014). Efecto de la adición de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) en las características fisicoquímicas, microbiológicas, proximales y sensoriales de yogur durante el almacenamiento bajo refrigeración. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 12(1), 5–14.
- Parra Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: Importancia en la Industria de Alimentos. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 62(1), 4967–4982.
- Parzanese, M. (2014). *Tecnología para la Industria Lactea:Desarrollo de Probióticos - Prebióticos*.
http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_12_PreyPro.pdf
- Paz, N. F., Oliveira, E. G. de, Kairuz, M. S. N. de, & Ramón, A. N. (2014). Characterization of goat milk and potentially symbiotic non-fat yogurt. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(3), 629–635. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.6409>
- Pazmiño Zambrano, M. F. (2014). *Aprovechamiento de los principios activos del Yacón (Smallanthus Sonchifolius), para la elaboración de yogurt rico en FOS (Fructooligosacáridos)*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7198>
- Pinto Rodríguez, J. (2013). *Yogures, leches fermentadas y pastas untables : elaboración de leches de consumo y productos lacteos* (IC Editorial, Ed.; 1st ed., Vol. 1). Innovación y Cualificación S.L.
- Prieto, P. A. (2010). Aspectos moleculares de los prebióticos. *Revista de Gastroenterología de México*, 75, 2. <http://www.revistagastroenterologiamexico.org/es-pdf-X0375090610874042>

- Quincho Yactavo, J. W. (1999). “*Determinación de Parámetros óptimos para la elaboración de Yogurt por sustitución Parcial con leche de Soya y Lactosuero*” [Tesis para optar el título de Ing en Industrias Alimentarias]. Universidad Agraria de la Selva.
- Ramírez, J. C., Rosas Ulloa, P., Velazques Gonzales, M. Y., Ulloa, J. A., & Arce Romero, F. (2011). Bacterias Lácticas. *Ciencias Agropecuarias y Biotecnología*, 2, 16.
- Ramírez Navas, J. S. (2006). *Introducción a la reología de los alimentos* (1st ed., Vol. 6). Reciteia. <http://revistareciteia.es.tl/>
- Revilla, A. (1996). *Tecnología de la Leche* (T. A. Saravi & J. B. Escoto, Eds.; 3rd ed.). Centro Interamericano de Documentación e Información Agraria. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A8693e/A8693e.pdf>
- Reyes, J., & Ludeña, F. (2015). Evaluación de las Características Físico-Químicas, Microbiológicas y Sensoriales de un Yogur Elaborado con Sucralosa y Estevia. *Revista Politécnica*, 36, 1–9.
- Ricaurte Ortiz, P., Rodas Espinoza, S., & Mármol Cuadrado, L. (2017). Obtención de una bebida simbiótica a partir de suero dulce de quesería. *Industrial Data*, 20(2), 7. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i2.13950>
- Roberfroid, M. B. (2007). Inulin-Type Fructans: Functional Food Ingredients1. *The Journal of Nutrition*, 11, 137. <https://doi.org/10.1093/jn/137.11.2493S>
- Rodríguez Castillo Diana Mila. (2019). *Obtención de Perfil Analítico de leche de Vaca Para su tratamiento UHT*. <https://1library.co/document/y4ed0mvq-obtencion-perfil-analitico-leche-vaca-tratamiento-termico-uht.html>
- Rodríguez, R., Echevarría, M., Celis, M., & Juárez, D. (2009). Procesos Fundamentales Físicoquímicos y Microbiológicos-Microbiología de la Leche. *Universidad Técnica Nacional*, 5–27. <http://www.edutecne.utn.edu.ar>
- Rubel, I. A. (2015). *Estudio de las Propiedades físico-químicas, organolépticas y nutricionales de productos panificados desarrollados utilizando ingredientes no tradicionales con propiedades funcionales*. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2695?show=full>

- Ruiz Rivera, J. A., & Ramírez Matheus, A. O. (2009). Elaboración de yogurt con probióticos (Bifidobacterium spp. y Lactobacillus acidophilus) e inulina Yogurt making by using probiotics (Bifidobacterium spp. and Lactobacillus acidophilus) and Inulin. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 26, 223–242.
- Salvatierra Hurtado, D. (2015). *Determinación de la Composición Química Proximal, Carbohidratos totales, azúcares libres y Fructanos del tipo Inulina- Fructooligosacáridos del Yacon (Smallanthus sonchifolius)*.
- Saravacos, G. D., & Maroulis, Z. B. (2001). *Transport properties of foods* (1st ed.). Marcel Dekker.
- Seminario, J., Valderrama, M., & Manrique, I. (2003). *El Yacon-Fundamentos para el Aprovechamiento de un Recurso Promisorio* (M. Hermann, Ed.; 1st ed.). Centro Internacional de la Papa, Universidad Nacional de Cajamarca, Agencia Suiza para el Desarrollo la Cooperación (COSUDE).
- Senobia Roció Portada Mamani. (2022). *Optimización del porcentaje de lactosuero, zumo de naranja (citrus sinensis) y zanahoria (daucus carota) para la elaboración de una bebida nutritiva edulcorada con Stevia (Stevia rebaudiana B.)*.
- Serpil, S., & Servet, G. S. (2006). *Physical Properties of Foods* (D. Heldman R., Ed.; 1st ed.). Springer.
- Tamime, A. Y., Robinson, R. K., & Díaz de Villegas Soláns, M. de la C. (1991). *Yogur: Ciencia y tecnología* (1st ed.). Zaragoza. <http://www.worldcat.org/oclc/41497532>
- Thamer, G. K., & Barretto, P. A. L. (2006). Ciencia e Tecnología de Alimentos. *Revista Ciencia e Tecnología de Alimentos., Campinas, 26(6), 589–595.* <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=395940079017>
- Tonello, A. (2012). *Consumo de alimentos prebióticos y probióticos y resultados intrínsecos de su consumo en mujeres de 30 a 40 años que asisten a un gimnasio de la ciudad del Rosario*.
- Torres Lemus, R. E. J. (2015, March 8). Elaboración de un producto lácteo simbiótico fermentado. *Instituto Politécnico Nacional*.

- Travezaño Ore Liliana María, & Travezaño Ore Zadyt Yobana. (2009). *Efecto de la termo estabilidad del mucílago de linaza (linun usitatissinum) en el yogurt* [Tesis de Grado]. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERU.
- Tscheuschner, H.-D. (2001). *Fundamentos de tecnología de los alimentos* (1st ed.). Editorial Acribia.
- Ureña Peralta, M. O., D'Arrigo Huapaya, M., & Girón Molina, O. (1999). *Evaluación sensorial de los alimentos* (1st ed.). Universidad Nacional Agraria La Molina. https://books.google.com.pe/books/about/Evaluaci%C3%B3n_sensorial_de_los_alimentos.html?id=C-0tvgAACAAJ&redir_esc=y
- Vázquez Aguilar, M. M. (2008, May 3). Viabilidad y propiedades fisicoquímicas de leche fermentada probiótica. *Universidad de Las Américas Puebla.*, 95. http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mca/vazquez_a_mm/capitulo6.pdf
- Vela Gutiérrez, G. (2020). *Suero de leche: impacto nutricional, tecnologías de procesamiento, evaluación sensorial e innovación gastronómica* (1st ed., Vol. 1). Colección Montebello. <https://www.researchgate.net/publication/341900265>
- Videa Bustillo, M., & Videa Zelaya, M. V. (2019). Natural yogur obtained from milk with dairy serum a laboratory scale,. *Revista de Ciencia y Tecnología El Higo*, 9(1). URL: <http://portal.amelica.org/ameli/>
- Viera Valencia, M. A. (2013). *Parámetros de Calidad de Leche de Vacuno en los distritos de Apata, Matahuasi y concepción en el Valle del Mantaro*. UNALM.
- Villalba, A. M. J., González, A. A. A., Augusto, C. M. A., Ceballos, R. A. C., Bello, E. B., & Argumedo, C. J. (2019). Estandarización de una bebida deslactosada a base de suero dulce de leche saborizado con pulpa de mora. *Encuentro Sennova Del Oriente Antioqueño*, , 1, 33–44. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/Encuentro/article/view/2768/3328>
- Viloche Bazán, J., & Tito Vargas, C. (2019). Aislamiento de lactobacillus nativos de productos de fermentación en la ciudad de Tacna. *Ciencia Y Desarrollo*, 61–66. <https://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/cyd/article/view/226/218>

Wells, J. R. (1965). A Taxonomic Study of Polymnia (Compositae). *Britonia*, 17(2), 16.
<https://doi.org/https://doi.org/10.2307/2805240>

Zuloeta Guerrero, D. A., & Mejía Vazques, A. (2016). *Efecto hipoglucemiante del consumo de yacón (Smallanthussonchifolius) en ratones diabéticos tipo 2 inducidos con aloxano.*

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica Cultivo Probiótico SAB 440 A



Lyofast SAB 440 A

Technical sheet



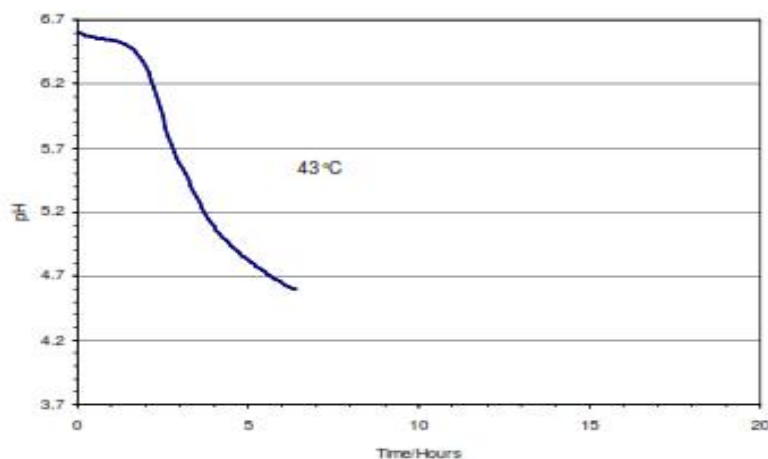
Description **Lyofast SAB 440 A** consists of specifically selected strains of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* to ensure a uniform and controlled production of very mild fermented milk products. *Streptococcus thermophilus* produces EPS.

General information Please see the general information sheet accessible on www.saccosl.it about explanatory remarks to the items mentioned. Furthermore, you will find information about specifications, GMO, allergens, package data, storage, shelf life, safety information, Kosher and ISO certificates, and service.

Application The following may be used as inoculation guidelines:

Product examples	Inoculation level UC/100 l
Fermented milk	1-5

Acidification information **Acidification profile**
Inoculation level corresponding to 1 UC per 100 litres milk.



Standard activity
Expressed as temperature/time/pH relations: 43°C/3.5 hours/pH 5.2 ± 0.15.

FUENTE: Lyofast (2023).

Anexo 2. Ficha técnica cultivos Y 4.56 B

Distribué par :

Z.A de Gesvrine - 4 rue Képler - B.P.4125
44241 La Chapelle-sur-Erdre Cedex - France
t. : +33 (0)2 40 93 53 53 | f. : +33 (0)2 40 93 41 00
commercial@humeau.com



w w w . h u m e a u . c o m

Lyofast Y 456 B

Description

Lyofast Y 456 B consists of specifically selected strains of a mild acidifying *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* and of a fast acidifying *Streptococcus thermophilus* which produces EPS enhancing viscosity, to ensures a uniform and controlled production of very mild set and stirred yoghurt with high viscosity.

Application

Sprinkle the culture powder directly into process milk under aseptic conditions ensuring that the culture is well dispersed by gentle stirring. The following may be used as inoculation guidelines:

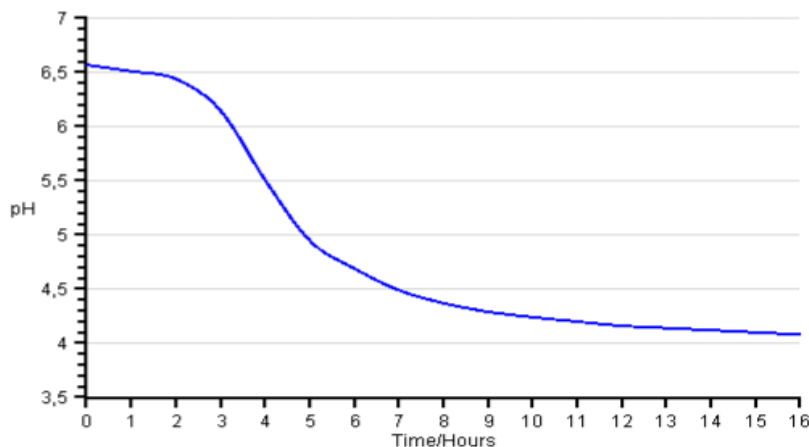
Product	UC/100 l	Product	UC/100 l
Yoghurt, short set	2.0-3.0	Yoghurt, long set	0.5-1.0

Rotation

The recommended rotations are Y 450 B/Y 452 B.

Acidification information

Standardised laboratory acidification test is conducted in milk powder, reconstituted at 9%, at defined temperature.
Acidification profile: inoculation level corresponding to 1 UC per 100 litres milk.
Standard activity: expressed as temperature/time/pH relations: 43 °C/7 hours/pH 4.5 ± 0.15.



Culture information

Data are obtained under standardised laboratory conditions, and consequently, should be considered as guidelines.

Optimal temperature for growth	43 °C	Urease activity	+
Acidification capability	pH 4.0	Texture formation	7 ± 1 sec/g
Aroma formation for yoghurt	+(+)	Post-acidification	Δ pH 0.3

Storage

Unopened pouches should be kept below -17 °C.

Package data

The freeze-dried culture is packed in waterproof and airproof aluminium pouches. The packaging material is food grade. Lyofast Y 456 B is available in 10 and 50 UC.

M91Y456B/4/UK/0

Issue: 13/09/2010

Review: 4 of 19/08/2014

1/2

FUENTE: Lyofast (2023).

TIENS INULIN



El prebiótico que desenreda tu día

www.tiensperufortuna.com

Tiens Group, comprometido con el cuidado de tu salud, ha desarrollado un nuevo producto ecológico "TIENS Inulin" a base de raíz de achicoria (Cichorium Intybus) en polvo. Un alimento con característica funcional para el consumo humano.

Beneficios:

- **Organismo:** función de prebiótico.
- **Digestión:** función de fibra dietética.
- **Calorías:** aporte calórico reducido.
- **Mejora el sistema inmunológico.**
- **Diabetes:** Reduce el azúcar en la sangre.
- **Colesterol:** Disminuye los lípidos en sangre.
- **Huesos:** Mejora la absorción de minerales: Calcio y Magnesio.

Ingredientes:

Principal componente que destaca es la Inulina, concentrada en la raíz, la cual aporta grandes beneficios al organismo.
Su principal función: prebiótica y fibra dietética.
Sabor y olor neutro.
Sin azúcar ni grasa.
Rápida disolución y 100% natural.

Dosis y modo de empleo:

Adulto, agregar 1 sachet en una taza de agua tibia, leche, leche de soya, jugo, refrescos o café.



Anexo 4. Ficha sensorial de Experimentación

NOMBRE:FECHA:

NOMBRE DEL PRODUCTO :

INSTRUCCIONES:

1. PRUEBE CADA PAR DE IZQUIERDA A DERECHA
2. NO SE TRAGUE LA MUESTRAS , Y ENJUÁGUESE LA BOCA ENTRE CADA PAR
3. ENCIERRE EN UN CIRCULO EL NUMERO DE LA MUESTRA MAS AGRADABLE EN CUANTO AL AROMA.
940 350
702 234
122 222
4. ENCIERRE EN UN CIRCULO EL NUMERO DE LA MUESTRA MAS DULCE
940 350
702 234
122 222
5. ENCIERRE EN UN CIRCULO EL NUMERO DE LA MUESTRA MAS ACIDA
940 350
702 234
122 222
6. ENCIERRE EN UN CIRCULO EL NUMERO DE LA MUESTRA QUE PERCIBA MAS VISCOSA AL MOMENTO DE SU DEGLUCION.
940 350
702 234
122 222
7. CUAL DE LAS DOS MUESTRAS PREFERE LISTED?
940 350

COMENTARIOS:

Gracias por su cooperación

FUENTE: Adaptado de García *et al.* (2017).

Anexo 5. Panel fotográfico de análisis preliminares

<p>Determinación del pH</p>	<p>Determinación de la densidad de lacteos</p>	<p>Determinación de la densidad del yacón</p>
<p>Análisis de la acidez en lácteos</p>	<p>Análisis de la acidez del yacón</p>	<p>Análisis de Humedad de yacón.</p>
<p>Determinación de Solidos</p>	<p>Determinación de Cenizas</p>	<p>Determinación de Fibra</p>

Figura 24: Determinación análisis fisicoquímicos

Anexo 6. Panel fotográfico del proceso de elaboración.

		
<p>Acondicionamiento del yacón</p>	<p>Tratamiento contra el pardeamiento</p>	<p>Cortado</p>
		
<p>Triturado</p>	<p>Preparación de cultivo</p>	<p>Pasterización de leche</p>
		
<p>Pasterización de lactosuero</p>	<p>Incubación</p>	<p>Conservación</p>

Figura 25: Proceso de elaboración de la bebida láctea simbiótica

Anexo 7. Panel fotográfico de ensayos de viscosidad

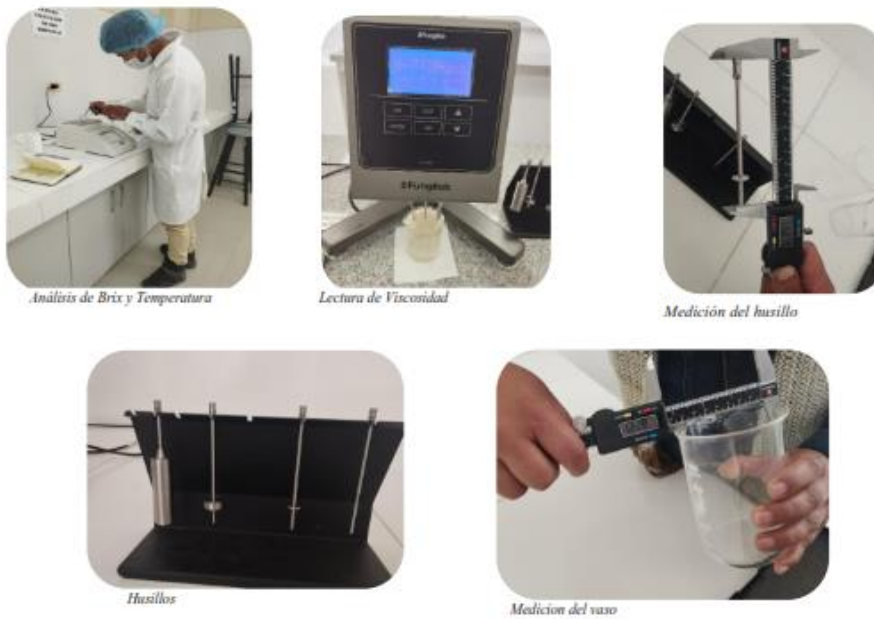


Figura 26: Determinación de la viscosidad

Anexo 8. Panel fotográfico de ensayos de sinéresis



Figura 27: Determinación de la Sinéresis (CRA)

Anexo 9. Reogramas

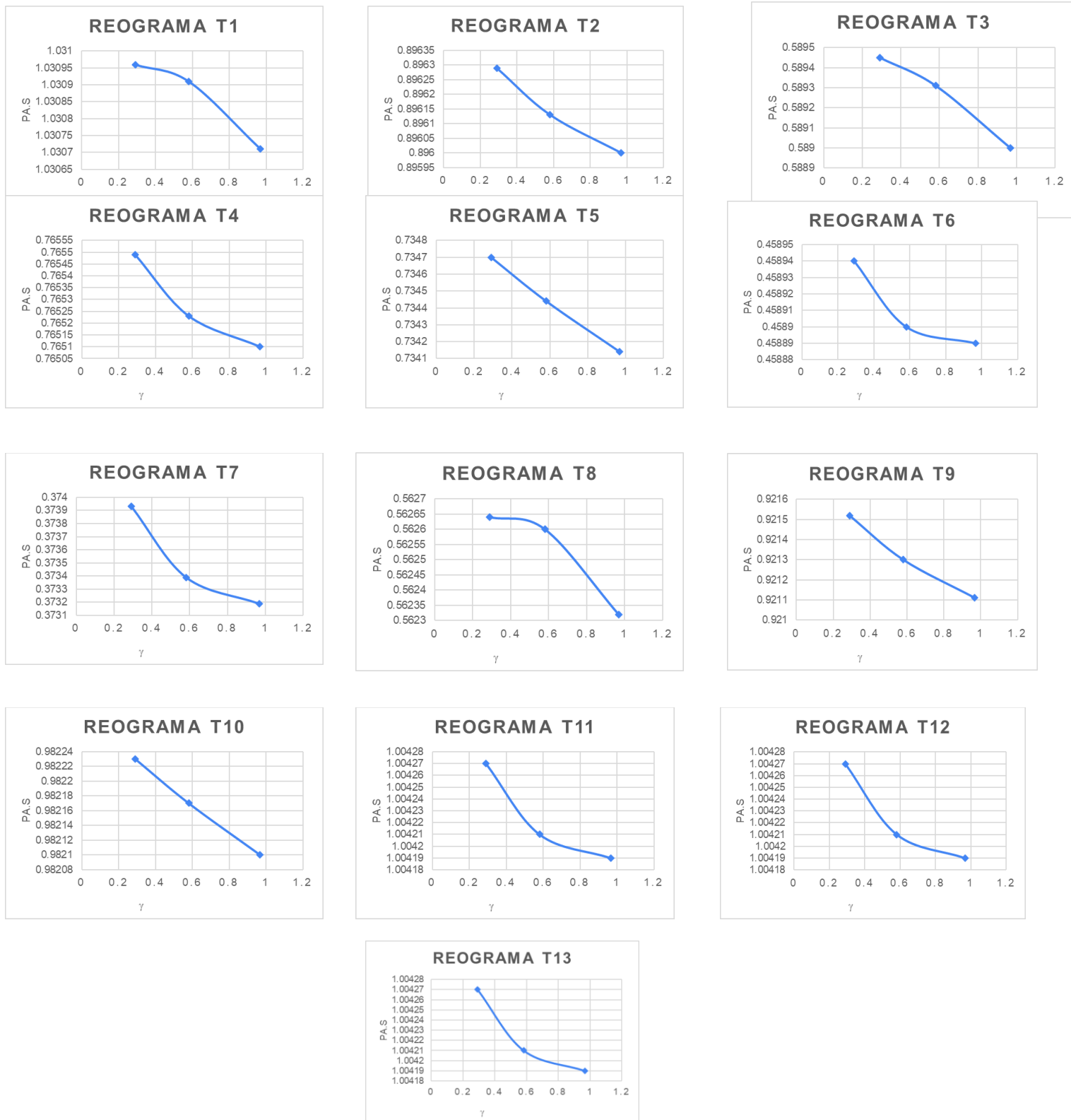


Figura 28: Resultados de comportamiento reológico

Anexo 10. Cálculos de parámetros reológicos

TRATAMIENTO	VISCOSIDA	VELOCIDA	TOQUE									
S	D(CP)	D(RPM)	(%)	μ Pa*s	$\ln(\mu)$	g (s-1)	$\ln g$	s	$\ln s$	(s - so)	$\ln(s - so)$	
	1030.96	30		49.1	1.03096	0.030490407	0.290281288	-1.236904866	0.299268397	-1.206414459	0	#iNUM!
	1030.91	60		49.1	1.03091	0.030441907	0.580562577	-0.543757686	0.598507766	-0.513315778	0.299239369	-1.206511461
T1	1030.71	100		49.1	1.03071	0.030247885	0.967604295	-0.032932062	0.997319423	-0.002684177	0.698051025	-0.359463076
	896.29	30		73.1	0.89629	-0.109491258	0.290281288	-1.236904866	0.260176216	-1.346396124	0	#iNUM!
	896.13	60		73.1	0.89613	-0.109669787	0.580562577	-0.543757686	0.520259542	-0.653427473	0.260083326	-1.346753215
T2	896	100		73.1	0.896	-0.109814866	0.967604295	-0.032932062	0.866973448	-0.142746928	0.606797232	-0.499560593
	589.45	30		77.9	0.58945	-0.52856538	0.290281288	-1.236904866	0.171106305	-1.765470246	0	#iNUM!
	589.31	60		77.9	0.58931	-0.528802918	0.580562577	-0.543757686	0.342131332	-1.072560604	0.171025027	-1.765945378
T3	589	100		77.9	0.589	-0.529329095	0.967604295	-0.032932062	0.56991893	-0.562261157	0.398812624	-0.919263586
	765.49	30		60.8	0.76549	-0.267239127	0.290281288	-1.236904866	0.222207423	-1.504143993	0	#iNUM!
	765.23	60		60.8	0.76523	-0.267578837	0.580562577	-0.543757686	0.444263901	-0.811336522	0.222056477	-1.504823528
T4	765.1	100		60.8	0.7651	-0.267748735	0.967604295	-0.032932062	0.740314046	-0.300680796	0.518106622	-0.657574223
	734.7	30		63	0.7347	-0.308293026	0.290281288	-1.236904866	0.213269663	-1.545197892	0	#iNUM!
	734.44	60		63	0.73444	-0.308646975	0.580562577	-0.543757686	0.426388379	-0.85240466	0.213118716	-1.545905915
T5	734.14	100		63	0.73414	-0.309055533	0.967604295	-0.032932062	0.710357017	-0.341987595	0.497087354	-0.698989505
	458.94	30		38	0.45894	-0.778835796	0.290281288	-1.236904866	0.133221695	-2.015740662	0	#iNUM!
	458.9	60		38	0.4589	-0.778922958	0.580562577	-0.543757686	0.266420167	-1.322680643	0.133198472	-2.015914992
T6	458.89	100		38	0.45889	-0.778944749	0.967604295	-0.032932062	0.444023935	-0.811876811	0.31080224	-1.168598452
	373.93	30	30.4	0.37393	-0.983686665	0.290281288	-1.236904866	0.108544882	-2.220591531	0	#iNUM!	
	373.39	60	30.4	0.37339	-0.985131829	0.580562577	-0.543757686	0.216776261	-1.528889515	0.108231378	-2.223483951	
T7	373.19	100	30.4	0.37319	-0.985667606	0.967604295	-0.032932062	0.361100247	-1.018599667	0.252555365	-1.376124789	
	562.64	30	48	0.56264	-0.575115287	0.290281288	-1.236904866	0.163323864	-1.812020153	0	#iNUM!	
	562.6	60	48	0.5626	-0.575186383	0.580562577	-0.543757686	0.326624506	-1.118944068	0.163300642	-1.81216235	
T8	562.32	100	48	0.56232	-0.575684196	0.967604295	-0.032932062	0.544103247	-0.608616258	0.380779383	-0.965535119	
	921.52	30	91	0.92152	-0.081730798	0.290281288	-1.236904866	0.267500013	-1.318635664	0	#iNUM!	
	921.3	60	91	0.9213	-0.081969563	0.580562577	-0.543757686	0.534872302	-0.625727248	0.267372289	-1.31911325	
T9	921.11	100	91	0.92111	-0.082175814	0.967604295	-0.032932062	0.891269992	-0.115107876	0.623769979	-0.471973602	
	982.23	30	90	0.98223	-0.017929782	0.290281288	-1.236904866	0.28512299	-1.254834648	0	#iNUM!	
	982.17	60	90	0.98217	-0.01799087	0.580562577	-0.543757686	0.570211146	-0.561748555	0.285088156	-1.254956827	
T10	982.1	100	90	0.9821	-0.018062143	0.967604295	-0.032932062	0.950284178	-0.050994205	0.665161188	-0.40772588	
	1004.27	30	83	1.00427	0.004260909	0.290281288	-1.236904866	0.29152079	-1.232643957	0	#iNUM!	
	1004.21	60	83	1.00421	0.004201163	0.580562577	-0.543757686	0.583006745	-0.539556523	0.291485956	-1.232763454	
T11	1004.19	100	83	1.00419	0.004181246	0.967604295	-0.032932062	0.971658557	-0.028750815	0.680137767	-0.385459903	
	913.82	30	77.8	0.91382	-0.090121663	0.290281288	-1.236904866	0.265264847	-1.32702653	0	#iNUM!	
	913.8	60	77.8	0.9138	-0.09014355	0.580562577	-0.543757686	0.530518083	-0.633901235	0.265253236	-1.327070303	
T12	913.76	100	77.8	0.91376	-0.090187324	0.967604295	-0.032932062	0.8841581	-0.123119386	0.618893253	-0.479822471	
	892.33	30	73.9	0.89233	-0.11391926	0.290281288	-1.236904866	0.259026702	-1.350824126	0	#iNUM!	
	892.1	60	73.9	0.8921	-0.114177045	0.580562577	-0.543757686	0.517919875	-0.657934731	0.258893173	-1.351339763	
T13	892	100	73.9	0.892	-0.114289146	0.967604295	-0.032932062	0.863103031	-0.147221208	0.604076329	-0.504054717	

Anexo 11 . Recuento de UFC de microorganismos detectados

TRATAMIENTOS		FACTOR A	FACTOR B		LOG DE UFC /ml (O Hr Fermentación)		LOG DE UFC /ml (24 Hr Fermentación)		SCORE (Actividad Sinérgica)
U.EXPERIM.	TEMPERATURA °C	CULTIVO %	<i>E.COLI</i>	<i>L.ACIDOPHILUS</i>	<i>E.COLI</i>	<i>L.ACIDOPHILUS</i>			
U1	40	2	1.305351369	-0.698970004	0.67209786	1.336459734			3.01
U2	40	2	1.371067862	-0.301029996	0.61278386	1.385606274			2.16
U3	40	2	1.117271296	-0.522878745	0.64345268	1.361727836			2.47
U4	40	2.5	1.187520721	0.113943352	1.02530587	1.311753861			0.50
U5	40	2.5	1.357934847	0.079181246	1.08990511	1.340444115			0.67
U6	40	2.5	1.068185862	-0.397940009	0.96848295	1.326335861			1.76
U7	40	3	1.496929648	-0.698970004	0.71600334	1.230448921			3.05
U8	40	3	1.421603927	-0.22184875	0.44715803	1.181843588			2.03
U9	40	3	1.689308859	-1	0.5797836	1.225309282			4.10
U10	45	2	1.537819095	-1	1.41830129	1.434568904			3.26
U11	45	2	1.399673721	-0.15490196	-0.39794001	1.243038049			2.76
U12	45	2	1.474216264	-0.096910013	1.09342169	1.350248018			1.21
U13	45	2.5	1.505149978	-0.301029996	0.98677173	1.096910013			1.69
U14	45	2.5	1.255272505	-0.15490196	1.22010809	1.045322979			0.85
U15	45	2.5	1.397940009	-0.301029996	1.12057393	1.071882007			1.45
U16	45	3	0.939519253	0.278753601	0.60205999	1.255272505			0.28
U17	45	3	1.068185862	-0.522878745	0.75587486	1.136720567			2.16
U18	45	3	1.187520721	-0.301029996	0.64345268	1.201397124			1.86
TESTIGO	45	1	1.252853031	0.397940009	0.97312785	1.474216264			0.000

Anexo 12. Análisis estadístico Variable actividad sinérgica

Tabla 32: Anova actividad Sinérgica (Simbiosis)

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
TEMPERATURA	1	1.000	1.0003	1.24	0.284
CULTIVO %	2	6.026	3.0128	3.73	0.050
Error	14	11.295	0.8068		
Falta de ajuste	2	3.183	1.5913	2.35	0.137
Error puro	12	8.112	0.6760		
Total	17	18.321			

Tabla 33: Prueba de comparaciones múltiples factor % cultivo

CULTIVO %	N	Media	Agrupación
2.0	6	2.47844	A
3.0	6	2.24706	A B
2.5	6	1.15185	B

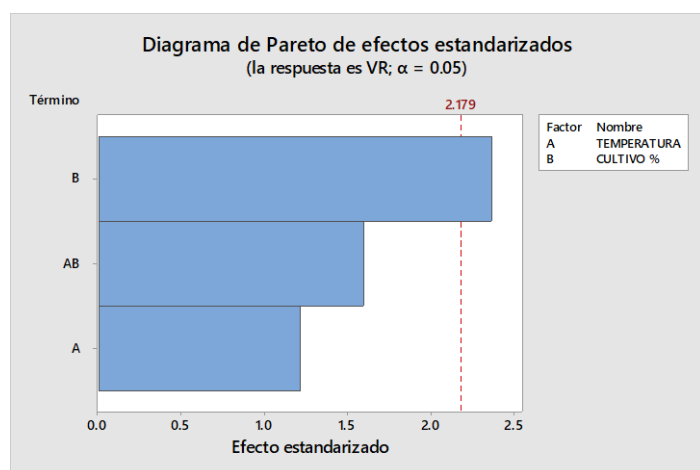


Figura 29: Diagrama de Pareto Variable Simbiosis

Anexo 13. Panel fotográfico de análisis microbiológico



Figura 30: Determinación de microorganismos (*E.coli* /*L.acidophilus*)

Anexo 14. Panel de fotográfico de recuento de E.coli

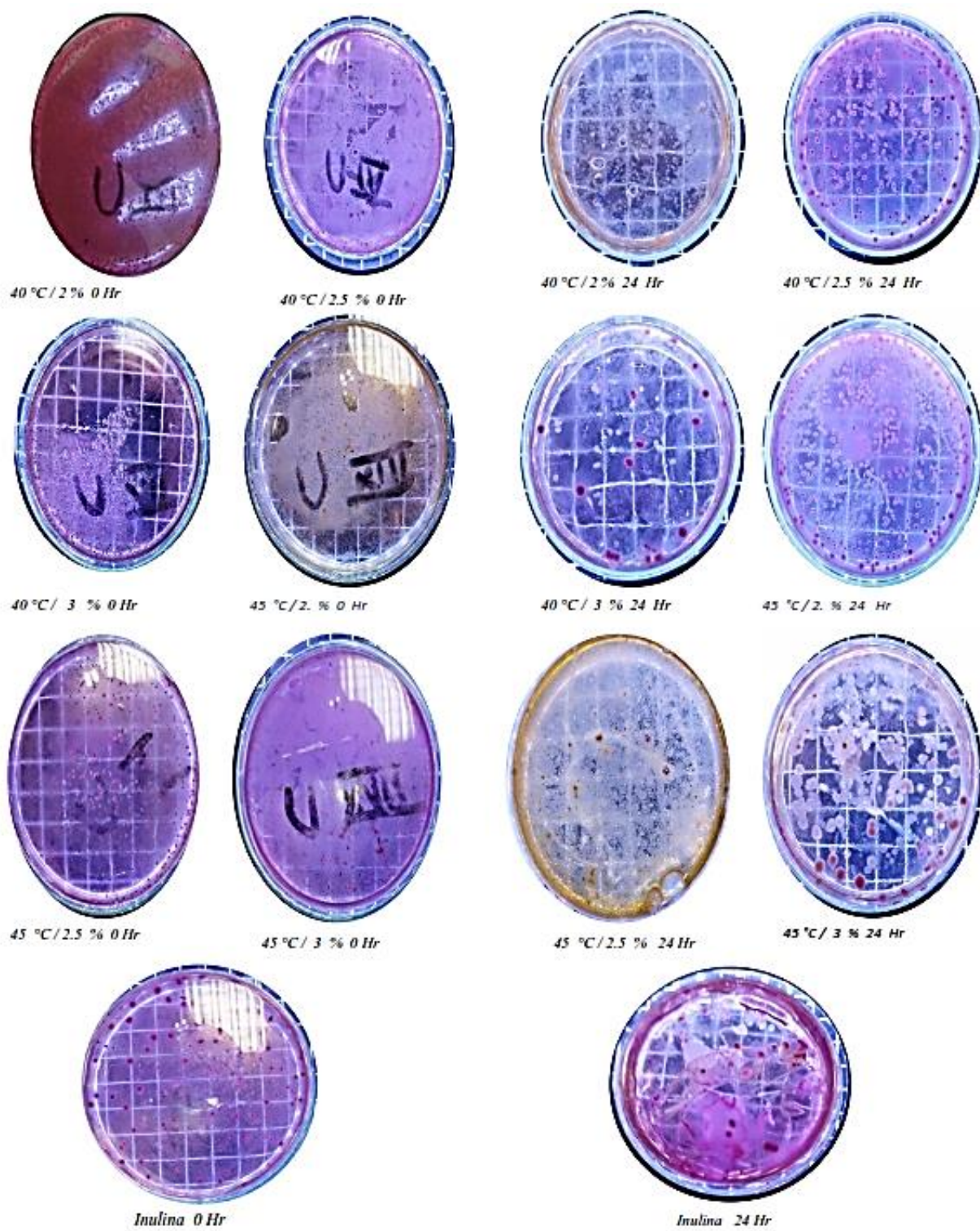


Figura 31: Resultados de análisis de E.coli

Anexo 15. Panel de fotográfico de recuento de Lactobacilos

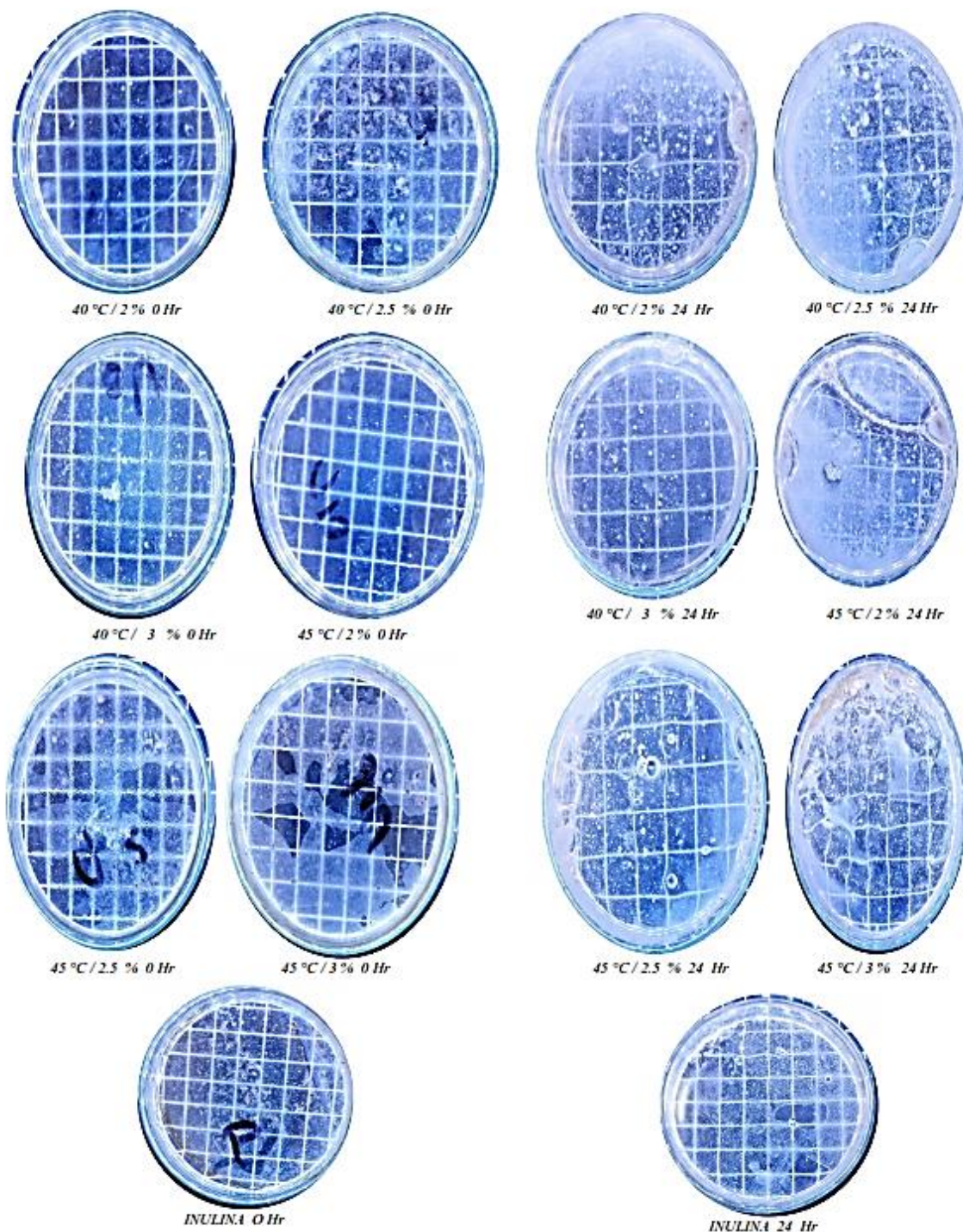


Figura 32: Resultados de análisis de *Lactobacillus acidophilus*

Anexo 16. Panel fotográfico de la instalación del bioterio



Equipo de programación



Pesaje de las muestras biológicas



Toma de muestra para alimentación de ratas



Alimentación de Ratas



Bioterio Instalado

Figura 33. Instalación del Bioterio

Anexo 17. Circuito eléctrico de programación

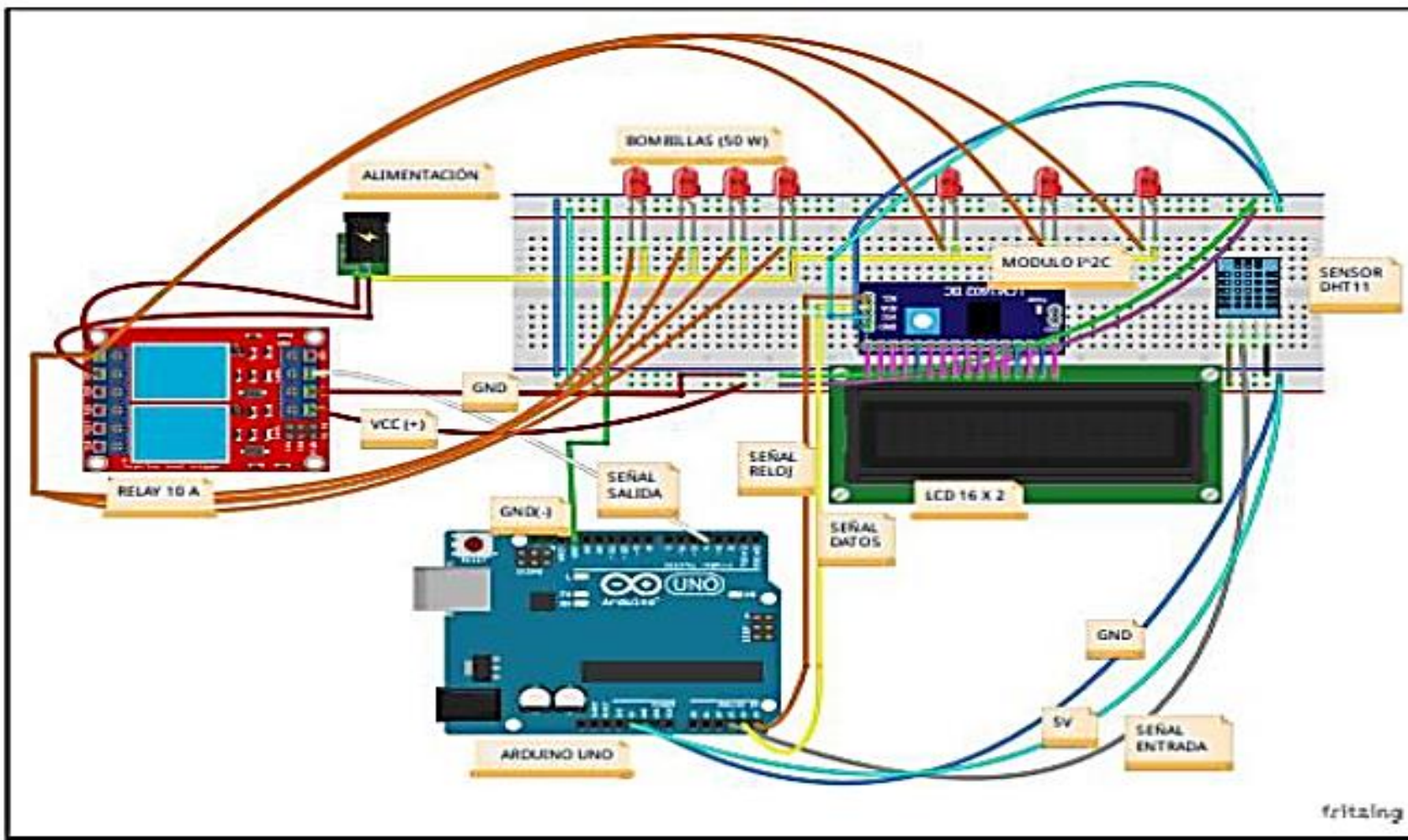


Figura 34: Circuito de programación del bioterio

Anexo 18. Código de programación del funcionamiento de bioterio

```
#include "DHT.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Incluimos la librería del módulo I2C
#include <Wire.h> //Librería que usar? SDA Y SCL para comunicarse
// Declaración de variables globales
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); //Declaramos el tamaño de la pantalla LCD

#define DHTPIN 3
#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int n=1;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println(F("DHTxx test!"));
  dht.begin();
  lcd.init(); // Dimensiones de nuestro LCD Columnas y filas
  delay(1000); // Wait for 1000 millisecond(s)
  lcd.backlight(); //Enciende luz de fondo
  lcd.print("BIOTERIO");
  pinMode(4,OUTPUT);
}

void loop() {
  // Reading temperature or humidity takes about 250 milliseconds!
  // Sensor readings may also be up to 2 seconds 'old' (its a very slow sensor)
  float h = dht.readHumidity();
  // Read temperature as Celsius (the default)
  float t = dht.readTemperature();
  // Read temperature as Fahrenheit (isFahrenheit = true)
  float f = dht.readTemperature(true);

  // Check if any reads failed and exit early (to try again).
  if (isnan(h) || isnan(t) || isnan(f)) {
    Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
    return;
  }

  // Compute heat index in Fahrenheit (the default)
  float hif = dht.computeHeatIndex(f, h);
  // Compute heat index in Celsius (isFahrenheit = false)
  float hic = dht.computeHeatIndex(t, h, false);
```

```

Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
Serial.print(F("% Temperature: "));
Serial.print(t);
Serial.print(F(" °C "));
Serial.print(f);
Serial.print(F(" °F Heat index: "));
Serial.print(hic);
Serial.print(F(" °C "));
Serial.print(hif);
Serial.println(F(" °F"));
lcd.clear(); //Limpiamos la pantalla LCD de cualquier caracter
lcd.setCursor(0, 0); //Posicion: columna cero fila cero
lcd.print("Temperatura: ");
lcd.print(t);
lcd.print((char)223); // Escribimos el caracter de "?" en la pantalla
lcd.print("C");
lcd.setCursor(0, 1); //Posicion: columna 0 fila 1, para que escriba en la segunda linea
lcd.print("Humedad: ");
lcd.print(h);
lcd.print("%");
for (int c = 0; c < 12; c++) { //hace una secuencia hacia la izquierda y luego hacia la
derecha, por 12 pasos
lcd.scrollDisplayLeft();
delay(300);
}
for (int c = 0; c < 12; c++) {
lcd.scrollDisplayRight();
delay(300);
}
if (t < 25 && n == 1) {
digitalWrite(4, HIGH);
Serial.println("ENCENDIDO");
n = 0;
}
if (t > 30 && n == 0) {
digitalWrite(4, LOW);
Serial.println("APAGADO");
n = 1;
}
delay(3000);
}

```


Anexo 19. Análisis Estadístico de las pruebas sensoriales.

$$T_{cal} \leq T_{tab}$$
$$T_{cal} \frac{X - np}{npq}$$
$$M = np$$
$$s = npq$$

Prueba de Hipótesis

$H_p = No$ hay diferencia entre las muestras

$H_a = Existe$ diferencia entre las muestras

Criterios de decisión

$$Acepta.H_p = T_{cal} \leq T_{tab}$$

$$Rechaza.H_p = T_{cal} > T_{tab}$$

FACTOR AROMA

$$T_{cal} \leq T_{tab}$$

$$T_{cal} \frac{31 - 46}{23}$$

$$M = 92 * 0.5 = 46$$

$$S = 92 * 0.5 * 0.5 = 23$$

$$T_{cal} = -0.65217391 < +1.980$$

FACTOR DULZOR

$$T_{cal} \leq T_{tab}$$

$$T_{cal} \frac{36 - 46}{23}$$

$$M = 92 * 0.5 = 46$$

$$S = 92 * 0.5 * 0.5 = 23$$

$$T_{cal} = -0.43478261 < +1.980$$

PREFERENCIA

$$T_{cal} \leq T_{tab}$$

$$T_{cal} \frac{35 - 46}{23}$$

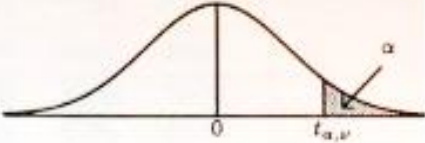
$$M = 92 * 0.5 = 46$$

$$S = 92 * 0.5 * 0.5 = 23$$

$$T_{cal} = -0.47826087 < +1.980$$

Anexo 20. Tabla de distribución t

This table contains critical values $t_{\alpha, \nu}$ for the t distribution defined by $P(T \geq t_{\alpha, \nu}) = \alpha$.



ν	.20	.10	.05	.025	.01	α	.005	.001	.0005	.0001
1	1.3764	3.0777	6.3138	12.7062	31.8205	63.6567	318.3088	636.6192	3183.0988	
2	1.0607	1.8856	2.9200	4.3027	6.9646	9.9248	22.3271	31.5991	70.7001	
3	.9785	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8409	10.2145	12.9240	22.2037	
4	.9410	1.5332	2.1318	2.7764	3.7469	4.6041	7.1732	8.6103	13.0337	
5	.9195	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321	5.8934	6.8688	9.6776	
6	.9057	1.4398	1.9432	2.4409	3.1427	3.7074	5.2076	5.9588	8.0248	
7	.8960	1.4149	1.8946	2.3646	2.9980	3.4995	4.7853	5.4079	7.0634	
8	.8889	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554	4.5008	5.0413	6.4420	
9	.8834	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498	4.2968	4.7809	6.0101	
10	.8791	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693	4.1437	4.5869	5.8938	
11	.8755	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058	4.0247	4.4370	5.4528	
12	.8726	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545	3.9296	4.3178	5.2633	
13	.8702	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123	3.8520	4.2208	5.1106	
14	.8681	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768	3.7874	4.1405	4.9850	
15	.8662	1.3406	1.7531	2.1314	2.6025	2.9467	3.7328	4.0728	4.8800	
16	.8647	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208	3.6862	4.0150	4.7909	
17	.8633	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982	3.6458	3.9651	4.7144	
18	.8620	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784	3.6105	3.9216	4.6480	
19	.8610	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609	3.5794	3.8834	4.5899	
20	.8600	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453	3.5518	3.8495	4.5385	
21	.8591	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314	3.5271	3.8192	4.4929	
22	.8583	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8187	3.5050	3.7921	4.4520	
23	.8575	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073	3.4850	3.7676	4.4152	
24	.8569	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7969	3.4668	3.7454	4.3819	
25	.8562	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874	3.4502	3.7251	4.3517	
26	.8557	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787	3.4350	3.7066	4.3240	
27	.8551	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707	3.4210	3.6896	4.2987	
28	.8546	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633	3.4081	3.6739	4.2754	
29	.8542	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564	3.3962	3.6594	4.2539	
30	.8538	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500	3.3852	3.6460	4.2340	
40	.8507	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045	3.3069	3.5510	4.0942	
50	.8489	1.2987	1.6759	2.0086	2.4033	2.6778	3.2614	3.4960	4.0140	
60	.8477	1.2958	1.6706	2.0003	2.3901	2.6603	3.2317	3.4602	3.9621	
120	.8446	1.2886	1.6577	1.9799	2.3578	2.6174	3.1595	3.3735	3.8372	
∞	.8416	1.2816	1.6449	1.9600	2.3263	2.5758	3.0902	3.2905	3.7190	

FUENTE: Ureña *et al.* (1999).

Anexo 21. Conteo de elecciones a favor de los atributos sensoriales

Nº JUECES	MUESTRA CON MEJOR AROMA		MUESTRA MAS DULCES		MUESTRA MAS ACIDA		MUESTRA MAS VISCOSA		PREFERENCIA	
	677	685	693	701	709	717	725	733	741	749
1		X								X
2	X		X					X	X	
3	X		X					X	X	
4		X	X					X	X	
5	X			X	X			X	X	
6	X		X		X		X		X	X
7	X		X			X		X	X	
8	X		X			X		X	X	
9	X			X	X		X			X
10	X		X					X	X	
11	X		X					X	X	
12	X		X					X	X	
13		X	X					X	X	
14	X			X				X	X	
15	X		X		X		X		X	
16	X		X			X		X	X	
17	X		X			X		X	X	
18		X		X	X		X		X	
19		X	X			X		X		X
20	X		X			X				X
21		X		X	X		X		X	
22		X		X	X			X		X
23	X		X		X		X			X
24	X		X			X		X	X	
25	X		X			X		X	X	
26		X	X			X		X	X	
27	X		X			X		X		X
28	X		X			X		X	X	
29		X	X		X		X		X	
30	X			X	X		X		X	
31	X		X			X		X	X	
32	X		X			X		X	X	
33	X		X		X		X		X	
34		X	X			X		X	X	
35	X		X			X		X	X	
36	X		X			X		X	X	
37	X		X			X		X	X	
38		X		X	X		X		X	X
39		X	X			X		X	X	
40	X		X			X		X	X	
41		X		X	X		X			X
42	X		X			X		X	X	
43		X	X			X		X	X	
44	X		X			X		X	X	
45	X			X	X		X		X	
46		X	X			X		X		X
TOTAL	31	15	36	10	14	32	11	35	35	11

Anexo 22. Panel fotográfico de las pruebas sensoriales



Entrenamiento de jueces-Prueba Pareada



preparación des muestras



Evaluación sensorial

Figura 35: Fotografías de la evaluación sensorial

Anexo 23. Modelos matemáticos de la bebida láctea simbiótica.

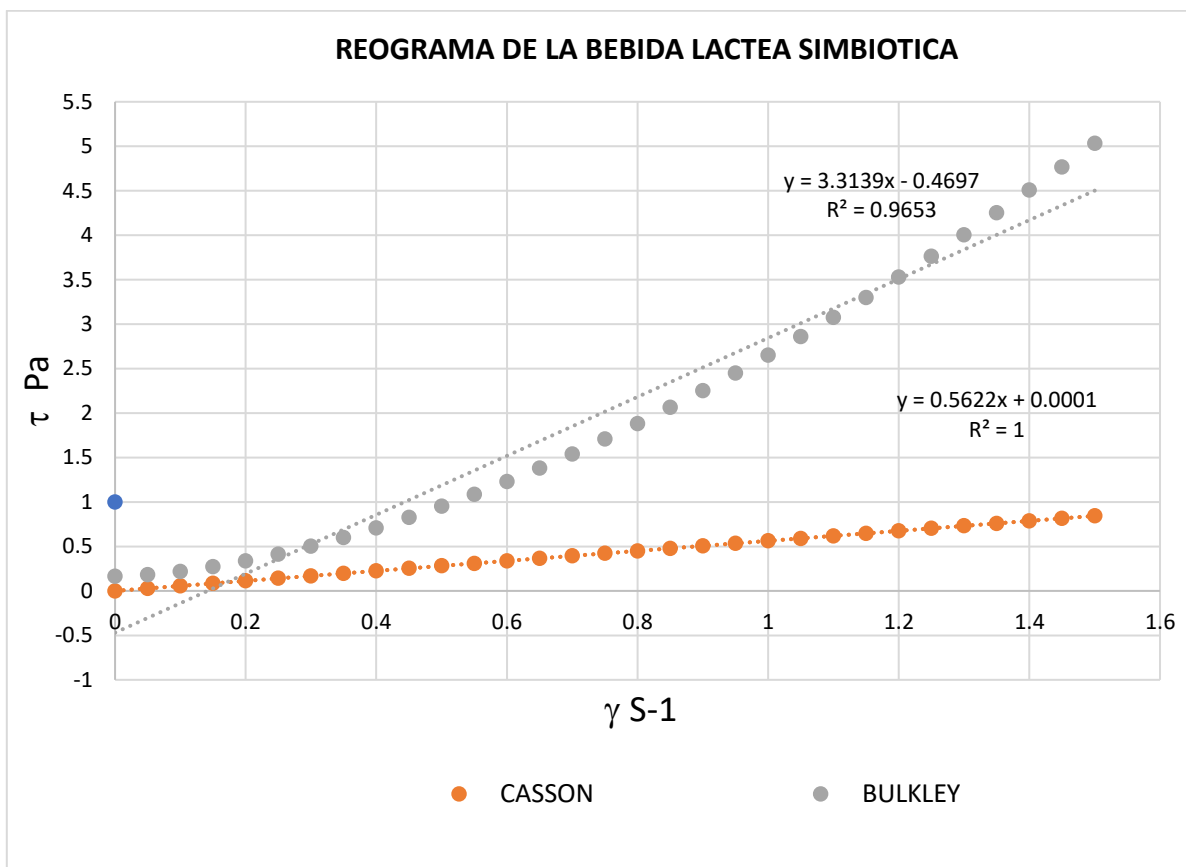


Figura 36: Modelo matemático adecuado de la bebida láctea simbiótica



UNIVERSIDA NACIONAL DE JULIACA
Universidad Pública de Calidad



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
"Universidad Publica De Calidad"