

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: **“Optimización de procesos en la fermentación del yogur tipo 1 para mejorar la calidad y productividad en la industria láctea “Quesería de Mí Sin Ti”**

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingenieros en Alimentos

AUTORES: Cadena Mejía Sandi Mishell

Carlosama Carlosama Emerson Fernando

TUTORA: Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny, MSc.

Tulcán, 2026.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que los estudiantes Cadena Mejía Sandi Mishell y Carlosama Carlosama Emerson Fernando con el número de cédula 1728212398 y 0450148168 respectivamente, han desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Optimización de procesos en la fermentación del yogur tipo 1 para mejorar la calidad y productividad en la industria láctea "Quesería de Mí Sin Ti".

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en la Codificación del Reglamento de Régimen Académico y de Estudiantes de la UPEC, por lo tanto, autorizo la sustentación de la presentación para la calificación respectiva.

Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny MSc.

TUTORA

Tulcán, julio de 2026

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingenieros en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Nosotros, Cadena Mejía Sandi Mishell y Carlosama Carlosama Emerson Fernando con cédula de identidad número 1728212398 y 0450148168 respectivamente, declaramos que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que hemos llegado son de nuestra absoluta responsabilidad.



Cadena Mejía Sandi Mishell

AUTORA



Carlosama Carlosama Emerson Fernando

AUTOR

Tulcán, julio de 2026

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Nosotros Cadena Mejía Sandi Mishell y Carlosama Carlosama Emerson Fernando declaramos ser autores de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Optimización de procesos en la fermentación del yogur tipo 1 para mejorar la calidad y productividad en la industria láctea "Quesería de Mí Sin Ti" y se exime expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.



Cadena Mejía Sandi Mishell

AUTORA



Carlosama Carlosama Emerson Fernando

AUTOR

Tulcán, julio de 2026

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a Dios, por ser el pilar fundamental de nuestras vidas y por brindarnos salud, sabiduría y fortaleza para no rendirnos en los momentos más difíciles de nuestra formación académica. Gracias por guiarnos en cada paso y permitirnos alcanzar este sueño tan anhelado.

A nuestras familias, porque este logro también les pertenece. Gracias por su apoyo incondicional, por comprender nuestras ausencias, por alentarnos cuando el camino parecía difícil y por ser la motivación que nos impulsó a seguir adelante hasta alcanzar esta meta.

De igual manera, extendemos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, por convertirse en nuestro segundo hogar durante estos años y brindarnos las herramientas necesarias para nuestra formación profesional. Asimismo, agradecemos a los docentes de la Carrera de Alimentos, quienes no solo compartieron sus conocimientos en las aulas, sino que también, con su experiencia y exigencia, contribuyeron a nuestra formación como profesionales comprometidos y capaces.

De manera especial, expresamos nuestra infinita gratitud a nuestra tutora, MSc. Jenny Yambay, por su paciencia, dedicación y tiempo brindado. Gracias por confiar en este proyecto de investigación desde el primer día y por motivarnos constantemente a dar lo mejor de nosotros para alcanzar nuestros objetivos.

Finalmente, queremos agradecerlos mutuamente por el esfuerzo, la paciencia y el verdadero trabajo en equipo demostrado a lo largo de este proceso. Detrás de esta tesis existen incontables horas de trabajo, debates, largas jornadas en el laboratorio y desvelos compartidos. Sin el apoyo, compromiso y confianza de cada uno, este logro no habría sido posible.

Sandi Cadena, Emerson Carlosama.

DEDICATORIA

Dedico este logro, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza, llenándome de fe y perseverancia para superar cada desafío a lo largo del camino.

A mis padres, Maritza Mejía y Marco Cadena, por ser la base de todo lo que soy y por inspirarme siempre a superarme. Su amor ha sido mi sostén en aquellos momentos en los que el cansancio y la duda parecían vencerme. Gracias por creer en mí, incluso cuando yo misma dudaba, por ser mi refugio y por enseñarme a luchar siempre por ser mejor. Sé que la vida no me alcanzará para agradecerles todo lo que han hecho y sacrificado por brindarme un futuro mejor. Gracias por enseñarme que la verdadera riqueza no se encuentra en lo material, sino en los valores, la educación y el esfuerzo constante. Este logro no es solo mío, sino también el reflejo de todo su amor y dedicación. ¡Gracias por tanto!

A mi hermano, Jhonatan Mejía, porque, aunque ya han pasado cuatro años desde que dejamos de vivir bajo el mismo techo, y aunque no seamos de quienes pasan horas conversando, tu presencia en mi vida sigue siendo un pilar fundamental. Sé que me apoyas en cada uno de mis proyectos. Gracias por ser ese hermano que, sin necesidad de grandes palabras, siempre sabe cómo estar presente.

A mi abuelita, Oliva Molina, porque en los días más difíciles de este camino, cuando el cansancio pesaba y los recursos escaseaban, siempre estuviste ahí. Jamás olvidaré aquellas veces en las que, con tu inmensa generosidad, me ayudabas incluso con el pasaje para que pudiera llegar a la universidad y seguir luchando por mis sueños. Gracias por no dejarme sola, por impulsarme con tus consejos y por demostrarme que el amor de una abuela puede con todo.

A Carlos, por tu apoyo incondicional, tus valiosos consejos y cada uno de los sacrificios realizados durante este proceso. Gracias por cada esfuerzo, incluso por aquellas veces en las que hacías lo imposible por ayudarme y facilitar mi camino. Tu constancia, paciencia y compañía fueron una motivación más para no rendirme. Gracias por escucharme, sostenerme y recordarme siempre que no estaba sola. Gracias por caminar a mi lado y por convertirte en una parte fundamental de mi felicidad y de este logro profesional.

Agradezco profundamente a mis amigos, quienes hicieron de la vida universitaria una experiencia inolvidable, llena de risas, locuras y complicidad. Gracias por convertirse en mi familia elegida durante estos años, por el apoyo brindado y por cada recuerdo compartido que hizo de este camino académico una etapa aún más especial.

Sandi Mishell Cadena Mejía

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser el artífice de este gran logro, por brindarme vida, salud, fortaleza y prosperidad a lo largo de este camino recorrido para alcanzar esta meta tan importante.

A mis padres, Carlos Carlosama y Sandra Carlosama, con todo mi amor, respeto, gratitud y admiración, por ser el pilar fundamental y las personas más importantes de mi vida. Gracias por ser el motor que me impulsó a nunca rendirme, por cada sacrificio realizado, por su amor incondicional y por creer en mí incluso cuando nadie más lo hacía. Este logro también les pertenece, porque detrás de cada paso que di siempre estuvieron ustedes, apoyándome y levantándome en cada caída. Gracias por formarme como una buena persona y enseñarme el valor del trabajo, la humildad y la perseverancia para salir adelante pese a cualquier adversidad. Todo lo que soy y todo lo que he alcanzado es el reflejo de tener a los mejores padres que Dios y la vida pudieron darme. Gracias infinitas por tanto y por todo.

A mis hermanos, Roberto y Mayerli, por ser una de las razones más importantes para superarme y seguir adelante. Gracias por su amor, su apoyo y por ser un ejemplo en mi vida. De igual manera, agradezco profundamente a toda mi familia, quienes estuvieron presentes tanto en los buenos como en los malos momentos, brindándome fuerzas y motivación para cumplir este gran sueño.

A Isabel Rosero, por tu apoyo incondicional, tus consejos y todo el esfuerzo compartido desde el inicio hasta el final de este proceso. Gracias por ser la persona que me levantó cada vez que sentía caer. Tu tiempo, atención, compañía, paciencia, cariño y apoyo constante me motivaron a no rendirme y a seguir adelante. En los momentos en que más te necesité, siempre estuviste para mí, extendiéndome tu mano y caminando a mi lado hasta el final. Gracias por ser una persona tan especial e importante en mi vida, por formar parte de mi felicidad y de este logro tan anhelado.

Emerson Fernando Carlosama Carlosama

ÍNDICE

RESUMEN.....	15
ABSTRACT	16
INTRODUCCIÓN	17
I. EL PROBLEMA.....	19
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	20
1.3. JUSTIFICACIÓN	20
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.4.3. Preguntas de Investigación	22
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	24
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	24
2.2. MARCO TEÓRICO	27
2.2.1. Generalidades de la leche.....	27
2.2.1.1. Origen	27
2.2.1.2. Leche de vaca.....	27
2.2.1.3. Composición de la leche.....	27
2.2.1.4. Usos.....	28
2.2.1.5. Producción de leche en el Ecuador	28
2.2.1.6. Producción de leche en la provincia del Carchi.....	29
2.2.2. Leche fermentada o Yogur	29
2.2.2.1. Origen	29

2.2.2.2. Leche fermentada (yogur)	29
2.2.2.3. Composición nutricional.....	30
2.2.2.4. Beneficios.....	31
2.2.3. Cultivos lácticos	32
2.2.4. Composición de los cultivos	33
2.2.4.1. <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus</i>	33
2.2.4.2. <i>Streptococcus thermophilus</i>	34
2.2.4.3. <i>Bifidobacterium species</i>	34
2.2.4.4. <i>Lactobacillus acidophilus</i>	34
III. METODOLOGÍA	36
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	36
3.1.1. Enfoque	36
3.1.2. Tipo de Investigación.....	36
3.2. HIPÓTESIS	37
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	37
3.3.1. Definición de las variables	37
3.3.2. Operacionalización de las variables.....	37
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	39
3.4.1. Elaboración del yogur en la planta “Quesería de Mí Sin Ti”	39
3.4.2. Elaboración del yogur de los tratamientos	41
3.4.3. Técnica	43
3.4.3.1. Análisis fisicoquímico de la leche	43
3.4.3.1.1. Determinación de pH.....	43
3.4.3.1.2. Determinación de acidez titulable	43
3.4.3.1.3. Determinación de densidad	43
3.4.3.1.4. Determinación de adulterantes.....	44
3.4.3.1.5. Determinación de neutralizantes.....	44

3.4.3.1.6. Determinación de estabilidad proteica.....	44
3.4.3.1.7. Determinación de grasa por el método de Gerber	45
3.4.3.2. Análisis microbiológico de la leche	45
3.4.3.3. Análisis fisicoquímico del yogur.....	45
3.4.3.3.1. Determinación de grasa por el método de Soxhlet	45
3.4.3.4. Análisis microbiológico del yogur	46
3.4.3.5. Análisis sensorial.....	46
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. RESULTADOS.....	49
4.1.1. Análisis de la materia prima.....	49
4.1.1.1. Análisis fisicoquímicos de la leche	49
4.1.1.2. Análisis microbiológicos de la leche	49
4.1.2. Análisis de los tratamientos del yogur	50
4.1.2.1. Análisis fisicoquímicos	50
4.1.2.1.2. Acidez.....	51
4.1.2.1.3. Resultados estadísticos.....	52
4.1.2.2. Análisis microbiológicos	54
4.1.3. Análisis sensorial de los tratamientos experimentales del yogur.....	55
4.1.3.1. FASE 1: Comparación de tratamientos (T1 a T4)	55
4.1.3.2. FASE 2: Comparación del tratamiento testigo (T0) con el mejor tratamiento (T4)	55
4.2. DISCUSIÓN	56
4.2.1. Calidad de la materia prima.....	56
4.2.2. Análisis fisicoquímicos de los tratamientos experimentales	58
4.2.2.1. pH final y acidez titulable	58
4.2.2.2. Sólidos solubles (°Brix).....	59

4.2.2.3. Grasa.....	60
4.2.2.4. Proteína.....	60
4.2.2.5. Viscosidad.....	61
4.2.3. Análisis microbiológico de los tratamientos experimentales	62
4.2.4. Análisis sensorial	63
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
5.1. CONCLUSIONES.....	66
5.2. RECOMENDACIONES	67
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
VII. ANEXOS.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la leche.....	27
Tabla 2. Composición nutricional	31
Tabla 3. Dosis adecuada de inoculación	32
Tabla 4. Dosis adecuada de inoculación	33
Tabla 5. Parámetros específicos de los cultivos.....	35
Tabla 6. Operacionalización de variables	38
Tabla 7. Escala de evaluación.....	46
Tabla 8. Definición de variables y tratamientos	48
Tabla 9. Esquema experimental.....	48
Tabla 10. Resultados fisicoquímicos de la leche cruda	49
Tabla 11. Resultados del análisis microbiológico de la leche cruda	50
Tabla 12. Análisis descriptivos de los resultados fisicoquímicos	52
Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para los resultados fisicoquímicos	53
Tabla 14. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad.....	53
Tabla 15. Grupos de significancia estadística (post-hoc) para parámetros fisicoquímicos.....	54
Tabla 16. Resultados microbiológicos de los tratamientos experimentales del yogur	54
Tabla 17. Resumen de atributos sensoriales – Fase 1	55
Tabla 18. Comparación de atributos entre T0 y T4 – Fase 2 (Wilcoxon pareado)	56
Tabla 19. Preferencia pareada entre T0 y T4 – Fase 2 (prueba binomial)	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva de acidificación de FD-DVS ABY-3 Probio-Tec	33
Figura 2. Diagrama de flujo de la empresa “Quesería de Mí Sin Ti” para elaboración de yogur.....	40
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración del yogur experimental	42
Figura 4. Curvas de fermentación del pH del yogur en los tratamientos experimentales	51
Figura 5. Curvas de fermentación de la acidez del yogur en los tratamientos experimentales	52

Figura 6. Boxplot pH.....	89
Figura 7. Boxplot acidez.....	89
Figura 8. Boxplot brix	89
Figura 9. Boxplot grasa.....	89
Figura 10. Boxplot proteína	89
Figura 11. Boxplot viscosidad	89
Figura 12. Análisis de calidad de la leche.....	90
Figura 13. Análisis de grasa de la leche	90
Figura 14. Análisis de pH de la leche	90
Figura 15. Análisis de aerobios mesófilos de la leche.....	90
Figura 16. Análisis de aerobios mesófilos de la leche.....	91
Figura 17. Análisis de aerobios mesófilos de la leche.....	91
Figura 18. Calentamiento	91
Figura 19. Pesado de azúcar.....	91
Figura 20. Pesado de estabilizante	91
Figura 21. Pesado de benzoato de sodio	91
Figura 22. Pesado de sorbato de potasio	91
Figura 23. Pesado de cultivo láctico	91
Figura 24. Incubación	91
Figura 25. Corte	92
Figura 26. Producto final (yogur)	92
Figura 27. Envasado	92
Figura 28. Almacenamiento	92
Figura 29. Medición de acidez del yogur.....	92
Figura 30. Medición de pH del yogur	92
Figura 31. Medición de ° brix del yogur.....	92
Figura 32. Resultado de recuento de <i>E. coli</i> del yogur	92
Figura 33. Resultado de coliformes totales del yogur	92
Figura 34. Resultados de mohos y levaduras del yogur	92
Figura 35. Rotulado	93
Figura 36. Preparación de las muestras.....	93
Figura 37. Evaluación de parámetros sensorial fase 1 (T1, T2, T3, T4)	93
Figura 38. Evaluación de parámetros sensoriales fase 2 (T0, T4)	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas	74
Anexo 2. Ficha técnica del cultivo YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU (DANISCO)	76
Anexo 3. Ficha técnica del cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec® (CHR HANSEN)	78
Anexo 4. Resultados fisicoquímicos	81
Anexo 5. Diagrama de flujo para la elaboración de yogur de la empresa "Quesería de Mí Sin Ti"	88
Anexo 6. Resultados estadísticos: Diagramas de caja	89
Anexo 7. Desarrollo experimental	90

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo optimizar el tiempo de fermentación del yogur mediante la evaluación de dos cultivos lácticos (YO-MIX 883 y FD-DVS ABY-3 Probio-Tec) y dos temperaturas de incubación (45 °C y 42 °C) en la empresa "Quesería de Mí Sin Ti". Se implementó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos (T0: testigo, proceso convencional de 18 h; T1: YO-MIX 883 + 45 °C; T2: YO-MIX 883 + 42 °C; T3: ABY-3 + 45 °C; T4: ABY-3 + 42 °C) y 3 repeticiones. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles, grasa, proteína y viscosidad), microbiológicos (coliformes totales, *E. coli*, mohos y levaduras) y sensoriales (escala hedónica de 7 puntos y prueba de preferencia). Los tratamientos incubados a 45 °C (T1 y T3) alcanzaron el pH de corte de 4.4 en 4 horas, mientras que a 42 °C se requirieron 4.5 horas para T2 y 5 horas para T4. El tratamiento T4 (ABY-3 + 42 °C) mostró el mejor equilibrio global: pH 4.43, acidez 63.67 °D (frente a 82.00 °D del testigo) y viscosidad de 1333 cP (frente a 12.800 cP del testigo). Todos los tratamientos experimentales cumplieron con la norma NTE INEN 2395. El análisis sensorial del mejor tratamiento T4 no mostró diferencias significativas con el testigo ($p > 0.05$), confirmando que la optimización no altera la percepción del consumidor. Se concluye que la implementación del protocolo optimizado (cultivo ABY-3, 42 °C, 5 h) permite reducir el tiempo de fermentación en un 70-75 %, aumentar la capacidad productiva de 1 a 4 lotes diarios y mejorar la calidad fisicoquímica y microbiológica del yogur.

Palabras clave: Yogur, fermentación, cultivos lácticos, temperatura de incubación, optimización, FD-DVS ABY-3, YO-MIX 883, viscosidad, acidez.

ABSTRACT

This research aimed to optimize yogurt fermentation time by evaluating two lactic cultures, YO-MIX 883 and FD-DVS ABY-3 Probio-Tec, and two incubation temperatures, 45 °C and 42 °C, in the dairy company "Quesería de Mí Sin Ti." A completely randomized design was implemented, consisting of five treatments: T0, control treatment based on the conventional 18-hour process; T1, YO-MIX 883 + 45 °C; T2, YO-MIX 883 + 42 °C; T3, ABY-3 + 45 °C; and T4, ABY-3 + 42 °C, with three replications. Physicochemical parameters were evaluated, including pH, acidity, soluble solids, fat, protein, and viscosity. Microbiological parameters, such as total coliforms, *E. coli*, molds, and yeasts, were also analyzed, along with sensory attributes using a 7-point hedonic scale and a preference test. The treatments incubated at 45 °C, T1 and T3, reached the target cutting pH of 4.4 in 4 hours, whereas the treatments incubated at 42 °C required 4.5 hours for T2 and 5 hours for T4. Treatment T4, corresponding to ABY-3 + 42 °C, showed the best overall balance, with a pH of 4.43, acidity of 63.67 °D compared to 82.00 °D in the control treatment, and a viscosity of 1,333 cP compared to 12,800 cP in the control treatment. All experimental treatments complied with the NTE INEN 2395 standard. The sensory analysis of the best treatment, T4, showed no significant differences compared to the control treatment ($p > 0.05$), confirming that the optimization process did not alter consumer perception. It is concluded that the implementation of the optimized protocol, using ABY-3 culture at 42 °C for 5 hours, reduces fermentation time by 70–75%, increases production capacity from 1 to 4 batches per day, and improves the physicochemical and microbiological quality of yogurt.

Keywords: Yogurt, fermentation, lactic cultures, incubation temperature, optimization, FD-DVS ABY-3, YO-MIX 883, viscosity, acidity.

INTRODUCCIÓN

El yogur es uno de los productos lácteos fermentados de mayor consumo mundial, valorado por su alto valor nutricional, su aporte de probióticos y su versatilidad sensorial. En Ecuador, la industria láctea representa un pilar estratégico para la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico, generando empleo directo e indirecto para más de 1.5 millones de personas (*Centro de la Industria Láctea*, 2024). No obstante, la industria láctea nacional encara retos significativos, tales como la contracción en el consumo per cápita y el incremento en los costos operativos, lo que exige elevar la eficiencia tecnológica para competir con marcas nacionales e internacionales (*Observatorio Lácteo del Ecuador*, 2024).

La fermentación del yogur es un proceso biotecnológico crítico en el que bacterias ácido-lácticas termófilas (*Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*) transforman la lactosa en ácido láctico, disminuyendo el pH hasta el punto isoelectrónico de la caseína (aproximadamente 4.6). Esta acidificación controlada genera la formación de un gel tridimensional que define la textura, la viscosidad y la estabilidad del producto final (Tamime y Robinson, 2007). La temperatura de incubación y el tipo de cultivo iniciador son variables que determinan la cinética de acidificación. Un tiempo de fermentación excesivamente prolongado (>8 h) puede provocar sobre-acidificación, sinéresis, pérdida de viscosidad y proliferación de microorganismos contaminantes, afectando tanto la rentabilidad como la calidad e inocuidad del producto.

En la provincia del Carchi, zona de alta producción lechera, coexisten microempresas con procesos empíricos y macroempresas tecnificadas. La empresa "Quesería de Mí Sin Ti", ubicada en San Gabriel, procesa aproximadamente 2000 L mensuales de leche fermentada. Actualmente utiliza el cultivo YO-MIX® 883 con una temperatura de incubación que oscila entre 35°C y 45°C, completando la fermentación en un tiempo de 18 horas, muy por encima de los estándares industriales (4-8 h). Esta situación genera un cuello de botella que limita la producción

diaria (un solo lote), incrementa los costos energéticos y de mano de obra, y compromete la competitividad del negocio.

Bajo esta premisa, el estudio se propuso estandarizar el tiempo de fermentación del yogur mediante la evaluación de dos cultivos lácticos (YO-MIX 883 y FD-DVS ABY-3 Probio-Tec) y dos temperaturas de incubación (45 °C y 42 °C) en la empresa “Quesería de Mí Sin Ti”. Se implementó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos (T0 testigo, T1 a T4) por triplicado. Se evaluaron parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles, grasa, proteína, viscosidad), microbiológicos (coliformes totales, E. coli, mohos y levaduras) y sensoriales (escala hedónica de 7 puntos y prueba de preferencia con 80 jueces no entrenados). Los resultados permitieron seleccionar el tratamiento T4 (ABY-3 a 42 °C) como el óptimo, reduciendo el tiempo de fermentación a 5 horas (una mejora del 70-75 %) y cumpliendo con la normativa NTE INEN 2395:2011. Además, se estableció un protocolo técnico de estandarización que constituye una innovación tecnológica viable para pequeñas y medianas empresas lácteas, alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2, 3, 9 y 12).

I. EL PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el yogur es reconocido como un alimento funcional clave debido a sus propiedades probióticas y su valor nutricional. En Ecuador, la industria láctea constituye un pilar estratégico para la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico, representando el sustento de más de 1.5 millones de personas vinculadas a su cadena de valor (Centro de la Industria Láctea [CIL], 2024). No obstante, el sector lácteo atraviesa un periodo de disminución según datos del Observatorio Lácteo del Ecuador (2024), el consumo per cápita de lácteos se situó en 108.7 litros en el último año, lo que refleja una disminución del 3.6 % en comparación con el periodo anterior. En este escenario, el yogur mantiene una participación relevante del 9.3 % dentro del mercado nacional de derivados lácteos, lo que obliga a las empresas procesadoras a maximizar su eficiencia operativa para sostener su competitividad ante la fluctuación de la demanda y el alza de costos.

Desde una perspectiva técnica, productos como el yogur, el kéfir y el kumis se obtienen mediante la fermentación controlada de la leche, proceso donde cultivos microbianos específicos transforman la lactosa en ácido láctico. Esta transformación genera modificaciones fisicoquímicas y sensoriales críticas en la matriz láctea, las cuales están condicionadas por variables como la temperatura, la concentración del inóculo y el tipo de cultivo utilizado (Tamime y Robinson, 2007). La gestión imprecisa de estas variables influye significativamente en la calidad, estabilidad y vida útil del producto final. Por ello, la industria moderna busca optimizar la cinética de acidificación para alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína (pH 4.6) en tiempos que oscilan idealmente entre las 4 y 8 horas, evitando así defectos reológicos como la sinéresis o la pérdida de viscosidad.

En la provincia del Carchi, zona de alta vocación agropecuaria y producción lechera, existe una marcada dualidad empresarial entre microempresas empíricas y macroempresas tecnificadas. Mientras los pequeños productores enfrentan desafíos por la falta de estandarización y recursos limitados, las grandes empresas se ven

presionadas por innovar y mantener la eficiencia para competir con marcas nacionales. Esta realidad representa un escenario propicio para la intervención científica, ya que la optimización de los procesos de fermentación láctica permite tanto a pequeños como a grandes productores mejorar la inocuidad, ahorrar recursos energéticos y acceder a nuevos nichos de mercado.

Dentro de este contexto, la industria láctea “Quesería de Mí Sin Ti”, procesa un promedio de 2000 litros mensuales de leche fermentada en presentaciones que van desde los 250 mL hasta los 3 L, con sabores de fresa, mora, guanábana y feijoa. Actualmente, la empresa enfrenta un problema en la productividad: el tiempo de fermentación empleando el cultivo comercial YO-MIX® 883, el cual prolonga la fase de acidificación hasta las 18 horas. Este periodo es técnicamente excesivo y triplica los estándares industriales, convirtiéndose en un cuello de botella que limita la producción diaria y dispara los costos operativos. La problemática se agrava por el aumento sostenido en los costos de insumos básicos, maquinaria y personal operativo, lo que compromete seriamente la rentabilidad y sostenibilidad del negocio.

En consecuencia, existe la necesidad de ejecutar una reingeniería técnica de la fermentación a través de la evaluación de cultivos de alta cinética, como el FD-DVS ABY-3. Esta intervención busca reducir los tiempos muertos y estandarizar la curva de acidificación, garantizando que el yogur resultante cumpla con los parámetros fisicoquímicos y de calidad exigidos por la normativa NTE INEN 2395 (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2011).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera influye la variación del cultivo láctico y la temperatura de incubación en la reducción del tiempo de fermentación y en los parámetros de la calidad del yogur elaborado en la industria “Quesería de mi sin ti”?

1.3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación aborda la brecha de conocimiento existente sobre la interacción entre cultivos de alta cinética (como ABY-3) y temperaturas controladas en matrices lácteas locales, buscando sustituir el manejo empírico por un sistema tecnificado. En el contexto actual, la industria láctea ecuatoriana enfrenta desafíos económicos significativos, marcados por una contracción en el consumo per cápita y un incremento en los costos de materias primas. Bajo esta premisa, la optimización de los

tiempos de respuesta operativa deja de ser una opción técnica para convertirse en una urgencia estratégica. Al abordar el nudo crítico en "Quesería de Mi Sin Ti", este trabajo justifica su relevancia al proponer una solución científica y técnica que permitirá a la organización mejorar su posicionamiento mediante la eficiencia productiva y la garantía de calidad fisicoquímica y microbiológica bajo estándares normativos nacionales NTE INEN 2395 (2011).

Desde una perspectiva técnica y científica, la resolución de un ciclo de fermentación que excede las 18 horas representa un avance sustancial en el control de procesos biotecnológicos. La literatura indica que una cinética de acidificación prolongada degrada la integridad de la red de caseína, lo que deriva en defectos sensoriales y reológicos que afectan la aceptación del consumidor. Al implementar cultivos de alta cinética como el FD-DVS ABY-3 Probio-Tec®, se generan beneficios directos en la estabilidad del gel lácteo, logrando una matriz con menor sinéresis y mayor viscosidad natural. Este control preciso sobre el tiempo y temperatura asegura que el yogur mantenga sus propiedades funcionales y microbiológicas intactas durante toda su vida útil, superando las limitaciones del manejo empírico predominante en la zona (Tamime y Robinson, 2007).

En el ámbito económico, los beneficios de esta optimización se manifiestan en una mejora drástica de la rentabilidad y la capacidad de planta. La reducción de los tiempos muertos permite una rotación de inventarios más ágil, posibilitando que la empresa procese mayores volúmenes de leche con la misma infraestructura física, lo que incrementa su capacidad instalada de manera exponencial. Además, la eficiencia energética derivada de ciclos de incubación más cortos reduce los costos indirectos de fabricación. Esta sostenibilidad financiera es vital para el fortalecimiento de la industria en la provincia del Carchi, donde la competitividad depende de la capacidad de innovación y la reducción de desperdicios operativos (Observatorio Lácteo del Ecuador, 2024).

Finalmente, esta investigación se justifica por su alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, promoviendo un impacto positivo en la región. A través del ODS 2 (Hambre Cero) y el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables), el proyecto garantiza la oferta de alimentos de alto valor biológico procesados bajo criterios de eficiencia de recursos y mínima huella ambiental. Asimismo, al fortalecer la productividad de una PyME local, se contribuye al ODS 8 (Trabajo Decente y Crecimiento Económico) y al ODS 9 (Industria, Innovación e

Infraestructura), demostrando que la aplicación de la ciencia en la industria de alimentos es el motor principal para el desarrollo socioeconómico rural. De esta manera, el trabajo no solo resuelve un problema puntual de fábrica, además, que constituye como un modelo de transferencia tecnológica para el sector lácteo del norte del país.

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Optimizar el tiempo de fermentación del yogur mediante la evaluación de los cultivos lácticos y temperaturas de incubación, para la mejora de la eficiencia productiva en la empresa "Quesería de Mí Sin Ti".

1.4.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el estado inicial del proceso de elaboración del yogur en la planta "Quesería de Mí Sin Ti".
- Evaluar la cinética de acidificación de los cultivos YO-MIX® 883 y ABY-3 bajo las temperaturas de inoculación de 45 °C y 42 °C.
- Determinar el tratamiento óptimo que logre la mayor reducción del tiempo de fermentación, garantizando que el producto final cumpla con los parámetros fisicoquímicos de la norma NTE INEN 2395: 2011 para leches fermentadas.
- Analizar la aceptabilidad sensorial (color, olor, sabor y textura) del yogur obtenido en los tratamientos.
- Establecer un protocolo técnico de estandarización para el proceso de fermentación que optimice la productividad mediante la reducción del tiempo de incubación, garantizando la calidad fisicoquímica y sensorial en la empresa "Quesería de Mí Sin Ti".

1.4.3. Preguntas de Investigación

- ¿Cuáles son los parámetros técnicos y cinéticos que actualmente provocan que el proceso de fermentación en la industria "Quesería de Mí Sin Ti" se extienda de 18 horas?
- ¿De qué manera influye el uso de los cultivos YO-MIX® 883 o ABY-3 y las temperaturas de inoculación de 42 °C y 45 °C en la velocidad de descenso del pH hasta el punto isoeléctrico?

- ¿En qué medida el tratamiento optimizado permite reducir el tiempo de incubación sin comprometer los requisitos fisicoquímicos de acidez y pH establecidos en la norma NTE INEN 2395?
- ¿Cuál es el grado de aceptabilidad sensorial en términos de color, olor, sabor y textura del yogur obtenido mediante el proceso de optimización en comparación con el producto tradicional de la empresa?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Fernández y Puthukulangara (2012) evaluaron el efecto de tres combinaciones de cultivos lácticos (YC180, ABY3 y YC180 + BIFI) y dos prebióticos sobre la calidad del yogur sabor a fresa. Mediante un diseño experimental con medidas repetidas en el tiempo y análisis de varianza (ANOVA), determinaron que el tratamiento con ABY3 e inulina mantuvo una viscosidad superior a 3000 cP y la mayor aceptación sensorial (7.03 en escala hedónica). Los autores concluyeron que la combinación de ABY3 con prebióticos potencia significativamente la estabilidad fisicoquímica y sensorial. Este estudio sustenta la elección del cultivo ABY-3 en nuestra investigación como un agente clave para garantizar la textura y aceptabilidad bajo procesos de fermentación controlada.

Freire (2023) se propuso optimizar la producción de yogur en la empresa PROALIM para mejorar la eficiencia operativa. La metodología contempló un diagnóstico inicial, balances de masa y energía, y la validación fisicoquímica bajo la norma INEN 2395. Los resultados mostraron un incremento en el rendimiento al 99.8 %, una reducción de la acidez al 0.65 % y una mejora en el contenido proteico (4.17 %). Los análisis microbiológicos posteriores a la optimización demostraron una reducción significativa de mohos, levaduras y coliformes fecales, ubicándose dentro de los límites establecidos. Se concluyó que el ajuste de variables críticas eleva la competitividad industrial y la eficiencia energética. Dicho antecedente es un referente directo para nuestro trabajo, al demostrar que la estandarización técnica en PyMES ecuatorianas reduce costos y mejora la calidad nutricional.

Ilić et al. (2024) evaluaron el efecto de cultivos probióticos (*L. plantarum* y *B. animalis*) sobre las propiedades reológicas de yogures con distinto contenido graso. Aplicaron un diseño de cinco formulaciones analizadas mediante ANOVA y análisis multivariado de componentes principales. Los resultados evidenciaron una fuerte correlación entre la reología y la percepción de cremosidad, logrando geles estables incluso en productos bajos en grasa. Los resultados fisicoquímicos evidenciaron diferencias

significativas entre las formulaciones, destacándose el tratamiento P5 como el de mayor materia seca (12 %) y contenido graso (2.99 %), mientras que el yogur probiótico bajo en grasa P3 presentó 1.44 % de grasa, 3.33 % de proteína y un pH de 4.25, valores comparables a formulaciones con mayor contenido lipídico. Asimismo, el tratamiento P4 mostró el pH más bajo (4.17) y el menor contenido graso (1.22 %), mientras que el contenido proteico no presentó diferencias significativas entre tratamientos (2.80–3.33 %). El análisis multivariado explicó más del 86 % de la variabilidad total y evidenció una fuerte correlación entre los parámetros reológicos y sensoriales, indicando que la combinación probiótica permitió mejorar la estructura del gel y la percepción de cremosidad en yogures bajos en grasa. Los autores concluyeron que el uso de estos cultivos es una estrategia tecnológica eficaz para desarrollar alimentos funcionales sin espesantes adicionales. Esta investigación valida nuestra premisa de que la selección del cultivo adecuado puede compensar variaciones en la composición de la leche cruda.

Zambrano (2017) evaluó el efecto de cultivos iniciadores con *Bifidobacterium lactis* en la calidad del yogur a escala semi-industrial. La metodología empleó un enfoque cuantitativo experimental con ensayos por triplicado, monitoreando la cinética de pH y acidez durante 28 días. Los resultados evidenciaron una reducción en los tiempos de incubación, alcanzando el pH final de 4.6 en un rango de 4 h 15 min a 4 h 50 min para el cultivo con *B. lactis*, frente a las 5 h del cultivo tradicional, con una acidez mínima de 0.80 % de ácido láctico. Se concluyó que los cultivos mixtos ofrecen ventajas operativas significativas al agilizar la producción. Este hallazgo confirma la viabilidad de nuestra propuesta para eliminar los cuellos de botella en "Quesería de Mí Sin Ti" mediante el uso de cepas de alta cinética.

Camacho (2016) trabajó en la optimización y modelado cinético de la fermentación láctica en un sistema tipo batch. La metodología integró balances de materia y energía para modelar la producción de ácido láctico. Los resultados reportaron una productividad volumétrica del 93.3 %, un rendimiento del proceso del 127.53 % respecto a la leche cruda y un requerimiento energético de 127.98 kWh para procesar 1000 L. Asimismo, se determinó una concentración final de ácido láctico de 23.63 %. El autor concluyó que el control de agitación y temperatura mejora drásticamente el desempeño del fermentador. Este estudio fundamenta técnicamente la necesidad de establecer el protocolo de estandarización térmica que nuestra investigación propone.

Balseca (2025) evaluó la influencia de diversos cultivos iniciadores (*Streptococcus thermophilus*–*Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*–*Lactobacillus bulgaricus*–*Bifidobacterium lactis*) sobre la calidad del yogur a escala semi-industrial mediante un diseño ANOVA. Se evidenció que los cultivos con *Bifidobacterium lactis* aceleran la acidificación, alcanzando el pH de corte de 4.6 en un tiempo de entre 4.3 y 4.8 h, en comparación con el método tradicional que requirió 5 h. No se generaron diferencias significativas en viscosidad o sabor frente al proceso convencional. Los autores concluyeron que el uso de estas cepas es tecnológicamente viable para reducir ciclos de producción. La proximidad de estos resultados ratifica nuestra intervención técnica para reducir el ciclo de fermentación de 18 a solo 5 horas.

Arévalo (2015) elaboró un yogur firme enriquecido con probióticos, prebióticos y vitamina A con el fin de estandarizar su producción. La metodología consistió en un diseño comparativo de tres tratamientos analizados bromatológica y sensorialmente. Los resultados permitieron identificar que la incorporación de cepas específicas garantiza un recuento mínimo de bacterias viables de 1×10^6 UFC/g hasta el final de la vida útil, cumpliendo con los estándares de calidad funcional. Se concluyó que es posible tecnificar procesos en plantas piloto obteniendo productos de alta calidad nutricional. Este trabajo sirve de modelo para la transformación de procesos empíricos en sistemas tecnificados que buscamos implementar.

Finalmente, Paz et al. (2021) analizaron la interacción entre el tipo de cultivo y temperatura sobre las propiedades del yogur mediante un diseño factorial 2^4 . Los resultados mostraron que el pH se mantuvo entre 3.8 y 4.5 durante el almacenamiento. El mejor desempeño global se obtuvo con una temperatura de 40 °C y un tiempo de incubación de 150 min, condiciones bajo las cuales el producto presentó ausencia de sinéresis tras 7 días de refrigeración. Los autores concluyeron que el control térmico riguroso es la variable clave para optimizar la calidad reológica. Dicho estudio valida nuestro enfoque experimental al priorizar la temperatura y el tiempo como factores críticos de éxito.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Generalidades de la leche

2.2.1.1. Origen

Según Estrada (2011) desde hace 8 000 años los pueblos de Mesopotamia desarrollaron sistemas agrarios y ganaderos, con el fin de utilizar y procesar la leche con fines alimentarios. De este modo, la leche se incorporó a la cultura de muchos pueblos en diferentes épocas.

2.2.1.2. Leche de vaca

Desde el ámbito legal, la leche de vaca se define como el líquido obtenido del ordeño de vacas sanas, bien nutridas y en estado de reposo, sin contener calostro y cumpliendo con normas específicas de calidad física, microbiológica e higiénica (Gómez y Mejía, 2005). Estas regulaciones abarcan aspectos como la densidad, el índice crioscópico, la acidez, el contenido de grasa y de sólidos no grasos, así como la ausencia de microorganismos patógenos y sustancias inhibidoras.

Estrada (2011) menciona que este alimento es clave en la alimentación humana debido a su balanceada composición nutricional y su elevado aporte de nutrientes en comparación con su valor calórico. Gracias a su procesamiento industrial, su disponibilidad se ha expandido, contribuyendo a la mejora de la salud pública. Además de ser una fuente esencial de proteínas, vitaminas y minerales, su ingesta se ha relacionado con la prevención de diversas enfermedades, como las cardiovasculares, la hipertensión, ciertos tipos de cáncer y afecciones óseas y dentales.

2.2.1.3. Composición de la leche

La leche de vaca juega un papel importante en la regulación del peso corporal, ayudando a evitar el sobrepeso y la obesidad infantil. Por lo que es fundamental en todas las etapas de la vida. La composición nutricional de la leche se puede apreciar en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición nutricional de la leche.

Componente	Leche (vaca)
Agua	87.5
Grasa	3.8
Caseína	3.3
Proteína de suero	0.7
Lactosa	4.7

Calcio	0.12
Otros	0.57
Sólidos no grasos	8.7
Sólidos totales	12.5

Fuente: (Estrada, 2011)

2.2.1.4. Usos

La leche es rica en proteínas y azúcares, por lo que aporta muchos nutrientes y minerales, según señala García (2025) la leche de vaca se utiliza para elaborar yogur, mantequilla, crema, helados, quesos maduros, frescos e hilados, entre otros. La leche de vaca es fundamental en la industria de alimentos no solo por su aporte nutricional, sino también por su versatilidad en la producción de alimentos y economía global.

Por otro lado, la leche ha sido utilizada en la industria cosmética por sus propiedades hidratantes, por lo que se usa en la formulación de suplementos nutricionales tales como: cremas, mascarillas faciales y jabones (Adilac, 2019).

2.2.1.5. Producción de leche en el Ecuador

La producción de leche en Ecuador es una de las actividades de gran relevancia económica y social, las provincias de la sierra son responsables de la mayor parte de la producción lechera.

Según Quintana (2024) Pichincha es la mayor productora con 758 503 litros diarios de leche, debido a las mejora de técnicas de ordeño y sistema de riego, Cotopaxi se destaca por la ganadería y la agricultura con una producción de 657 756 litros de leche, Manabí con una producción diaria de 631 022 litros, Chimborazo con 621 168 litros, Tungurahua con 571 433 litros, Azuay con 467 424 litros de leche diarios, Cañar con 327 890 litros, Carchi tiene ganadería de alta calidad genética por lo que produce diariamente 285 074 litros, Santo Domingo de los Tsáchilas con 260 845 litros y Bolívar con 164 927 litros de leche.

La producción de leche en el Ecuador ha tenido variaciones en los últimos años. Según Quiroz (2024) En 2023, la producción diaria fue de 5.6 millones de litros en las provincias de la Sierra y Amazonía. Por el contrario, en 2024 hubo una disminución en la producción debido a la crisis del pasto que afecto a la alimentación del ganado y en un 20 % a la producción lechera. En 2025 se estima una recuperación del 5 % del sector lechero (Rodriguez, 2025).

2.2.1.6. Producción de leche en la provincia del Carchi

La provincia del Carchi tiene ganadería de alta calidad genética y producción con 8 957 fincas ganaderas que producen 408 006 litros diarios de leche. Se estima que 57 fincas son certificadas libres de tuberculosis y brucelosis bovina (GAD Municipal del Cantón Bolívar, 2020).

Por otro lado, según el INEC la provincia del Carchi produce 4 751 697 litros de leche al día, lo que satisface la demanda local y el mercado nacional (Chamorro, 2023). Además, la producción de leche depende del tamaño de hectáreas ya que pueden oscilar de 4.5 a 6.5 litros por vaca al día.

2.2.2. Leche fermentada o Yogur

2.2.2.1. Origen

El yogur tuvo origen en Medio Oriente en la actual Turquía hace más de 4 000 años, viene del turco yoghhurt que proviene de yogurmark que significa amasar, ya que se amasaba el producto durante su elaboración. Según Ferrari (2017) se asocia a la antigua Tracia actual Bulgaria al menos desde el año 4 500 a. C.

A lo largo de la historia el yogur se ha destacado por los beneficios que aporta. A comienzos del siglo XX el bacteriólogo Méchnikov descubrió que el yogur contiene bacterias que convierte el azúcar de la leche en ácido láctico y una cantidad de vitaminas del grupo B, brindando así popularidad al producto lácteo (Jiménez, 2023). Por otro lado, en 1917 Issac Carasso industrializó el yogur en Barcelona y en 1942 Daniel Carasso instaló la primera industria de yogur en Nueva York.

En la actualidad el yogur es un alimento globalmente popular consumido de diferentes formas ya que su producción ha evolucionado gracias a la tecnología y a las necesidades del consumidor.

2.2.2.2. Leche fermentada (yogur)

El yogur es el producto de la leche coagulada obtenida por la fermentación de microorganismos como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* a partir de la leche pasteurizada (Babio et al., 2017). Esta fermentación convierte la lactosa en ácido láctico, lo que brinda una textura espesa y un sabor ligeramente ácido.

La normativa NTE INEN 2395 (2011) define al yogur como el producto obtenido por la fermentación láctica de la leche mediante la acción de bacterias termófilas específicas.

2.2.2.3. Composición nutricional

El yogur es una fuente rica en calcio, pero también proporciona una cantidad de macro y micronutrientes esenciales para la alimentación (Babio et al., 2017).

Hidratos de carbono: El yogur contiene lactosa, aunque una parte de ella se descompone debido a la acción de los microorganismos, lo que favorece su digestión. Investigaciones científicas han comprobado que su ingesta mejora la tolerancia a la lactosa y disminuye los síntomas en personas intolerantes, sin afectar a quienes no presentan esta condición. Esta relación ha sido reconocida por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA). Además, contiene pequeñas cantidades de otros carbohidratos, como glucosa, galactosa y oligosacáridos, estos últimos de interés por su posible efecto prebiótico.

Proteínas: Es una fuente de proteínas de alto valor biológico, entre las que se incluyen caseínas, proteínas del suero y diversas enzimas. Su fácil digestión se debe a la actividad de bacterias proteolíticas durante la fermentación, las cuales liberan péptidos y aminoácidos con efectos positivos para la salud.

Lípidos: Contiene ácidos grasos saturados (AGS) y trans naturales (AGT), está siendo reevaluada en cuanto a sus efectos en la salud. A diferencia de otras grasas de origen animal, podría contribuir a la prevención de la diabetes tipo 2, el síndrome metabólico y la regulación del peso corporal. Aunque los AGT de origen industrial se asocian con un mayor riesgo cardiovascular, los AGT naturales del yogur, como el trans-palmitoleato, mejoran la sensibilidad a la insulina sin incrementar los factores de riesgo cardiovascular.

Vitaminas y minerales: Ofrece una gran cantidad de micronutrientes esenciales, incluyendo minerales como calcio, sodio, fósforo, magnesio, zinc, yodo y potasio, además de vitaminas A, D y del complejo B (B2, B3 y B12). La cantidad de vitaminas liposolubles varía según el contenido de grasa, siendo especialmente destacables la vitamina A y D en el yogur entero, mientras que las vitaminas E y K se encuentran en menores cantidades. En la Tabla 2 se muestra la composición nutricional del yogur.

Tabla 2. Composición nutricional

	Por 100 g de porción comestible	Por ración (125 g)
Energía (kcal)	57	71
Proteínas (g)	3.7	4.6
Lípidos (g)	2.7	3.4
Hidratos de carbono (g)	4.4	5.5
Fibra (g)	0	0
Agua (g)	89.2	112
Calcio (mg)	142	178
Hierro (mg)	0.9	0.1
Yodo (μ g)	3.7	4.6
Magnesio (mg)	14.3	17.9
Zinc (mg)	0.59	0.7
Sodio (mg)	80	100
Potasio (mg)	280	350
Fosforo (mg)	170	213
Vitamina B ₆ (mg)	0.05	0.06

Fuente: (Romero, 2004)

2.2.2.4. Beneficios

El yogur es un alimento probiótico que ofrece múltiples beneficios para la salud ayudando a mejorar la digestión y sistema inmunológico que podrían jugar un papel en la prevención del cáncer. Además, favorecen el movimiento intestinal al estimular el peristaltismo, lo que facilita la eliminación de desechos. Según Babio et al. (2017) tiene alto contenido de calcio es clave para mantener la salud ósea y dental, contribuyendo a prevenir la osteoporosis. Por otro lado, el consumo de yogur bajo en grasa podría ser beneficioso para la pérdida de peso, reafirmando su relevancia.

Hoy en día existen diferentes tipos de yogur, según la NTE INEN 2395 (2011) pueden ser:

- Natural: el yogur natural se define técnicamente como aquel producto lácteo fermentado que no contiene azúcares añadidos, edulcorantes, aromatizantes, frutas ni vegetales, manteniendo una composición basada exclusivamente en la leche y los cultivos iniciadores específicos. Según la norma NTE INEN 2395, esta denominación está restringida a productos cuya formulación solo permite el uso de leche o derivados lácteos para ajustar los sólidos totales, asegurando un coágulo firme y un perfil sensorial ácido libre de aditivos que alteren su naturaleza original.
- Descremado o light: el yogur descremado se caracteriza por tener un contenido de grasa butírica igual o menor al 0.5 %, cumpliendo con los parámetros de estandarización para leches fermentadas de bajo tenor graso. Por su parte, la denominación "light" o "ligero" es una declaración de

propiedad nutricional regulada por la norma NTE INEN 1334-3, la cual exige que el alimento presente una reducción mínima del 25 % en su valor energético o en el contenido de un nutriente específico, como la grasa o los azúcares, en comparación con el producto de referencia.

- Griego: el yogur griego se clasifica técnicamente como una leche fermentada concentrada, obtenida mediante un proceso que incluye la eliminación parcial del suero para incrementar la densidad de sus componentes. Bajo la normativa NTE INEN 2395, este tipo de yogur debe alcanzar un contenido de proteína láctea mínimo del 5.6 %, lo cual representa un valor significativamente superior al del yogur convencional y le otorga su característica consistencia pastosa y cremosa.
- Bebible: el yogur bebible se define por su consistencia líquida y baja viscosidad, resultado de un tratamiento mecánico intenso aplicado al coágulo después de la fermentación para romper la red de caseína. De acuerdo con la normativa vigente, debe mantener la integridad de la proteína láctea para diferenciarse de las bebidas lácteas compuestas, asegurando que el producto final conserve las propiedades funcionales de una leche fermentada a pesar de su fluidez mecánica.
- Probiótico: el yogur probiótico se distingue por la incorporación de microorganismos vivos que, al ser consumidos en cantidades adecuadas, ejercen efectos fisiológicos beneficiosos en la salud digestiva del huésped. Según la norma NTE INEN 1334-3, para que un producto sea declarado como probiótico, debe garantizar un recuento mínimo de bacterias viables de 1×10^6 UFC/g hasta el final de su vida útil, además de especificar en su etiquetado el género, la especie y la cepa específica utilizada.

2.2.3. Cultivos lácticos

FD-DVS ABY-3 Probio-Tec: El fermento se caracteriza por ser un cultivo termófilo de baja post-acidificación, idóneo para procesos que requieren un control cinético riguroso. La dosis adecuada de inoculación recomendada se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Dosis adecuada de inoculación

Cantidad de leche a inocular	Cantidad de cultivo DVS
250 L/70 gal	50 U
1000 L/ 300gal	200 U
2500 L/ 700 gal	500 DCU

Fuente: (CHR HANSEN, 2011)

En la Figura 1 representa las diferentes curvas de acidificación del cultivo láctico FD-DVS ABY-3 Probio-Tec.

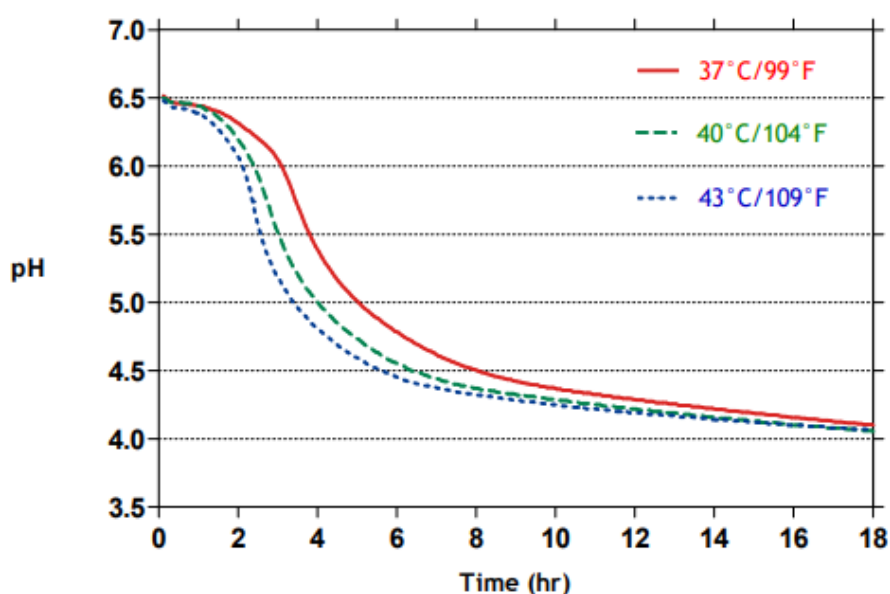


Figura 1. Curva de acidificación de FD-DVS ABY-3 Probio-Tec
Fuente: (CHR HANSEN, 2011)

YO-MIX 883 LYO: es un cultivo láctico liofilizado de cepas definidas, diseñado específicamente para la producción de yogur. Esta mezcla de bacterias, principalmente *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, se utiliza para inoculación directa, destacando por producir yogures con alta viscosidad, textura cremosa y baja postacidificación.

La dosis adecuada de inoculación recomendada se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Dosis adecuada de inoculación	
Cantidad de leche a inocular	Cantidad de cultivo DVS
100 L	10-20 DCU
100 gal	38-75 DCU

Fuente: (DANISCO, 2013)

2.2.4. Composición de los cultivos

2.2.4.1. *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*

Es una bacteria ácido-láctica termófila Gram- positiva de forma de bastón y puede crecer con o sin oxígeno a temperatura entre 40 -45 °C. Es utilizada en la producción de yogur y otros productos lácteos fermentados, además posee propiedades probióticas beneficiando al sistema intestinal. Según Rojas et al. (2015) esta bacteria

trabaja en sinergia con *Streptococcus thermophilus* para fermentar la leche, produciendo ácido láctico, lo que le da al yogur su sabor característico y textura espesa.

2.2.4.2. *Streptococcus thermophilus*

Es una bacteria ácido- láctica positiva anaeróbica facultativa que puede desarrollarse en presencia y ausencia de oxígeno, por lo que puede realizar procesos de fermentación juntamente con *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*. Utilizada para la producción de yogur y productos lácteos fermentados (Oficina Española de Patentes y Marcas, 2021). Además, mejora la digestión de la lactosa, controla diarreas a causa de bacterias patógenas y controla la gastritis e infecciones.

2.2.4.3. *Bifidobacterium species*

Según Ruiz y Ramírez (2009) el género *Bifidobacterium* comprende bacterias ácido-lácticas reconocidas por sus beneficios probióticos y su papel en la salud intestinal. Aunque para la elaboración de yogur las bacterias principales son *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, algunas especies de *Bifidobacterium* se añaden a ciertos tipos de yogur probiótico para mejorar sus beneficios para la salud intestinal.

2.2.4.4. *Lactobacillus acidophilus*

Lactobacillus acidophilus es una de las bacterias probióticas más utilizadas en la producción de yogur y otros productos fermentados. Su papel en la fermentación láctica es esencial para mejorar la textura, el sabor y los beneficios para la salud del yogur.

Algunos beneficios de utilizar *L. acidophilus* en la elaboración de yogur son:

- Mejora la digestión en personas intolerantes a la lactosa
- Refuerza el sistema inmunológico
- Favorece el equilibrio del microbioma intestinal
- Previene infecciones intestinales

La Tabla 5 detalla parámetros importantes de los cultivos como su almacenamiento, uso, temperatura, dosis entre otros

Tabla 5. Parámetros específicos de los cultivos

Nombre Comercial	Fermentos	Temperatura de incubación	Composición	Almacenamiento	Características	Dosis	Vida útil	Uso
CHR HANSEN	FD-DVS ABY- 3 Probio- Tec	Depende de la aplicación en la que se va a utilizar el cultivo	<i>Bifidobacterium species</i> <i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus acidophilus</i> <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>Bulgaricus</i>	< -18 °C	Blanco o ligeramente rojizo o marrón Granulado	250 L/ 70 gal: 50 U 1,000 L/ 300 gal: 200 U 2,500 L/700 gal: 500 U	Mínimo 24 meses desde la fecha de fabricación cuando se almacena siguiendo las recomendaciones. A +5 °C (0 °F) la caducidad es de como mínimo 6 semanas	El cultivo producirá yogur y productos lácteos fermentados con mucho cuerpo, aroma muy suave y muy baja post-acidificación. Adecuado para yogures firmes, batidos y líquidos.
DANISCO	YOMIX 883 LYO	35 - 45 °C (95 - 113 °F)	<i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> <i>Streptococcus thermophilus</i>	≤ 4 °C	Blanco o ligeramente rojizo o marrón Granulado	100 L: 10-20 U 100 gal: 38-75 U	18 meses desde la fecha de producción cuando se almacena siguiendo las recomendaciones < 4 °C	El cultivo producirá un yogur con una textura muy cremosa y un sabor consistente. Es ideal para yogures batidos o bebibles, garantizando una acidificación rápida y propiedades organolépticas superiores en bases lácteas

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

Desde la perspectiva de Hernández et al. (2014), el enfoque de una investigación puede ser cuantitativo, cualitativo o mixto. El enfoque mixto representa un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación e implica la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias de toda la información recabada y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio.

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto. El componente cuantitativo se fundamentó en la medición, recolección y análisis estadístico de datos numéricos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, brix, grasa, proteína, viscosidad) y microbiológicos, tanto de la materia prima como de los tratamientos de yogur experimental. Por otro lado, el componente cualitativo se aplicó durante la fase de análisis sensorial, donde se recolectó la percepción y el nivel de agrado de los jueces frente a los atributos organolépticos del producto, permitiendo una interpretación integral de la calidad y aceptabilidad de las formulaciones optimizadas.

3.1.2. Tipo de Investigación

Según Arias, (2012), la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Por su parte, la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

El estudio fue de tipo experimental y descriptivo. Se calificó como experimental debido a que se manipularon intencionalmente las variables independientes: tipo de cultivo láctico y temperaturas de inoculación, con el objetivo de analizar su efecto

sobre el tiempo de fermentación y las propiedades finales del yogur. Asimismo, fue de carácter descriptivo, ya que se detallaron y caracterizaron minuciosamente las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de cada uno de los tratamientos, permitiendo establecer el perfil técnico del producto optimizado frente al testigo.

3.2. HIPÓTESIS

Ho: El uso de los cultivos lácticos (YO-MIX® 883 o ABY-3) y la variación de las temperaturas de incubación (45 °C y 42 °C) no influyen en la reducción del tiempo de fermentación, parámetros fisicoquímicos y sensoriales del yogur elaborado en la empresa "Quesería de Mí Sin Ti".

Ha: El uso de los cultivos lácticos (YO-MIX® 883 o ABY-3) y la variación de las temperaturas de incubación (45 °C y 42 °C) influyen en la reducción del tiempo de fermentación, parámetros fisicoquímicos y sensoriales del yogur elaborado en la empresa "Quesería de Mí Sin Ti".

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1. Definición de las variables

Variables independientes

A: Tipo de cultivo

A₁: YO-MIX 883 LYO

A₂: FD-DVS ABY-3 Probio-Tec

B: Temperaturas

B₁: 45 °C

B₂: 42 °C

Variables dependientes

- Parámetros fisicoquímicos: Grasa (%), proteína (%), pH, °Brix, acidez, viscosidad.
- Parámetros microbiológicos: Coliformes totales, *Escherichia coli*, mohos y levaduras.
- Características sensoriales: Color, olor, sabor, textura, aceptabilidad.

3.3.2. Operacionalización de las variables

En la Tabla 6 se detalla la definición y la operacionalización de variables, tomando en cuenta las variables independientes y dependientes. También, se detallan dimensiones, indicadores, técnicas e instrumentos empleados durante el proceso.

Tabla 6. Operacionalización de variables

Variable independiente	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Tipo de cultivos lácticos	- YO-MIX 883 LYO - FD-DVS ABY-3 Probio-Tec®	2.016 g / 80 L leche 2.75 g / 80 L leche	Gravimetría	Ficha técnica del cultivo YO-MIXTM 883 LYO 50 DCU (DANISCO) (Anexo 3)
Temperatura de inoculación	Grados Celcius	45 °C 42 °C		Ficha técnica del cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec® (CHR HANSEN) (Anexo 4)
				Diagrama de flujo para la elaboración de yogur de la empresa "Quesería de Mí Sin Ti" (Anexo 5)
Variable dependiente				
	Análisis fisicoquímicos	Grasa (%) Proteína (%) pH °Brix Acidez Viscosidad	Gravimetría Soxhlet Volumetría Kjeldahl Potenciometría Refractometría Titulación Reometría	AOAC 2003.06 AOAC 2001.11 AOAC 981.12 INEN 273 INEN 521 Brookfield/Viscosímetro capilar
Calidad del Yogur	Análisis microbiológicos	Coliformes totales <i>Escherichia coli</i> Mohos y levaduras	Placas Petrifilm	INEN 1529-7 INEN 1529-8 INEN 1529-10
	Análisis sensorial	Color Olor Sabor Textura Aceptabilidad	Prueba afectiva con escala hedónica de 7 puntos	Hoja de cata

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

3.4.1. Elaboración del yogur en la planta "Quesería de Mí Sin Ti"

La elaboración del yogur testigo (T0) se llevó a cabo en la planta "Quesería de Mí Sin Ti", ubicada en el sector de Mata Redonda, cerca de la ciudad de San Gabriel, de acuerdo con el proceso productivo detallado por la empresa (Anexo 5). El procedimiento inició con la recepción de 80 L de leche cruda a una temperatura controlada de entre 3 y 4 °C, parámetro que garantizó la conservación de la calidad microbiológica y evitó el desarrollo de microorganismos indeseables; la leche fue depositada en una marmita marca Elite con capacidad de 260 L. Inmediatamente, se tomaron muestras para el control de calidad según las técnicas descritas en el punto 3.5.1, evaluando acidez, pH y la ausencia de contaminantes, adulterantes y antibióticos bajo los requisitos de la norma INEN 09-2012. Posteriormente, la leche fue filtrada empleando una tela de filtrado para eliminar impurezas físicas presentes. En la etapa de estandarizado, el sustrato se sometió a un calentamiento inicial hasta los 40 °C, punto en el cual se adicionaron 6400 g de azúcar y 80 g de estabilizante (gelatina sin sabor Gel'hada), los cuales fueron pesados previamente en una balanza marca Torrey con capacidad de 5 kg.

El tratamiento térmico de pasteurización se realizó a 85 °C durante 15 minutos para asegurar la eliminación de patógenos, seguido de un enfriamiento hasta los 45 °C en un lapso aproximado de 17 minutos. La inoculación se efectuó a dicha temperatura mediante la incorporación de 2.016 g del cultivo láctico YO-MIX 883 LYO para los 80 L, manteniendo la mezcla bajo agitación durante un minuto para lograr una distribución homogénea. El producto fue sometido a un periodo de incubación de entre 18 horas, permitiendo la fermentación de la lactosa y el desarrollo de las propiedades sensoriales y estructurales requeridas por la planta. Finalizada la incubación, se realizó un segundo desnatado a 28 °C para ajustar el contenido graso, y se incorporaron 9.6 g de sorbato de potasio y 24 g de benzoato de sodio (pesados en la balanza BOECO) para garantizar la estabilidad microbiológica. Seguido de un agitado manual del coágulo durante 10 minutos para obtener la consistencia deseada. Finalmente, el yogur se enfrió hasta los 20 °C para detener la actividad metabólica y se trasladó a los envases definitivos para su almacenamiento en cuarto frío a una temperatura máxima de 4 °C.

La Figura 2 detalla la elaboración del yogur según el diagrama de flujo basado en los procesos de la industria láctea “Quesería de Mí Sin Ti”.

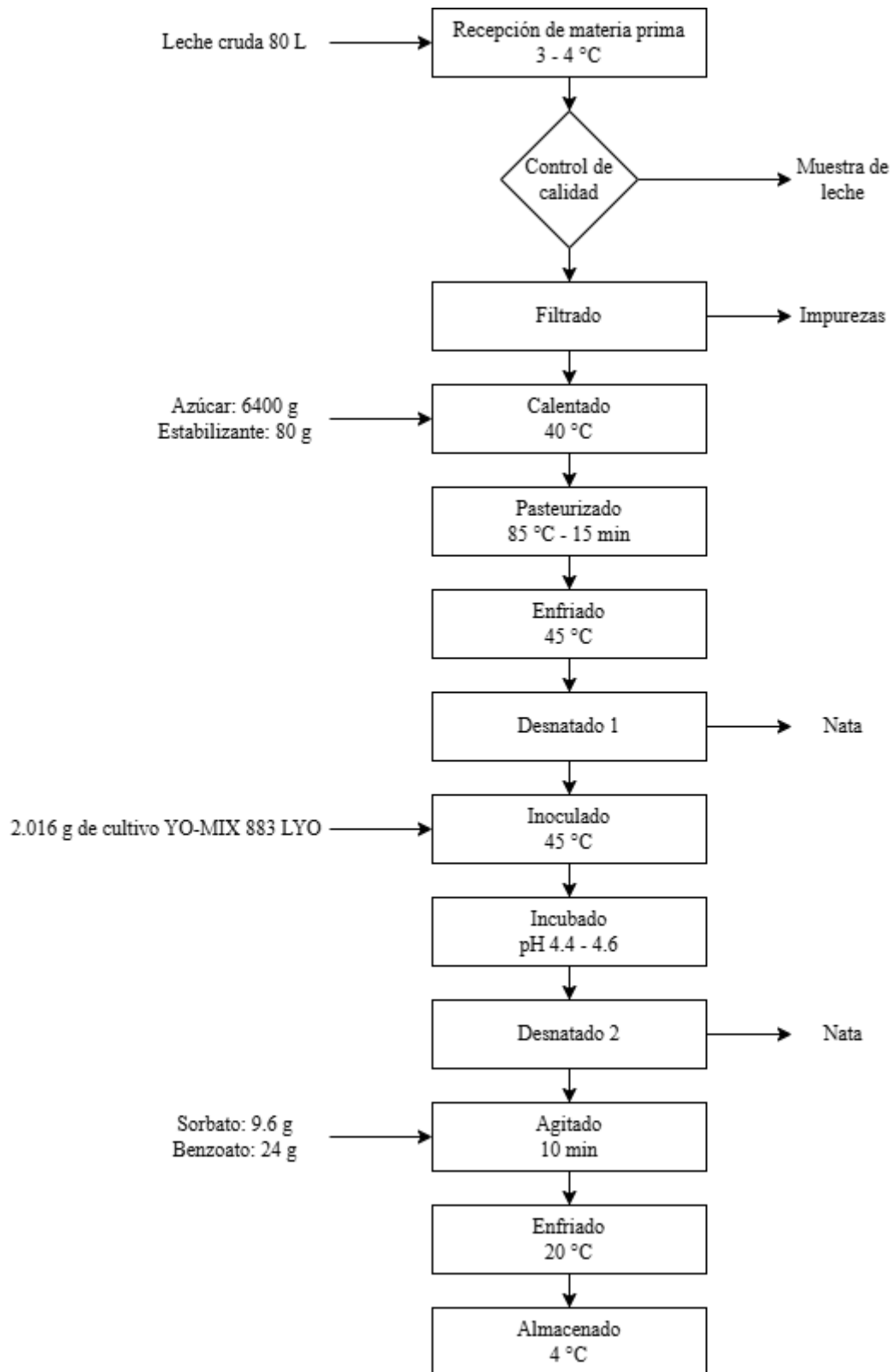


Figura 2. Diagrama de flujo de la empresa “Quesería de Mí Sin Ti” para elaboración de yogur

3.4.2. Elaboración del yogur de los tratamientos

Los tratamientos experimentales de la investigación (T1 al T4) fueron elaborados en la planta piloto de lácteos de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, situada en la Finca Experimental "San Francisco", cantón San Pedro de Huaca. La fase experimental se ejecutó bajo estrictas normas de inocuidad, desinfectando previamente todas las superficies de contacto y utensilios con alcohol al 70 %. El proceso comenzó con la recepción de 80 L de leche cruda a una temperatura de 3 a 4 °C, verificando su aptitud mediante análisis fisicoquímicos previos. Tras el filtrado con una tela de malla fina para retirar agentes físicos extraños, la leche se transfirió a la marmita de acero inoxidable marca PROINGAL con capacidad de 100 L; para el trasvase del sustrato, se utilizó un balde de acero inoxidable de 10 L debidamente desinfectado. Al alcanzar una temperatura de 40 °C en la marmita, se adicionaron 6400 g de azúcar y 80 g de gelatina sin sabor como estabilizante, pesados en una balanza electrónica marca Torrey.

La pasteurización se llevó a cabo a 85 °C por un tiempo de 15 minutos, monitoreando constantemente la temperatura con un termómetro de mercurio. Posteriormente, la mezcla se enfrió hasta la temperatura de inoculación establecida para cada diseño: 45 °C para los tratamientos T1 y T3, y 42 °C para T2 y T4, momento en el cual se realizó un primer desnatado superficial. Los cultivos lácticos fueron pesados en una balanza de precisión marca BOECO (0.01 g de precisión); se emplearon 2.016 g del cultivo YO-MIX™ 883 LYO para los tratamientos T1 y T2, y 2.750 g del cultivo FD-DVS ABY-3 para T3 y T4, homogeneizando la mezcla mediante agitación por un minuto. El producto se incubó dentro de la marmita hasta alcanzar el pH de corte de 4.4. Una vez lograda la acidez deseada, se ejecutó un segundo desnatado y se incorporaron 9.6 g de sorbato de potasio y 24 g de benzoato de sodio (pesados en la balanza BOECO) para garantizar la estabilidad microbiológica. Acto seguido, se procedió al corte del coágulo mediante agitación durante 10 minutos para liberar el suero y estabilizar la textura. Finalmente, el yogur se enfrió hasta los 20 °C, se envasó en recipientes estériles y se almacenó bajo refrigeración a 4 °C para sus análisis posteriores.

La Figura 3 detalla la elaboración del yogur de los tratamientos sin cambiar las condiciones de las operaciones para no alterar nuevas variables del producto final.

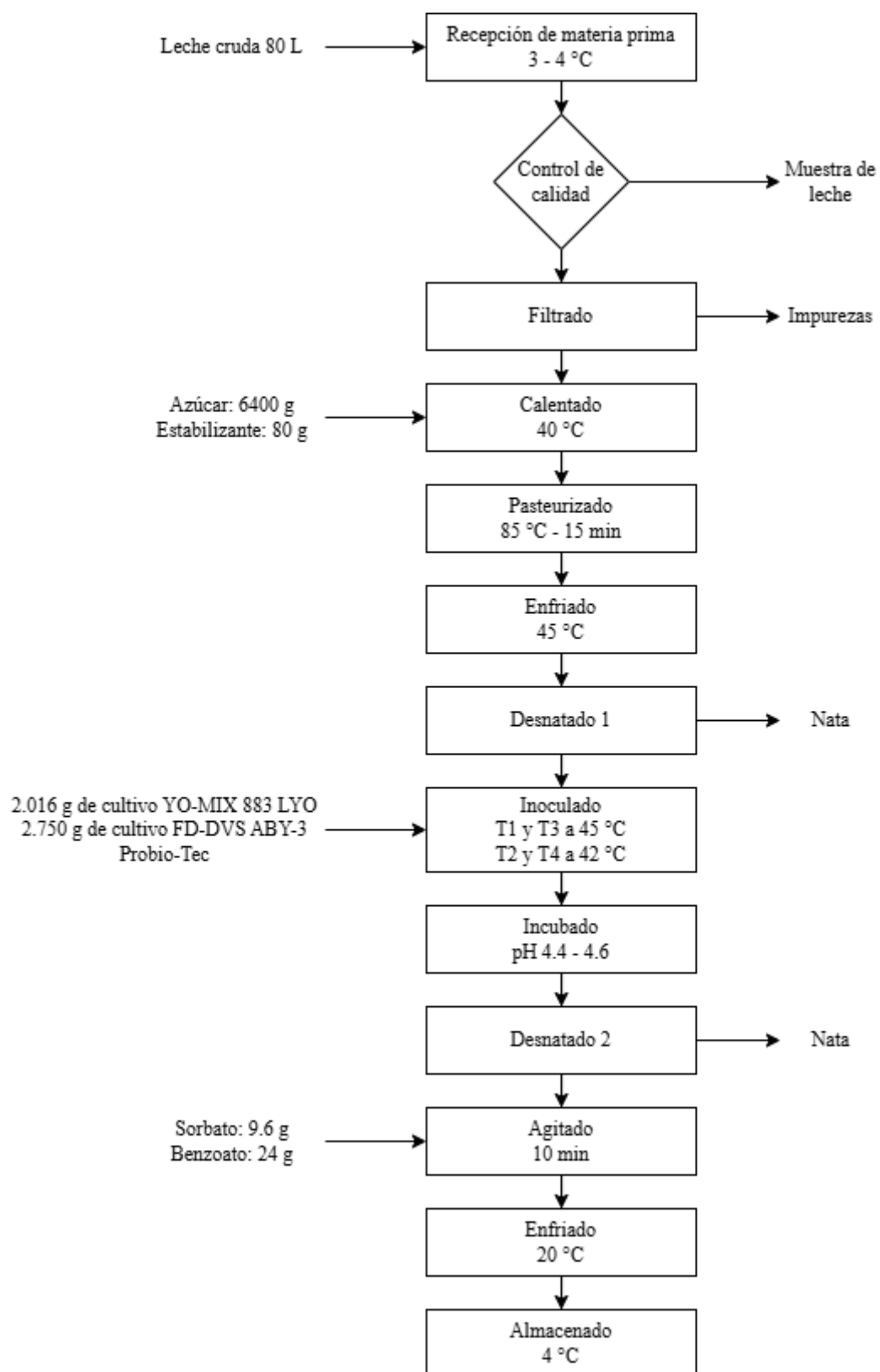


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración del yogur experimental

3.4.3. Técnica

3.4.3.1. Análisis fisicoquímico de la leche

3.4.3.1.1. Determinación de pH

Para determinar el pH de la leche cruda y garantizar su calidad e inocuidad en la producción de derivados lácteos, se utilizó un potenciómetro previamente calibrado con soluciones estándar. El electrodo se lavó con agua destilada antes de cada lectura. Se colocaron 10 mL de leche en un vaso de precipitación de 100 mL y la muestra se analizó por triplicado con un potenciómetro de lectura directa (Merck, 2016). La leche fresca presenta un rango de pH de 6.7 a 6.9; valores inferiores a 6.7 indican degradación bacteriana, mientras que valores superiores a 6.9 sugieren la presencia de mastitis.

3.4.3.1.2. Determinación de acidez titulable

La acidez titulable se determinó siguiendo las normas INEN 13:1984 (2012) y Mallqui (2014). Se tomaron 9 mL de leche en un vaso de precipitación de 10 mL y se añadieron de 1 a 2 gotas de fenolftaleína al 1 %. Posteriormente, se tituló con hidróxido de sodio 0.1 N hasta que la solución experimentó un cambio de color rosado pálido. La acidez de la leche debe encontrarse entre 0.14 y 0.16 %.

3.4.3.1.3. Determinación de densidad

La densidad relativa se determinó conforme a la norma INEN 11 (1984), considerando que la leche debía encontrarse a una temperatura entre 15 y 20 °C. Se trabajó a una temperatura de referencia de 15 °C. Se colocó la muestra de leche en una probeta de 250 mL, se introdujo el lactodensímetro y se dejó en reposo hasta alcanzar el equilibrio. Se registró la lectura de densidad y la temperatura.

Si la temperatura

a es:

- 15 °C: No se realizan cálculos
- Superior °C: Por cada grado 0.0002 peso se le suma
- Inferior °C: Por cada grado 0.0002 peso se le resta

Para realizar los respectivos cálculos se empleó la ecuación.

$$\text{Densidad relativa} = (t - t_R) \times fc = \rho$$

$$\text{Densidad relativa} = \rho_{15} \pm \rho = \rho_R$$

Donde:

t = Temperatura con la que se trabaja (15 °C)

t_R = Temperatura real de la muestra durante la determinación

f_c = Factor de corrección 0.0002

ρ_{15} = Densidad de la muestra durante la determinación

ρ = Densidad real

3.4.3.1.4. Determinación de adulterantes

La determinación de adulterantes se realizó según la norma INEN 9 (2012) y el método de ensayo de la norma INEN 1500. Se tomaron 5 mL de leche en un tubo de ensayo y se añadieron 5 mL de agua destilada y 5 mL de ácido tricloroacético. La mezcla se agitó y se dejó reposar durante 5 minutos. La presencia de adulterantes se evidenció por la formación de precipitados o cambios de coloración en la muestra.

3.4.3.1.5. Determinación de neutralizantes

Siguiendo las indicaciones de la norma INEN 1500, se tomó 1 mL de la muestra en un tubo de ensayo y se añadió 1 mL de azul de metileno y 2 mL de cloroformo. Se consideró positiva la presencia de detergente cuando se observó una coloración azul intenso en la capa inferior. Para la determinación de jabones, orina y carbohidratos, se tomaron 2 mL de leche en un tubo de ensayo y se añadieron 2 mL de alizarina al 2 %, interpretando los resultados según la coloración:

- Color marrón rojo/sin coagulación: leche normal.
- Color marrón amarillento/ sin coagulación: leche ligeramente acida.
- Color amarillento/con coagulación: leche acida.
- Color violeta/ sin coagulación: leche alcalina.

3.4.3.1.6. Determinación de estabilidad proteica

La estabilidad proteica se determinó siguiendo la norma INEN 1500. Se tomaron 5 mL de la muestra en un tubo de ensayo y se añadieron 5 mL de alcohol etílico al 68 % o 75 %. Se agitó invirtiendo el tubo dos o tres veces. Se reportó como positivo cuando se observó la formación de coágulos en la leche.

3.4.3.1.7. Determinación de grasa por el método de Gerber

El contenido de grasa de la leche se determinó mediante el método de Gerber, fundamental para el control de calidad y la cuantificación nutricional. Se utilizó un butirómetro previamente limpio. Se añadieron 10 mL de ácido sulfúrico concentrado (90-91 %) con una densidad de 1.818 ± 0.003 g/mL a 20 °C, seguido de 1 mL de alcohol isoamílico. Posteriormente, se adicionaron 11 mL de leche con una pipeta aforada. Se cerró el butirómetro con un tapón, se agitó invirtiéndolo cuidadosamente y se centrifugó durante 4 a 5 minutos a 37 °C. Transcurrido el tiempo, se ajustó la columna de grasa para que la línea divisoria ácido sulfúrico-grasa coincidiera con una de las líneas de la escala, procediendo a la lectura directa sin necesidad de cálculos (Segovia et al., 2008).

3.4.3.2. Análisis microbiológico de la leche

El material utilizado fue esterilizado en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Se prepararon 200 mL de agua peptona y se esterilizaron en las mismas condiciones. En una bolsa estéril tipo Ziploc, se colocaron 10 mL de la muestra y 90 mL de agua peptona, y se homogeneizó en un stomacher a 230 rpm durante 30 segundos. Se colocaron 10 mL de agua peptona en seis tubos de ensayo. A partir de la dilución madre (10^{-1}), se transfirió 1 mL a cada tubo de la segunda dilución (10^{-2}) y, posteriormente, 1 mL de esta a la tercera dilución (10^{-3}), realizándose el procedimiento por triplicado. Para la siembra, se tomó 1 mL de muestra con una micropipeta y se colocó en placas Petrifilm para aerobios mesófilos. Las placas se cerraron cuidadosamente y se incubaron a la temperatura requerida.

3.4.3.3. Análisis fisicoquímico del yogur

3.4.3.3.1. Determinación de grasa por el método de Soxhlet

La determinación del contenido de grasa en los tratamientos de yogur se realizó mediante el método de extracción sólido-líquido de Soxhlet, bajo los lineamientos de la norma AOAC 2003.06, la cual permitió una cuantificación gravimétrica rigurosa de los lípidos en la matriz láctea. El procedimiento inició con el pre-secado de las muestras en una estufa a 105 °C hasta obtener un peso constante para eliminar la humedad interferente, seguido del pesaje de la muestra deshidratada que fue transferida a un dedal de celulosa porosa e introducida en la cámara de extracción del equipo. Se empleó n-hexano como solvente orgánico, el cual fue sometido a ebullición en un balón de fondo redondo previamente tarado en una balanza

analítica de precisión (0.0001 g), manteniendo un régimen de reflujo continuo durante un periodo de 6 a 8 horas para asegurar los ciclos de sifonado necesarios para el arrastre total de la materia grasa. Una vez finalizada la extracción y recuperado el solvente mediante evaporación, el balón con el residuo graso fue termostatzado en estufa a 100 °C para eliminar trazas remanentes y pesado nuevamente, calculando el porcentaje de grasa por diferencia de peso con respecto a la muestra inicial, garantizando así la exactitud analítica requerida por el estándar internacional citado (Segovia et al., 2008).

3.4.3.4. Análisis microbiológico del yogur

El material utilizado fue esterilizado en autoclave a 121 °C durante 15 minutos. Se prepararon 200 mL de agua peptona y se esterilizaron. En una bolsa estéril tipo Ziploc, se colocaron 10 mL de la muestra y 90 mL de agua peptona, y se homogeneizó en un stomacher a 230 rpm durante 30 segundos. Se colocaron 10 mL de agua peptona en seis tubos de ensayo. Se prepararon diluciones seriadas (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) transfiriendo 1 mL entre tubos, por triplicado. Para la siembra, se tomó 1 mL de muestra con una micropipeta y se colocó en placas Petrifilm para los recuentos específicos. Las placas se cerraron cuidadosamente y se incubaron a las temperaturas establecidas según el microorganismo a analizar.

3.4.3.5. Análisis sensorial

El análisis sensorial se desarrolló en dos fases. En la primera fase, se evaluaron los cuatro tratamientos experimentales (T1, T2, T3, T4) mediante una prueba afectiva con escala hedónica de 7 puntos (Tabla 7), donde 1 = "me desagrada mucho" y 7 = "me agrada mucho". Participaron 80 jueces no entrenados, quienes valoraron los atributos de apariencia, color, olor, textura y sabor. Las muestras (20 mL de cada tratamiento) se presentaron en vasos codificados con números aleatorios de tres dígitos, en orden equilibrado para evitar efectos de secuencia. Adicionalmente, se realizó una prueba de preferencia por rangos (1 = me agrada más, 4 = me agrada menos) para evaluar la aceptación global. En la segunda fase, el tratamiento seleccionado como óptimo se comparó con el testigo (T0) utilizando el mismo diseño de escala hedónica con 80 jueces, manteniendo las condiciones de presentación.

Tabla 7. Escala de evaluación

Puntaje	Aspecto
1	Me desagrada mucho

2	Me desagrada
3	Me desagrada ligeramente
4	Ni me agrada ni me desagrada
5	Me agrada ligeramente
6	Me agrada
7	Me agrada mucho

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se empleó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos: T0 (testigo, proceso convencional de la empresa), T1 (YO-MIX 883 + 45 °C), T2 (YO-MIX 883 + 42 °C), T3 (FD-DVS ABY-3 + 45 °C) y T4 (FD-DVS ABY-3 + 42 °C). Cada tratamiento se realizó por triplicado (n=3).

Para los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles, grasa, proteína, viscosidad), se verificaron los supuestos de normalidad (prueba de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (prueba de Levene). Cuando se cumplieron ambos supuestos se aplicó un ANOVA seguido de la prueba post-hoc de Tukey ($\alpha = 0.05$). Cuando no se cumplió el supuesto de normalidad, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y el post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni.

Para los resultados microbiológicos (coliformes totales, *E. coli*, mohos y levaduras) se empleó estadística descriptiva (medias y desviaciones estándar), comparando con los límites de la norma NTE INEN 2395.

Para el análisis sensorial:

- Fase 1 (comparación de T1, T2, T3, T4): Dado el carácter ordinal de la escala hedónica, se aplicó una comparación de medianas mediante Kruskal-Wallis. Cuando el test global resultó significativo ($p < 0.05$), se aplicó el post-hoc de Dunn con corrección de Bonferroni. Se reportan medianas, desviaciones estándar y letras de agrupación estadística.
- Fase 2 (comparación T0 vs. T4): Se utilizó la prueba de Mann-Whitney (muestras independientes) para comparar las medianas de T0 y T4. Los resultados de preferencia pareada utilizaron una prueba binomial exacta (contraste de proporción 0.5) para determinar si la preferencia por uno de los dos tratamientos fue estadísticamente superior.

Todos los análisis se realizaron en RStudio con un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

En la Tabla 8 se detallan las variables y los tratamientos para la elaboración del yogur.

Tabla 8. Definición de variables y tratamientos

Variable	Descripción	Variable	Definición
A	Tipo de cultivo	A1	YO-MIX 883 LYO
		A2	FD-DVS ABY-3 Probio-Tec
B	Temperatura de incubación	B1	45 °C
		B2	42 °C

En la Tabla 9 se presenta las formulaciones del experimento.

Tabla 9. Esquema experimental

Tratamiento	Simbología	Esquema del experimento	Repeticiones
T0		YO-MIX 883 LYO + 45 °C + 18 h fermentación	3
T1	A1B1	YO-MIX 883 LYO + 45 °C	3
T2	A1B2	YO-MIX 883 LYO + 42 °C	3
T3	A2B1	FD-DVS ABY-3 Probio-Tec + 45 °C	3
T4	A2B2	FD-DVS ABY-3 Probio-Tec + 42 °C	3

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Análisis de la materia prima

4.1.1.1. Análisis fisicoquímicos de la leche

En la Tabla 10 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de la leche cruda recibida utilizada en los tratamientos, cabe destacar que el tratamiento T0 fue elaborado en un día diferente al de los tratamientos T1 a T4.

Tabla 10. Resultados fisicoquímicos de la leche cruda

Parámetro	Unidad	Mann-Whitney	Tratamiento (T0)	Tratamientos (T1, T2, T3, T4)	NTE INEN 9: 2012. Leche cruda	
					Mín	Máx
pH		0.6193	6.63 ± 0.06^A	6.67 ± 0.06^A	6.4	6.9
Acidez	°D	0.7000	15.3 ± 0.01^A	15.00 ± 1.00^A	15	18
Densidad a 20 °C	g/mL	0.6374	1.030 ± 0.00^A	1.030 ± 1.15^A	1.028	1.032
Grasa	%	0.0765	3.73 ± 0.07^A	2.77 ± 0.06^A	3.0	

El pH (6.63) se encuentra dentro del rango típico para leche cruda fresca, la acidez (15 °D) la densidad (1.030 g/mL) se sitúan dentro de los límites normativos establecidos. El contenido de grasa de la leche utilizada en el testigo (3.73 %) fue notablemente superior al de la leche utilizada en los tratamientos experimentales (2.77 %), debido al reducido tamaño de muestra (n=3 por grupo), la prueba estadística no pudo detectar diferencias significativas ($p = 0.07$, Mann-Whitney), pero la magnitud de la diferencia (≈ 0.96 puntos porcentuales) es relevante para el proceso productivo. Los resultados presentados evidencian que la materia prima cumple con los estándares de calidad establecidos en la norma NTE INEN 9:2012 de leche cruda destinada para el procesamiento de derivados lácteos.

4.1.1.2. Análisis microbiológicos de la leche

De manera complementaria, se procedió a la evaluación microbiológica de la leche cruda para determinar su calidad higiénico-sanitaria. Se cuantificó el recuento de aerobios mesófilos y células somáticas como lo indica la Tabla 11.

Tabla 11. Resultados del análisis microbiológico de la leche cruda

Requisito	Unidad	Tratamiento (T0)	Tratamientos (T1, T2, T3, T4)	NTE INEN 9: 2012. Leche cruda
				Máx
Aerobios mesófilos	UFC/ml	8.0×10^3	1.4×10^5	1.5×10^6
Células somáticas	CCS/ml	5.02×10^5	4.58×10^5	7.0×10^5

Los valores del recuento de aerobios mesófilos se encuentran por debajo del límite máximo permitido, lo que indica una baja carga bacteriana total y buenas prácticas de ordeño y almacenamiento. Asimismo, el recuento de células somáticas está por debajo del límite máximo establecido, lo que sugiere una adecuada salud de la glándula mamaria de la vaca. En conjunto, estos parámetros reflejan que la materia prima utilizada es inocua y posee una buena calidad microbiológica, siendo apta para su procesamiento industrial.

4.1.2. Análisis de los tratamientos del yogur

4.1.2.1. Análisis fisicoquímicos

4.1.2.1.1. pH

En la Figura 4 se presenta la evolución del pH durante las horas de fermentación para los tratamientos experimentales. Las curvas de fermentación del pH mostraron un comportamiento diferenciado entre los tratamientos. Los tratamientos incubados a 45 °C, T1 (YO-MIX 883 LYO + 45 °C) y T3 (FD-DVS ABY-3 Probio-Tec + 45 °C), alcanzaron el pH de corte de 4.4 a las 4 horas. El tratamiento T2 (YO-MIX 883 LYO + 42 °C) requirió 4.5 horas, mientras que el T4 (FD-DVS ABY-3 Probio-Tec + 42 °C) completó la fermentación a las 5 horas. La temperatura de 45 °C aceleró la acidificación en ambos cultivos, siendo el tratamiento T3 presentó la cinética más rápida. Adicionalmente, los tratamientos con igual temperatura mostraron comportamientos similares, evidenciando que una variación de 3 °C en la temperatura de incubación modifica notablemente la duración de la fase activa de fermentación. En comparación al testigo (T0), se puede mencionar que la falta de una temperatura constante (45 °C incubación a 35 °C en las primeras 5 horas) modifica de manera notable el descenso del pH prolongando su tiempo para llegar al punto de corte óptimo.

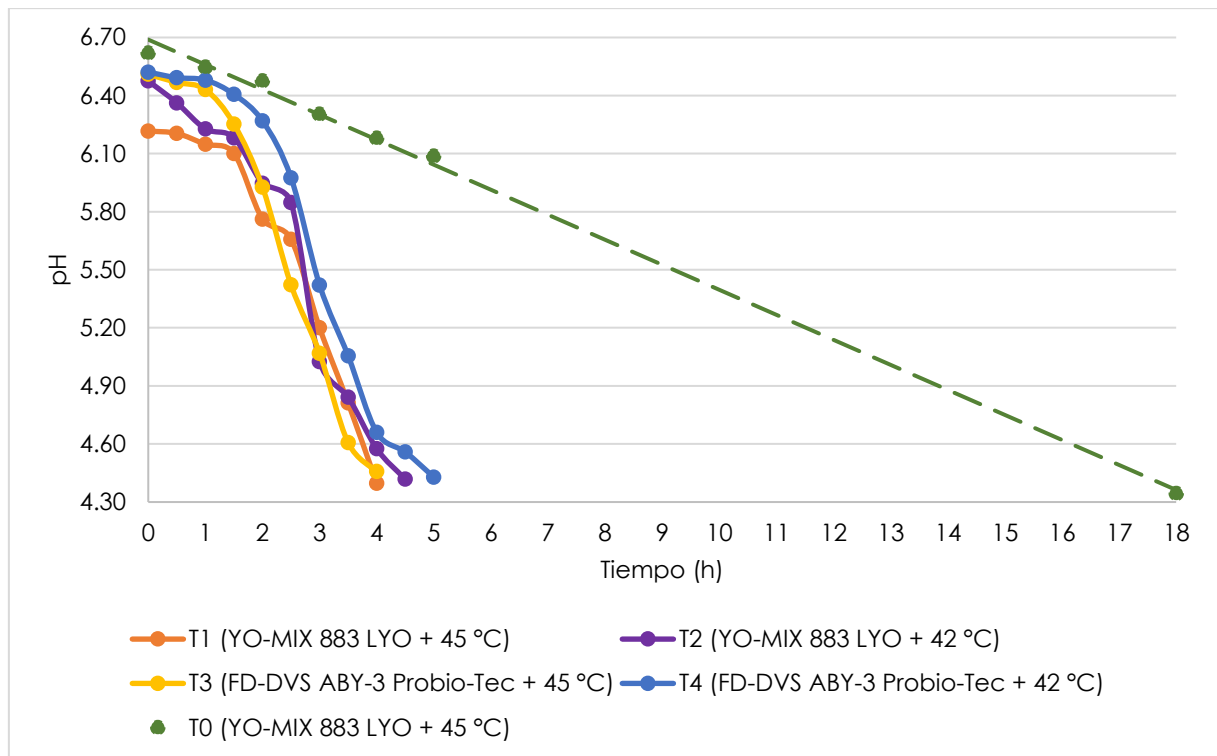


Figura 4. Curvas de fermentación del pH del yogur en los tratamientos experimentales

4.1.2.1.2. Acidez

En la Figura 5 se presenta la evolución de la acidez durante las horas de fermentación para los tratamientos experimentales. El análisis de las curvas de acidificación mostró que los tratamientos incubados a 45 °C (T1 y T3) alcanzaron el valor de acidez de corte (65 °D) a las 4 horas. El tratamiento T2 requirió 4.5 horas, mientras que T4 completó la fermentación en 5 horas. A 45 °C, el cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec (T3) presentó una pendiente de acidificación ligeramente más pronunciada que el cultivo YO-MIX 883 LYO (T1). A 42 °C, ambos cultivos acidificaron más lentamente, siendo el tratamiento T4 (ABY-3) el de evolución más gradual. Estos resultados indican que la temperatura de incubación y mantenerla constante fue el factor determinante en la velocidad de fermentación, ya que al no mantenerla constante (T0) hace que la acidificación sea lenta y se prolongue el tiempo de fermentación hasta llegar a la acidez adecuada; mientras que el tipo de cultivo influyó en menor medida dentro de cada rango térmico.

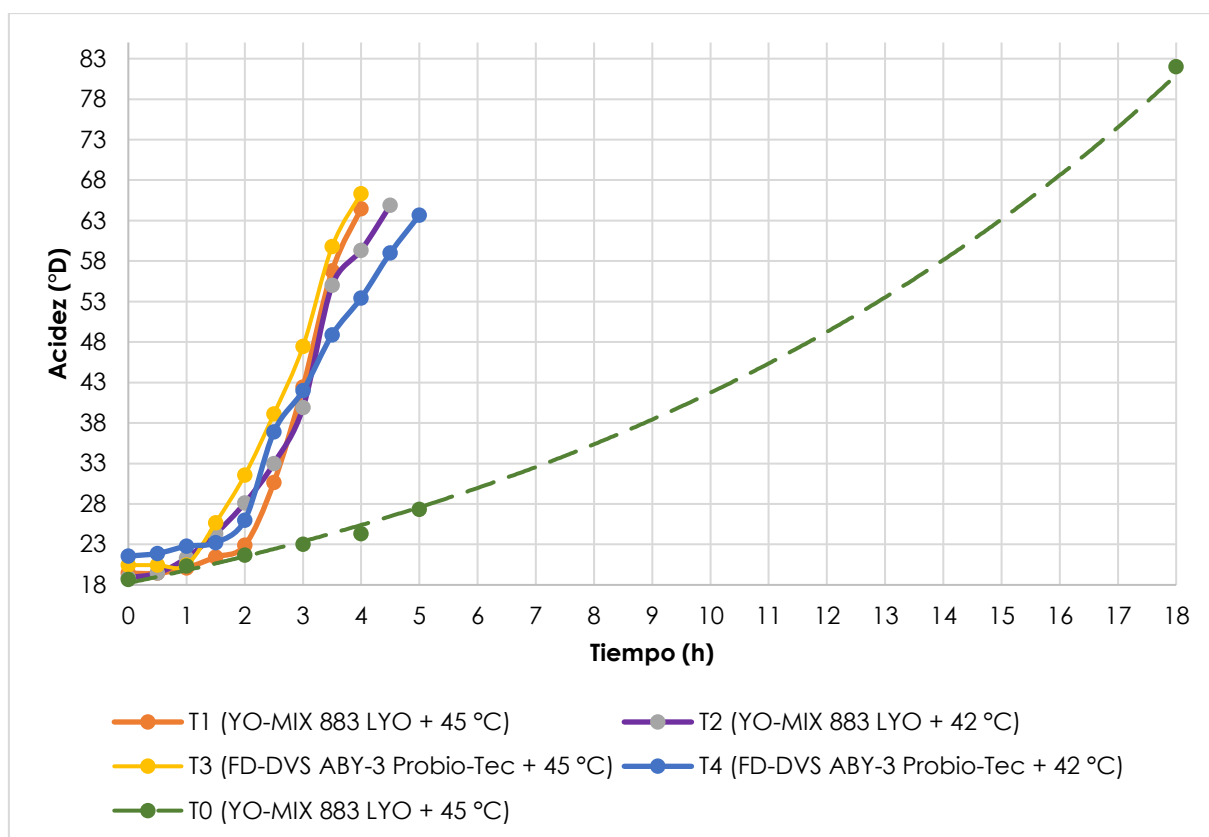


Figura 5. Curvas de fermentación de la acidez del yogur en los tratamientos experimentales

4.1.2.1.3. Resultados estadísticos

En la Tabla 12 se presentan los estadísticos descriptivos de los parámetros fisicoquímicos medidos al final de la fermentación para cada tratamiento, incluyendo el testigo (T0).

Tabla 12. Análisis descriptivos de los resultados fisicoquímicos

Tratamiento		pH	Acidez (°D)	Sólidos solubles (°Brix)	Grasa (%)	Proteína (%)	Viscosidad (cP)
T0	$\bar{x}$	4.34 ± 0.0057	82.00 ± 0.00	13.77 ± 0.0572	2.53 ± 0.0577	3.22 ± 0.0058	12800 ± 0.00
	CV (%)	0.13	0.00	0.42	2.28	0.18	0.00
T1	$\bar{x}$	4.40 ± 0.0067	64.67 ± 0.577	15.16 ± 0.0385	3.48 ± 0.0058	3.68 ± 0.0058	421.67 ± 1.15
	CV (%)	0.15	0.89	0.038	0.17	0.16	0.27
T2	$\bar{x}$	4.42 ± 0.0069	65.00 ± 0.00	14.11 ± 0.102	3.33 ± 0.030	3.31 ± 0.0058	512.00 ± 0.0
	CV (%)	0.16	0.00	0.72	0.90	0.17	0.00
T3	$\bar{x}$	4.46 ± 0.0423	66.33 ± 1.42	15.00 ± 0.491	3.18 ± 0.010	3.06 ± 0.202	853.00 ± 2.0
	CV (%)	0.95	2.14	3.27	0.31	0.65	0.23

T4	$\bar{x}$	4.43 ± 0.0107	63.67 ± 0.651	13.69 ± 0.0839	3.28 ± 0.0153	3.28 ± 0.0058	1333.00 ± 1.0
	CV (%)	0.24	1.02	0.61	0.47	0.18	0.08

Nota. $\bar{x}$: media ± desviación estándar. CV: Coeficiente de variación.

El pH final de los tratamientos experimentales (T1 a T4) osciló entre 4.40 y 4.46, siendo ligeramente superior al del testigo (4.34). La acidez titulable fue significativamente menor en los tratamientos optimizados (63.67 a 66.33 °D) en comparación con el testigo (82.00 °D). Los sólidos solubles presentaron valores de 13.69 °Brix (T4) a 15.16 °Brix (T1). En cuanto a la grasa, todos los tratamientos cumplieron con el mínimo normativo (≥ 2.5 %), destacando T1 con 3.48 %. El contenido de proteína varió entre 3.06 % (T3) y 3.68 % (T1), superando el mínimo de 2.7 %. La viscosidad mostró una amplia variabilidad: el testigo presentó un valor extremadamente alto (12800 cP), mientras que los tratamientos optimizados presentaron valores entre 421.67 cP (T1) y 1333 cP (T4).

El Análisis de Varianza (ANOVA) (Tabla 13) indicó que existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para todas las variables fisicoquímicas evaluadas ($p < 0.05$ en todos los casos).

Tabla 13. Análisis de varianza (ANOVA) para los resultados fisicoquímicos

	pH	Acidez (°D)	Sólidos solubles (°Brix)	Grasa (%)	Proteína (%)	Viscosidad (cP)
F-valor	13.7	319.8	27.12	438.2	1486	68741815
P-valor	4.58×10^{-4}	1.67×10^{-10}	2.39×10^{-5}	3.51×10^{-11}	8.01×10^{-14}	$< 2 \times 10^{-16}$

La verificación de supuestos (Tabla 14) mostró que, para algunas variables, no se cumplió el supuesto de normalidad (pH, sólidos solubles), por lo que se aplicaron pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis y post-hoc de Dunn, cuyos resultados se integran en la comparación de grupos.

Tabla 14. Verificación de supuestos: Normalidad y Homogeneidad

Parámetro	Unidad	Normalidad Shapiro Wilks		Homogeneidad de varianzas Levene		No paramétrica Kruskal Wallis Post-hoc Dunn	
		Sí	No	Sí	No		
pH			0.0146	0.6639		0.0222	> 0.05
Acidez	°D	0.0509		0.4752			
Sólidos solubles	°Brix		0.0069	0.5611		0.0140	T3-T4 0.045
Grasa	%	0.1170		0.6819			
Proteína	%	0.2081		0.3981			
Viscosidad	cP	0.0880		0.2597			

La prueba post-hoc de Tukey (o Dunn) permitió agrupar los tratamientos según su similitud estadística (Tabla 15). Se observó que los tratamientos experimentales (T1 a T4) presentaron, en general, valores de pH, acidez y grasa estadísticamente similares entre sí, pero diferentes del testigo (T0). En proteína, T1 mostró el valor más alto y T3 el más bajo. En viscosidad, se formaron cinco grupos claramente diferenciados, siendo T0 el de mayor viscosidad y T1 el de menor.

Tabla 15. Grupos de significancia estadística (post-hoc) para parámetros fisicoquímicos

9	Unidad	Tratamientos					NTE INEN 2395: 2011. Leches fermentadas Mín
		T0	T1	T2	T3	T4	
Ph		4.34 ^A	4.40 ^A	4.42 ^A	4.46 ^A	4.43 ^A	
Acidez	°D	82.00 ^A	64.67 ^{BC}	65.00 ^{BC}	66.33 ^B	63.67 ^C	
Sólidos solubles	°Brix	13.77 ^{AB}	15.16 ^{AB}	14.11 ^{AB}	15.00 ^A	13.69 ^B	
Grasa	%	2.53 ^D	3.48 ^A	3.33 ^B	3.18 ^C	3.28 ^B	2.5
Proteína	%	3.22 ^C	3.68 ^A	3.31 ^B	3.06 ^D	3.28 ^B	2.7
Viscosidad	cP	12800 ^A	421.67 ^E	512 ^D	853 ^C	1333 ^B	

Nota. Letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

4.1.2.2. Análisis microbiológicos

La Tabla 16 muestra los recuentos microbiológicos de los diferentes tratamientos. Los tratamientos T1, T2 y T4 presentaron valores de coliformes totales inferiores a 10 UFC/g, ubicándose por debajo del límite de buena calidad ($m = 10$). El tratamiento T3 registró 60 UFC/g, dentro del rango aceptable ($M = 100$). El testigo (T0) superó el límite máximo permisible (200 UFC/g).

En cuanto a *Escherichia coli*, todos los tratamientos presentaron recuentos < 10 UFC/g, cumpliendo con la normativa de inocuidad.

Los recuentos de mohos y levaduras fueron más bajos en T2 y T4 (13 UFC/g), mientras que el testigo (400 UFC/g) superó el límite de buena calidad, pero se mantuvo por debajo del máximo (500 UFC/g).

Tabla 16. Resultados microbiológicos de los tratamientos experimentales del yogur

Requisito	Unidad	Tratamientos					NTE INEN 2395: 2011. Leches fermentadas	
		T0	T1	T2	T3	T4	m	M
Coliformes totales	UFC/g	2.0×10^2	$< 1.0 \times 10 N_E$	$< 1.0 \times 10 N_E$	6.0×10	$< 1.0 \times 10 N_E$	10	100
<i>E. coli</i>	UFC/g	$< 1.0 \times 10 N_E$	$< 1.0 \times 10 N_E$	$< 1.0 \times 10 N_E$	$< 1.0 \times 10 N_E$	$< 1.0 \times 10 N_E$	< 1	
Mohos y levaduras	UFC/g	4.0×10^2	2.0×10^2	1.3×10	7.7×10	1.3×10	200	500

Nota. m: índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad. M: índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad. Ne: número estimado cuando el conteo es inferior al reportado o nulo.

4.1.3. Análisis sensorial de los tratamientos experimentales del yogur

El análisis sensorial se realizó en una primera fase con el objetivo de comparar la aceptabilidad de los cuatro tratamientos experimentales (T1, T2, T3, T4) mediante una prueba afectiva con escala hedónica de 7 puntos. Participaron 80 jueces no entrenados y se evaluaron los atributos de apariencia, color, olor, textura y sabor. En la segunda fase, se comparó el mejor tratamiento con el testigo (T0) para confirmar la equivalencia sensorial.

4.1.3.1. FASE 1: Comparación de tratamientos (T1 a T4)

En la Tabla 17 se resumen los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis y las medianas con desviación estándar para cada atributo. Los valores de p globales indican diferencias significativas ($p < 0.05$) en apariencia, olor, sabor y textura. El post-hoc de Dunn (Bonferroni) mostró que, en la mayoría de los atributos, el tratamiento T4 fue el de mayor aceptación y se diferenció significativamente de los demás.

Tabla 17. Resumen de atributos sensoriales – Fase 1

Atributos	P-valor (Kruskal-Wallis)	Tratamientos			
		T1	T2	T3	T4
Apariencia	0.00012	6 ± 0.95^B	6 ± 0.92^B	6 ± 0.94^B	6 ± 0.63^A
Color	0.05	6 ± 0.96^A	6 ± 0.94^A	6 ± 0.90^A	6 ± 0.64^A
Olor	$2.58e-07$	5 ± 1.06^B	6 ± 1.29^B	6 ± 1.10^B	6 ± 0.67^A
Sabor	$6.289e-09$	6 ± 1.31^B	6 ± 1.33^B	6 ± 1.35^B	7 ± 0.63^A
Textura	$1.214e-15$	6 ± 1.37^C	6 ± 1.28^C	6 ± 1.42^B	6 ± 0.64^A

Nota. Me: mediana. σ : desviación estándar. Letras diferentes en la misma fila para cada atributo sensorial indican diferencia significativa ($p < 0.05$, Dunn con Bonferroni)

Para la Fase 2 se identificó al T4 como el mejor tratamiento sensorialmente aceptado, ya que destaca con una calificación más alta y es estadísticamente significativo de los demás. Dicho tratamiento se utilizó para comparar sus atributos con el yogur elaborado por la planta "Quesería de Mí Sin Ti" (T0).

4.1.3.2. FASE 2: Comparación del tratamiento testigo (T0) con el mejor tratamiento (T4)

La comparación pareada de los atributos entre T0 y T4 mediante la prueba de Wilcoxon (Tabla 18) no mostró diferencias significativas en ningún atributo ($p > 0.05$). Las medianas de T0 y T4 fueron similares en apariencia, color, olor y sabor (6 en

ambos), mientras que en textura se observó diferencia numérica (5 vs 6) sin significación estadística debido a la desviación estándar.

Tabla 18. Comparación de atributos entre T0 y T4 – Fase 2 (Wilcoxon pareado)

Atributos	P-valor	Tratamientos	
		T0	T4
Apariencia	0.8402	6 ± 1.02 ^A	6 ± 1.11 ^A
Color	0.7456	6 ± 1.01 ^A	6 ± 1.01 ^A
Olor	0.5425	6 ± 1.05 ^A	6 ± 1.27 ^A
Textura	0.4813	5 ± 1.34 ^A	6 ± 1.28 ^A
Sabor	0.1393	6 ± 1.24 ^A	6 ± 1.23 ^A

En la prueba de preferencia pareada (Tabla 19), 45 de los 80 jueces (56.25 %) eligieron T4 y 35 (43.75 %) eligieron T0. La prueba binomial no detectó una preferencia significativa hacia T4 ($p=0.3143$), por lo que se puede decir que los jueces no detectaron diferencias entre el yogur de la empresa y el experimental, indicando buena aceptabilidad sensorial a pesar de los tiempos de fermentación.

Tabla 19. Preferencia pareada entre T0 y T4 – Fase 2 (prueba binomial)

Tratamiento	Frecuencia	Porcentaje (%)
T0	35	43.75
T4	45	56.25

Prueba binomial: $p = 0.3143$ (no significativo, $\alpha = 0.05$)

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1. Calidad de la materia prima

La calidad de la leche cruda constituye el pilar fundamental para la obtención de un yogur con propiedades fisicoquímicas y sensoriales óptimas. En el presente estudio, se utilizaron dos lotes de leche cruda del mismo distribuidor: uno destinado al testigo (T0) en la planta "Quesería de Mí Sin Ti" y otro para los tratamientos experimentales (T1 a T4) en la planta piloto de la UPEC. Ambos lotes cumplieron con los requisitos establecidos en la norma ecuatoriana NTE INEN 9 (2012) en cuanto a pH, acidez, densidad y calidad microbiológica, aunque se observaron diferencias en el contenido de grasa.

El pH de la leche experimental (6.67) se situó en el rango de normalidad fisiológica (6.4 – 6.9), lo que indica ausencia de procesos fermentativos previos o de mastitis subclínica (Meena et al., 2023). Una leche con pH anormalmente bajo (inferior a 6.5) evidenciaría actividad bacteriana indeseable que podría competir con las bacterias lácticas del cultivo iniciador, alterando la cinética de fermentación y generando

olores y sabores indeseables (Mannani et al., 2023). Por su parte, la acidez (15.00 °D) y la densidad (1030.33 g/mL) se mantuvieron dentro de los límites normativos.

El contenido de grasa de la leche experimental fue de 2.77 %, ligeramente inferior al mínimo del 3.0 % exigido por la norma. Sin embargo, como se discute en el apartado 4.2.2.3, todos los tratamientos experimentales lograron una retención de grasa superior al 3.1 % en el producto final, lo que demuestra que la fermentación rápida y el uso de cultivos adecuados permiten concentrar la grasa en el coágulo. Por el contrario, la leche utilizada por la empresa para el testigo presentó un contenido graso de 3.73 %, muy superior al mínimo normativo, lo que explica en parte la textura extremadamente firme del yogur tradicional. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Gül y Akgün (2023), quienes señalaron que una mayor concentración de sólidos lácteos se traduce en una mayor capacidad de retención de agua y una textura más firme.

En cuanto a la calidad microbiológica, el recuento de aerobios mesófilos en la leche experimental fue de 1.4×10^5 UFC/mL, muy por debajo del límite máximo de 1.5×10^6 UFC/mL permitido por la norma. Este bajo recuento refleja excelentes prácticas de ordeño, enfriamiento y almacenamiento (Bylund, 2003), y es indispensable para que el cultivo iniciador no tenga que competir con microorganismos contaminantes. Asimismo, el recuento de células somáticas (4.58×10^5 CCS/mL) fue inferior al límite de alarma (7.0×10^5 CCS/mL). Nada et al. (2023) reportaron que el incremento del SCC afecta negativamente las características químicas de la leche, mientras que Sakul et al. (2020) identificaron que factores como la raza, la edad de la vaca, la etapa de lactancia y la higiene del ordeño son determinantes en el recuento final. Investigaciones recientes han demostrado que leches con alto contenido de SCC ($>1 \times 10^6$ CCS/mL) producen yogures con mayor acidez titulable, menor retención de agua y texturas más débiles, atribuibles a la acción de proteasas plasmáticas (Sakul et al., 2020; Dhakal et al., 2024). En el presente estudio, el bajo SCC contribuyó a la obtención de un gel de caseína íntegro y con buena capacidad de retención de suero.

Cabe destacar que, aunque la leche experimental presentó un contenido graso inferior al normativo, su calidad microbiológica y su pH adecuado permitieron llevar a cabo fermentaciones exitosas en tiempos reducidos. Esto evidencia que, con un cultivo de alta cinética y un control preciso de la temperatura, es posible obtener yogures de calidad, siempre que se respeten los parámetros de inocuidad. Este

hallazgo es de gran relevancia para la empresa, ya que la optimización propuesta no depende exclusivamente de la leche de mayor calidad, sino del control del proceso.

4.2.2. Análisis fisicoquímicos de los tratamientos experimentales

4.2.2.1. pH final y acidez titulable

El testigo (proceso convencional de 18 h) presentó el pH más bajo (4.34) y la acidez más alta (82.00 °D), mientras que los tratamientos experimentales alcanzaron valores de pH entre 4.40 y 4.46, con acidez entre 63.67 y 66.33 °D. Esta marcada diferencia se explica por el tiempo excesivo de fermentación del testigo, que continúa produciendo ácido más allá del punto isoeléctrico de la caseína (pH 4.6), generando una acumulación de ácido láctico que desestabiliza la red de caseína y provoca sinéresis (Tamime y Robinson, 2007). En contraste, los tratamientos experimentales completaron la fermentación en tiempos de 4 a 5 horas, lo que permitió detener el proceso en el momento óptimo. En este contexto, Freire (2023) reportó que, tras optimizar el proceso de producción de yogur en una empresa ecuatoriana, la acidez disminuyó de 1.0 % a 0.65 % (aproximadamente de 100 °D a 65 °D, valores compatibles con los nuestros), lo que demuestra que la optimización de las condiciones de fermentación reduce drásticamente la acidez final. Igualmente, Ilić et al. (2024) encontraron que el tratamiento probiótico P3 presentó un pH de 4.25 y una proteína de 3.33 %, valores comparables a los de formulaciones con mayor contenido lipídico. La acidez moderada de nuestros tratamientos optimizados asegura una red de caseína más hidratada y flexible, minimizando la expulsión de suero y manteniendo una textura suave.

Los tratamientos incubados a 45 °C (T1 y T3) alcanzaron el pH de corte de 4.4 en solo 4 horas, mientras que a 42 °C se requirieron 4.5 horas (T2) y 5 horas (T4). La aceleración del descenso de pH a 45 °C se fundamenta en que esta temperatura se aproxima al óptimo de crecimiento metabólico de *Lactobacillus bulgaricus*, el cual posee una tasa de producción de ácido láctico superior a *Streptococcus thermophilus* (Li et al., 2023). Radke-Mitchell y Sandine (1986) demostraron que la relación bacilos-cocos a 42 °C es de 1:8 (predominio de *S. thermophilus*), mientras que a 45 °C asciende a 1:2.4 (mayor proporción de *L. bulgaricus*), siendo este último el principal responsable de la producción rápida de ácido.

El tratamiento T4 (ABY-3 a 42 °C) mostró la acidez más baja (63.67 °D) y un pH final de 4.43, lo que representa un equilibrio excelente. Este comportamiento se atribuye a la presencia de las cepas probióticas *Lactobacillus acidophilus* La-5 y *Bifidobacterium* BB-12, que presentan una cinética de producción de ácido más controlada y una baja post-acidificación (CHR HANSEN, 2011). Fernández y Puthukulangara (2012) reportaron resultados similares, observando que los yogures con ABY-3 mantuvieron un pH estable durante 30 días de almacenamiento (entre 3.94 y 4.33), atribuyendo esta estabilidad a la baja post-acidificación del cultivo. De manera similar, Zambrano (2017) documentó que el cultivo que incluía *Bifidobacterium lactis* redujo el tiempo de incubación a aproximadamente 4 h 15 min – 4 h 50 min (equivalente a 4.3 – 4.8 h), en comparación con las 5 horas del cultivo tradicional. Balseca (2025) corroboró esta tendencia, encontrando que el yogur elaborado con cultivo que incorporaba *Bifidobacterium lactis* alcanzó un pH final cercano a 4.6 en un menor tiempo de incubación (aproximadamente 4.3 – 4.8 h), frente a las 5 h del cultivo tradicional. La aceleración observada por estos autores, aunque significativa, fue ligeramente menor en magnitud que la alcanzada en nuestro estudio, donde el tratamiento T3 (ABY-3 + 45 °C) completó la fermentación en 4 horas, lo que subraya la robustez de la cinética de este cultivo a la temperatura más alta.

4.2.2.2. Sólidos solubles (°Brix)

Los sólidos solubles alcanzaron valores más altos en los tratamientos incubados a 45 °C (T1 y T3, con aproximadamente 15.0-15.2 °Brix) en comparación con aquellos a 42 °C (T2 y T4, con valores de 13.7-14.1 °Brix). Dentro de este grupo, el tratamiento T3 (ABY-3 a 45 °C) presentó el valor más alto (15.00 °Brix), mientras que T4 (ABY-3 a 42 °C) registró el más bajo (13.69 °Brix), siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Este comportamiento se explica por la mayor actividad proteolítica de *L. bulgaricus* y la mayor hidrólisis de la lactosa por la β -galactosidasa bacteriana a temperaturas más elevadas, lo que libera péptidos, aminoácidos, glucosa y galactosa que contribuyen a los sólidos solubles (Tamime y Robinson, 2007). Li et al. (2023) demostraron que cepas de *S. thermophilus* con alta actividad β -galactosidasa (2.60 unidades mg^{-1}) son más efectivas en la hidrólisis de la lactosa a temperaturas cercanas a 45 °C.

A pesar de que T4 presentó el menor contenido de sólidos solubles, ello no constituye una desventaja, ya que se correlaciona con una acidez más moderada (63.67 °D) y una mejor aceptación sensorial, como se discute más adelante. Fernández y Puthukulangara (2012) encontraron correlaciones positivas y altamente significativas

entre la aceptación general y el sabor ($r = 0.97$), lo que subraya que el equilibrio global de la matriz láctea es más determinante que un valor aislado de °Brix.

4.2.2.3. Grasa

El contenido de grasa mostró diferencias importantes entre los tratamientos. El testigo (T0) presentó el valor más bajo (2.53 %), mientras que el tratamiento T1 (YO-MIX 883 a 45 °C) alcanzó la mayor retención de grasa (3.48 %). Los tratamientos T2 (YO-MIX 883 a 42 °C) y T4 (ABY-3 a 42 °C) presentaron valores intermedios y estadísticamente similares (3.33 % y 3.28 %, respectivamente), mientras que T3 (ABY-3 a 45 °C) registró 3.18 %, ubicándose en un nivel inferior dentro de los experimentales. Todos los tratamientos experimentales superaron el mínimo normativo del 2.5 % NTE INEN 2395 (2011), a pesar de que la leche de partida para T1-T4 tenía solo 2.77 % de grasa. Esto demuestra una eficiente incorporación de la materia grasa en la matriz del gel durante la fermentación.

La pérdida de grasa en el testigo se atribuye a la prolongada fermentación (18-22 h), que pudo causar la ruptura de la membrana del glóbulo graso y la separación de la grasa libre del coágulo (Tamime y Robinson, 2007). Por el contrario, la mayor retención en T1 sugiere que la combinación de YO-MIX 883 y 45 °C favorece la formación de una red de caseína más estable o la producción de exopolisacáridos (EPS) que interactúan con los glóbulos de grasa Cartasev y Rudic (2017). Ilić et al. (2024) reportaron contenidos de grasa de hasta 2.99 % en sus formulaciones, valores inferiores a los alcanzados en este estudio, lo que resalta la eficiencia de los tratamientos evaluados. Coincidiendo con Zambrano (2017) y Balseca (2025), la calidad fisicoquímica global no se vio comprometida por la reducción del tiempo de fermentación, y todos los tratamientos experimentales cumplieron holgadamente con la normativa.

4.2.2.4. Proteína

El contenido de proteína también presentó una variación notable entre tratamientos. El valor más alto se registró en T1 (3.68 %), seguido por T2 (3.31 %) y T4 (3.28 %), los cuales fueron estadísticamente similares. El testigo (T0) alcanzó 3.22 %, mientras que el valor más bajo correspondió a T3 (3.06 %). Todos los tratamientos experimentales superaron el mínimo requerido del 2.7 % NTE INEN 2395 (2011), lo que indica que la reducción del tiempo de fermentación no afectó negativamente la retención de proteínas.

La superioridad de T1 se explica por la capacidad del cultivo YO-MIX 883 a 45 °C para favorecer una mayor interacción entre las micelas de caseína y las proteínas del suero desnaturalizadas por el tratamiento térmico previo (85 °C × 15 min), incrementando la proteína total retenida en el gel (Wilbanks, 2023). En contraste, el tratamiento T3 (ABY-3 a 45 °C) mostró el menor contenido proteico, lo que sugiere una mayor actividad proteolítica de las cepas probióticas (*L. acidophilus* La-5 y *B. bifidum* BB-12), que solubilizan parcialmente las proteínas. Ale et al. (2023) demostraron que cepas de *Bifidobacterium animalis* INL1 producen EPS asociados con la liberación de péptidos bioactivos, lo que podría estar relacionado con una mayor actividad proteolítica. Ilic et al. (2024) reportaron contenidos proteicos entre 2.80 % y 3.33 % en sus formulaciones, un rango que engloba la mayoría de nuestros valores. Freire (2023) encontró un incremento proteico de 3.21 % a 4.17 % tras la optimización, lo que indica que la reducción del tiempo de fermentación no afecta negativamente la retención de proteínas e incluso puede mejorarla, como se observó en T1.

4.2.2.5. Viscosidad

La viscosidad fue el parámetro que mostró la mayor diferencia entre los tratamientos y la más relevante para la calidad sensorial. El testigo (T0) presentó una viscosidad extremadamente alta (12.800 cP), mientras que los tratamientos experimentales mostraron una jerarquía clara: T4 (ABY-3 a 42 °C) alcanzó la mayor viscosidad entre los experimentales (1333 cP), seguido por T3 (853 cP), T2 (512 cP) y T1 (422 cP). Estos cinco grupos fueron estadísticamente diferenciados, siendo T1 el de menor viscosidad y T0 el de mayor.

El tratamiento T4 (42 °C) resultó superior en viscosidad (1333 cP) debido a que este rango térmico favorece una síntesis más estable de exopolisacáridos (EPS). A 45 °C, la inestabilidad enzimática limita la producción de estos biopolímeros, resultando en una red de caseína menos consistente. Los EPS actúan como espesantes naturales: unen agua libre, previenen la sinéresis y mejoran la textura (Ale et al., 2023). La temperatura de 42 °C es particularmente favorable para la producción de EPS, ya que en ese rango predomina *S. thermophilus* (relación bacilos-cocos de 1:8), cepa conocida por su capacidad de síntesis de EPS (Radke-Mitchell y Sandine, 1986). En contraste, a 45 °C (T3), aunque la población de bacilos aumenta, la producción de EPS puede verse comprometida por la inestabilidad de las enzimas involucradas en su síntesis, lo que explica su menor viscosidad en comparación con T4.

La viscosidad extrema del testigo (12.800 cP) no es deseable, ya que se asocia con un gel sobreacidificado, sinérgico y con textura granulosa o difícil de mezclar (Tamime y Robinson, 2007). En cambio, los valores obtenidos en los tratamientos experimentales (421-1333 cP) se encuentran en rangos comercialmente aceptables. Fernández y Puthukulangara (2012) encontraron viscosidades superiores a 3000 cP con adición de inulina, pero en ausencia de prebióticos añadidos, el valor de 1333 cP alcanzado por T4 es notable y comparable a yogures comerciales de buena calidad. Ilic et al. (2024) observaron una fuerte correlación entre los parámetros reológicos y sensoriales, indicando que la combinación probiótica permite mejorar la estructura del gel y la percepción de cremosidad, lo que respalda la superioridad de T4.

4.2.3. Análisis microbiológico de los tratamientos experimentales

La reducción drástica del tiempo de fermentación mejoró notablemente la calidad microbiológica del producto. El testigo (T0), con un ciclo de 18 horas, presentó recuentos de coliformes totales de 200 UFC/g, superando el límite máximo aceptable (100 UFC/g) establecido en la normativa ecuatoriana INEN 2395 (2011). En cambio, los tratamientos optimizados T1, T2 y T4 mostraron recuentos inferiores a 10 UFC/g, y T3 presentó 60 UFC/g, todos por debajo del límite máximo.

La mejora en la calidad sanitaria responde a la aplicación de la "regla del pH 5.5", donde una acidificación acelerada (4-5 h) reduce drásticamente la ventana de tiempo en la que patógenos y coliformes pueden proliferar en el sustrato lácteo. El testigo, al permanecer mucho tiempo en pH superiores a 5.0, permitió el desarrollo de coliformes. La regla del pH 5.5 es un principio industrialmente aceptado para controlar patógenos formadores de esporas en fermentaciones lácteas de acidificación rápida (Augustin, 2024). Por parte de Balseca (2025) reportó una reducción significativa de mohos, levaduras y coliformes fecales tras la optimización del proceso de producción de yogur a escala semiindustrial, atribuyéndolo a un mejor control de las condiciones de fermentación. Zambrano (2017) también observó que la pasteurización a 85 °C en escala semiindustrial mejoró la estabilidad del yogur, reduciendo los tiempos de incubación y manteniendo valores adecuados de estabilidad, con sinérgesis controlada y viscosidades aceptables durante el almacenamiento.

En cuanto a mohos y levaduras, los recuentos más bajos se registraron en T2 y T4 (13 UFC/g), seguidos de T3 (77 UFC/g) y T1 (200 UFC/g). El testigo alcanzó 400 UFC/g. La

reducción en estos recuentos demuestra que la fermentación rápida, combinada con la acidez final moderada ($\text{pH} \approx 4.4$), limita el desarrollo de estos microorganismos alterantes. Freire (2023) reportó que, tras la optimización, los análisis microbiológicos demostraron una reducción significativa de mohos, levaduras y coliformes fecales, ubicándose dentro de los límites establecidos. De manera complementaria, Arévalo (2015) concluyó que es posible estandarizar el proceso de elaboración de yogur firme funcional mediante la incorporación de probióticos, prebióticos y vitamina A, obteniendo un producto con características de calidad adecuadas, lo que subraya la importancia de la estandarización en la calidad microbiológica.

4.2.4. Análisis sensorial

Fase 1 – Comparación de tratamientos experimentales (T1 a T4)

Los cuatro tratamientos experimentales mostraron diferencias globales en todos los atributos sensoriales evaluados (apariencia, color, olor, viscosidad y sabor). El tratamiento T4 (ABY-3 a 42°C) fue el mejor valorado de manera consistente, especialmente en apariencia, olor, textura y sabor, donde superó significativamente a los demás tratamientos.

La superioridad de T4 se correlaciona directamente con sus propiedades fisicoquímicas: acidez moderada (63.7°D), textura óptima (1333 cP) y buena estabilidad del gel. La viscosidad fue el atributo donde se observó la diferencia más marcada entre tratamientos, lo que indica que los consumidores percibieron claramente la textura más cremosa del yogur elaborado con ABY-3 a 42°C . Este hallazgo concuerda con Fernández y Puthukulangara (2012), quienes reportaron que el cultivo ABY-3 con inulina obtuvo las mayores puntuaciones de aceptación general y encontraron una correlación muy alta entre aceptación general y textura sensorial ($r=0.90$). Asimismo, Ilić et al. (2024) observaron una fuerte correlación entre parámetros reológicos y sensoriales, indicando que las combinaciones probióticas mejoran la estructura del gel y la percepción de cremosidad.

El tratamiento T3 (ABY-3 a 45°C), a pesar de alcanzar el pH de corte más rápidamente (4 h), fue significativamente menos preferido en textura y sabor en comparación con T4. Esto confirma que la velocidad de fermentación no es un criterio suficiente para determinar la calidad sensorial; el equilibrio final de la matriz (acidez, textura, retención de agua) es más relevante. Zambrano (2017) y Balseca (2025) también observaron que los yogures elaborados con cultivos mixtos (incluyendo

Bifidobacterium) fueron mejor valorados que los comerciales, destacándose la cremosidad y la aceptación general. Por su parte, Viscardi et al. (2021) demostraron que la preferencia del consumidor está fuertemente influenciada por el perfil de compuestos volátiles; la ausencia de compuestos indeseables (como heptan-2-ona, asociada a olor a queso) en nuestros tratamientos respalda la buena aceptación obtenida.

Fase 2 – Comparación T4 vs testigo T0

En la comparación pareada entre el tratamiento optimizado T4 y el producto tradicional de la empresa (T0), no se encontraron diferencias significativas en ningún atributo sensorial. Aunque el testigo presentó una textura instrumental mucho más alta (12 800 cP) y un perfil de acidez más elevado (82 °D), los jueces no percibieron diferencias prácticas en la degustación. Esto sugiere que la textura extrema del testigo no es necesariamente una ventaja; de hecho, puede estar asociada a una textura granulosa o sinerética que los consumidores no prefieren. La similitud sensorial entre T4 y T0 es un hallazgo clave para la empresa, ya que indica que el producto optimizado (5 h de fermentación) es sensorialmente equivalente al producto tradicional (18 h), por lo que su implementación no conlleva riesgo de rechazo por parte de los clientes.

Arévalo (2015) también reportó que la incorporación de probióticos y prebióticos en yogur firme no compromete la aceptación sensorial, siempre que se mantenga un equilibrio en la formulación. En nuestro caso, el cultivo ABY-3 a 42 °C proporcionó ese equilibrio, mejorando incluso la percepción de sabor (mayor porcentaje de puntuaciones 7 en T4) sin alcanzar significancia estadística, pero con una tendencia favorable.

En conjunto, los resultados sensoriales confirman que la optimización del tiempo de fermentación con el cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec a 42 °C no solo reduce drásticamente el tiempo de procesamiento (de 18 h a 5 h) y mejora la calidad fisicoquímica (acidez más baja, textura adecuada), sino que también existe la misma aceptación por parte del consumidor. Por lo tanto, la empresa puede implementar este cambio con total confianza.

Además, los hallazgos de esta investigación se alinean directamente con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. En cuanto al ODS 2 (Hambre Cero), la reducción del tiempo de fermentación de 18 horas a 4-5 horas incrementa

la capacidad productiva de la planta, aumentando la disponibilidad de un alimento de alto valor nutricional a menor costo. Respecto al ODS 3 (Salud y Bienestar), el uso del cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec (con cepas probióticas *L. acidophilus* La-5 y *B. bifidum* BB-12) aporta beneficios a la salud intestinal (CHR HANSEN, 2011), mientras que la reducción de la carga microbiana garantiza un producto más inocuo.

En relación con el ODS 9 (Industria, Innovación e Infraestructura), la implementación de un protocolo de fermentación con cultivo de alta cinética a 42 °C constituye una innovación tecnológica aplicable a PyMEs lácteas. La reducción del tiempo de fermentación (de 1 a 4 lotes diarios) libera capacidad instalada sin inversión significativa. Finalmente, el ODS 12 (Producción y Consumo Responsables) se cumple al disminuir el consumo energético, reducir mermas por contaminación, prolongar la vida útil del producto y obtener un yogur de etiqueta más limpia.

En conjunto, la optimización del proceso de fermentación del yogur en "Quesería de Mí Sin Ti" no solo mejora la competitividad y rentabilidad de la empresa, sino que constituye un caso ejemplar de cómo la ciencia y la tecnología de alimentos pueden contribuir simultáneamente a la salud pública, el desarrollo industrial sostenible y la protección del medio ambiente, en perfecta sintonía con los principios de los ODS.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- La leche cruda utilizada para el proceso testigo (T0) en la planta "Quesería de Mí Sin Ti" presentó un contenido de grasa de 3.73 %, superior al mínimo normativo (3.0 %). La leche empleada para los tratamientos experimentales (T1 a T4), aunque provenía del mismo distribuidor, tuvo un contenido graso de 2.77 %, ligeramente inferior al exigido por la NTE INEN 9:2012. En ambos casos, los parámetros de pH, acidez, densidad, recuento de aerobios mesófilos ($\leq 1.4 \times 10^5$ UFC/mL) y células somáticas ($\leq 5.02 \times 10^5$ CCS/mL) se mantuvieron dentro de los límites permisibles, garantizando una adecuada calidad microbiológica y sanitaria para el procesamiento.
- La temperatura de incubación determinó la velocidad de fermentación. Los tratamientos incubados a 45 °C (T1 y T3) alcanzaron el pH de corte de 4.4 en 4 horas, mientras que a 42 °C se requirieron 4.5 horas para T2 (YO-MIX 883) y 5 horas para T4 (FD-DVS ABY-3).
- El tratamiento T4 (FD-DVS ABY-3 Probio-Tec a 42 °C) fue el más adecuado, logrando reducir el tiempo de fermentación de 18 horas (testigo) a 5 horas. Sus parámetros fisicoquímicos fueron: pH 4.43, acidez 63.67 °D, sólidos solubles 13.69 °Brix, grasa 3.28 %, proteína 3.28 % y viscosidad 1333 cP. Todos los tratamientos experimentales cumplieron con los requisitos mínimos de grasa (≥ 2.5 %) y proteína (≥ 2.7 %) de la norma NTE INEN 2395:2011.
- En el análisis sensorial (Fase 1), el tratamiento T4 fue el mejor valorado en apariencia, olor, viscosidad y sabor, con una aceptación global superior a T1, T2 y T3. En la comparación directa con el producto tradicional de la empresa (Fase 2), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre T4 y T0 en ninguno de los atributos evaluados (apariencia, color, olor, textura, sabor; $p > 0.05$ en todos los casos), lo que confirma que el yogur optimizado es sensorialmente equivalente al producto que actualmente comercializa la empresa.

- Se estableció un protocolo técnico basado en el cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec (2.750 g por 80 L de leche), temperatura de incubación constante de 42 °C y tiempo de fermentación de 5 horas (punto de corte: pH 4.4). Este protocolo reduce el tiempo de procesamiento en un 70-75 %, mejora la calidad fisicoquímica (acidez moderada, viscosidad adecuada), garantiza la inocuidad microbiológica (coliformes totales < 10 UFC/g) y preserva la aceptación sensorial del producto. Constituye una innovación tecnológica viable, sostenible y alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 2, 3, 9 y 12).

5.2. RECOMENDACIONES

- Implementar el protocolo de estandarización desarrollado (cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec, 42 °C, 5 h de fermentación). Se recomienda capacitar al personal operativo en la determinación del punto de corte mediante pH-metro calibrado y en el registro sistemático de las variables de proceso.
- Establecer un programa de control de calidad que incluya análisis microbiológicos periódicos (coliformes totales, mohos y levaduras) y fisicoquímicos (pH, acidez, viscosidad) para verificar la consistencia del producto optimizado, aprovechando que la fermentación rápida ha demostrado reducir la carga microbiana por debajo de los límites normativos.
- Realizar un estudio económico detallado que cuantifique los ahorros en energía, tiempo de mano de obra y capacidad instalada liberada. Este análisis servirá como base para justificar inversiones en sistemas de control automático de temperatura y pH.
- Realizar estudios de almacenamiento refrigerado (4 °C) durante al menos 28 días para determinar la evolución de la acidez, la sinéresis, la viabilidad de las cepas probióticas (*L. acidophilus* La-5 y *B. bifidum* BB-12) y la aceptación sensorial, lo que permitirá establecer la fecha de caducidad del producto.
- Explorar otras combinaciones de cultivos probióticos y temperaturas (p. ej., 40 °C o 43 °C) así como la adición de ingredientes funcionales (inulina, fibra dietética) para potenciar la textura y el valor nutricional. Asimismo, se recomienda evaluar la viabilidad de escalar el proceso a volúmenes industriales mayores (≥ 200 L) verificando la reproducibilidad de los parámetros de fermentación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adilac. (2019, diciembre 5). *El rol de la leche en la industria cosmética*. Lactosa. <https://lactosa.org/el-rol-de-la-leche-en-la-industria-cosmetica/>
- Ale, E. C., Ibáñez, R. A., Wilbanks, D. J., Peralta, G. H., Ceylan, F. D., Binetti, A. G., Bolling, B. W., y Lucey, J. A. (2023). Technological role and metabolic profile of two probiotic EPS-producing strains with potential application in yoghurt: Impact on rheology and release of bioactive peptides. *International Dairy Journal*, 137, 105533. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105533>
- Arévalo, M. (2015). *Elaboración de yogur a base de bacterias probióticas, prebióticas y vitamina A en la planta piloto de lácteos de la universidad de Cuenca* [Universidad de Cuenca]. <https://rest-dspace.ucuenca.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b184d763-a47c-4b17-813d-013169493eb9/content#page=139.11>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). EPISTEME.
- Augustin, J.-C. (2024). *Securing the fermentation of yoghurts against spore-forming pathogens*. New Food. <https://www.newfoodmagazine.com/securing-the-fermentation-of-yoghurts-against-spore-forming-pathogens/836404.article>
- Babio, N., Mena-Sánchez, G., y Salas-Salvadó, J. (2017). Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta? *Nutrición Hospitalaria*, 34, 26-30. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstractypid=S0212-16112017001000006yIng=esynrm=isoytIng=es
- Balseca, N. (2025). *Evaluación del efecto del uso de cultivos iniciadores, en la calidad del yogur (Streptococcus Thermophilus-Lactobacillus Bulgaricus y Streptococcus Thermophilus-Lactobacillus Bulgaricus-Bifidobacterium lactis), en producción a escala semi-industrial del CETEPS* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/15423/1/Balseca%20Z.%2C%20N.%20%282025%29%20Evaluaci%C3%B3n%20del%20efecto%20del%20uso%20de%20cultivos%20iniciadores%2C%20en%20la%20calidad%20del%20yogur%20%28Streptococcus....pdf#page=33.10>
- Bylund. (2003). *Colección Digital · Manual de industrias lácteas · Biblioteca Digital*. <https://bibliotecadigital.uce.edu.ec/s/L-D/item/2317#?c=ym=ys=y cv=>

- Camacho, R. (2016). *Optimización y modelado cinético del proceso de producción de yogur en el fermentador lento tipo Batch en la empresa COOLACTAME LTDA* [Universidad de Pamplona]. http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/2289/1/Camacho_2016_TG.pdf#page=42.09
- Cartasev, A., y Rudic, V. (2017). *THE EFFECT OF STARTER CULTURE PRODUCING EXOPOLYSACCHARIDE ON PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF YOGHURT*. <http://cjm.ichem.md/the-effect-of-starter-culture-producing-exopolysaccharide-on-physicochemical-properties-of-yoghurt>
- Centro de la Industria Láctea [CIL]. (2024). El sector lácteo ecuatoriano: Desafíos y oportunidades en la cadena de valor. <https://www.cil-ecuador.org>
- Centro de la Industria Láctea del Ecuador. (2015). *La leche del Ecuador. Historia de la leche ecuatoriana* (Vol. 1). Effecto Studio. http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/disenio_paginas/archivos/La%20Leche%20del%20Ecuador.pdf
- Chamorro, P. (2023). "Caracterización Microbiológica y Molecular de la bacteria *Staphylococcus aureus* aislada de la mastitis bovina y determinación de su incidencia económica en los productores de leche de la Provincia del Carchi-Ecuador". Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/36c03813-ec44-4b6a-9de3-b37cbe09706a/content>
- CHR HANSEN. (2011). *FD-DVS ABY-3 Probio-Tec* ®. https://www.thecheesemaker.com/content/Yogur_PI%20ABY-3%20669852.pdf?srsId=AfmBOoryxKZDXyPnb7vZBI1JVmMn1UZd5O4gV-ScJNp9kHa7tEtA0fNF
- CHR HANSEN. (2019). *YF-L811*. https://www.thecheesemaker.com/content/PI_EU_YF-L811_713512_EN.pdf?srsId=AfmBOopU5cNtUEsngxFkSkLhCnKkUmCq6kYJZTD8mmA0azSykXhCKDpP
- DANISCO. (2013). *Ficha Técnica YOMIX 883 LYO DCU 50*. <https://studylib.es/doc/7090602/danisco>
- Dhakal, D., Younas, T., Bhusal, R. P., Devkota, L., Li, L., Zhang, B., y Dhital, S. (2024). The effect of probiotic strains on the proteolytic activity and peptide profiles of lupin oat-based yoghurt. *Food Hydrocolloids*, 149, 109570. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.109570>
- Estrada, M. (2011). *El libro blanco de la leche y los productos lácteos* (Primero, Vol. 1). https://www.uv.mx/personal/pcervantes/files/2012/05/libro_blanco_de_la_leche.pdf
- Fernández, D., y Puthukulangara, J. (2012). *Evaluación de tres combinaciones de cultivos ácticos y dos prebióticos en los aspectos físico-químicos y sensoriales del yogur sabor a fresa* [Universidad Nacional Agraria].

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/fef068f7-438e-44c5-bf0d-9bcdedff546b/content#page=23.35>

Ferrari, A. (2017). *El yogur, un alimento milenario a la luz del siglo XXI* (1.ª ed.). https://www.danoneinstitute.org/wp-content/uploads/2020/12/Book-Yogur-Ancient-Food-2018_sp.pdf

Freire, S. (2023). *Optimización del proceso de producción de yogur en la empresa PROALIM*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

GAD Municipal del Cantón Bolívar. (2020). *Convenio de Cooperación No Reembolsable con el Fondo Ítalo Ecuatoriano para el Desarrollo Sostenible* (p. 3). <https://municipiobolivar.gob.ec/images/PDF/2021/05/Proy-cadena-valor-lacteo.pdf>

García, G. (2025, febrero 25). *Todo sobre lácteos: Qué tipos existen y cuáles son sus derivados*. <https://thefoodtech.com/ingredientes-y-aditivos-alimentarios/diferentes-tipos-de-lacteos-y-los-derivados-que-se-pueden-obtener-a-partir-de-ellos/>

Gómez, D. A. A., y Mejía, O. B. (2005). *Composición nutricional de la leche de ganado vacuno*. 2(1). <https://www.redalyc.org/pdf/695/69520107.pdf>

Gül, L. B., y Akgün, A. (2023). Effect of High-Pressure Homogenization and Fat Content on Yogur Fermentation Process. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 7(4), 455-468. <https://doi.org/10.29329/ijjaar.2023.630.7>

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGraw-Hill Education.

Ilić, N., Belović, M., Memiši, N., Pestorić, M., Škrobot, D., Pezo, L., Jevtić-Mučibabić, R., Sanz, Y., y Brouzes, J. (2024b). Rheological Properties and Sensory Profile of Yoghurt Produced with Novel Combination of Probiotic Cultures. *Foods*, 13(19), 3021. <https://doi.org/10.3390/foods13193021>

INEN 9. (2012). *LECHE CRUDA. REQUISITOS*. https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-10/Documento_BL%20NTE%20INEN%209%20Leche%20cruda%20Requisitos.pdf

INEN 11. (1984). *Leche. Determinación de la densidad relativa*. <https://es.scribd.com/document/659346541/nte-inen-11-1-C>

INEN 13: 1984. (2012). *Nte Inen 13-1-C PDF | PDF | Valoración | Química*. <https://es.scribd.com/document/397751404/nte-inen-13-1-C-pdf>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). *NTE INEN 9. Leche cruda. Requisitos*. <https://www.scribd.com/document/747703502/leche-cruda-inen-9-norma-inen>

Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2011). *NTE INEN 2395: Leches fermentadas. Requisitos*. <https://www.normalizacion.gob.ec/>

- Jimenez, F. (2023, septiembre 28). *Historia y origen del yogur, producto lácteo rico en microorganismos*. FEDELECHE F.G.
<https://www.fedeleche.cl/ww5/index.php/noticias/noticias-leche-y-salud/8170-historia-y-origen-del-yogur-producto-lacteo-rico-en-microorganismos>
- Li, L., Zhou, L., Liu, X., Gong, J., y Xiao, G. (2023a). Physicochemical, microbiological, and sensory properties of low-lactose yogur using *Streptococcus thermophilus* with high β -galactosidase activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(15), 7374-7380. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12840>
- Li, L., Zhou, L., Liu, X., Gong, J., y Xiao, G. (2023b). Physicochemical, microbiological, and sensory properties of low-lactose yogur using *Streptococcus thermophilus* with high β -galactosidase activity. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(15), 7374-7380. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12840>
- Mallqui, L. A. (2014). *Métodos para el análisis físicoquímico de la leche y derivados lácteos*. (2).
- Mannani, N., Ariri, N., y Bitar, A. (2023). Microbiological and physicochemical quality of raw milk of Beni Mellal-Khenifra. *Roczniki Panstwowego Zakladu Higieny*, 74(3), 265-274. <https://doi.org/10.32394/rpzh.2023.0267>
- Meena, S., Debnath, P. P., Ranvir, S. G., y Rai, D. C. (2023). Physicochemical Characteristics of Milk. En *The Chemistry of Milk and Milk Products*. Apple Academic Press. <https://doi.org/10.1201/9781003340706-8>
- Merck. (2016). *pH of Milk and Milk Products*. https://www.sigmaaldrich.com/EC/en/technical-documents/protocol/analytical-chemistry/photometry-and-reflectometry/ph-of-milk-and-milk-products?srltid=AfmBOooZr0yRtfFzA57VKZKUqmJNPetwoYTucBhHCxkaMO-F9HeD_zo
- Nada, S. M., Farag, E. A. H., Atteya, L. A., y Gaffer, M. H. (2023). Highlights on the Effect of Somatic Cell Count on Some Milk Constituents. *Journal of Advanced Veterinary Research*, 13(6), 1044-1048.
- NTE INEN 2395. (2011). *Inen leches fermentadas by Cinthia Cheme—Issuu*. https://issuu.com/cinthiacheme/docs/inen_leches_fermentadas
- Observatorio Lácteo del Ecuador. (2024). *Reporte de consumo y producción láctea nacional 2023-2024*. <https://observatoriolacteo.ec/>
- Oficina Española de Patentes y Marcas. (2021). *Streptococcus thermophilus para su uso en la preparación de productos fermentados*. <https://patentimages.storage.googleapis.com/e2/18/15/7daaddc164ca27/ES2859108T3.pdf>
- Paz, H., Mora, L., Navarro, C., Navarro, A., y Pacheco, M. (2021). Effect of process variables on the physicochemical and rheological properties of yogur. *Revista*

U.D.C.A Actualidad yamp; Divulgación Científica, 24(1).
<https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1922>

Quintana, D. (2024, octubre 10). *Estas son las provincias con mayor producción de leche*. Forbes Ecuador. <https://www.forbes.com.ec/rankings/estas-son-provincias-mayor-produccion-leche-n60834>

Quiroz, G. (2024, octubre 6). *En Ecuador, la crisis del pasto afecta la producción de leche de pequeños ganaderos*. El Comercio. <https://www.elcomercio.com/?p=1517760>

Radke-Mitchell, L. C., y Sandine, W. E. (1986a). Influence of Temperature on Associative Growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *Journal of Dairy Science*, 69(10), 2558-2568. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80701-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80701-9)

Radke-Mitchell, L. C., y Sandine, W. E. (1986b). Influence of temperature on associative growth of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus bulgaricus*. *Journal of Dairy Science*, 69(10), 2558-2568. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(86\)80701-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(86)80701-9)

Rodriguez, C. (2025, enero 10). *Qué Esperan Los Productores Lecheros Para 2025—EDairyNews Español*. <https://es.edairynews.com/que-esperan-los-productores-lecheros-para-2025/>

Rojas, A. M., Montaña, L. P., y Bastidas, M. J. (2015). Producción de ácido láctico a partir del lactosuero utilizando *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. *Revista Colombiana de Química*, 44(3), 5-10. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v44n3.55604>

Romero, S. (2004). *Leche y productos lácteos*. <https://www.fen.org.es/storage/app/media/flipbook/mercado-alimentos-fen/002-Leche-Productos-Lacteos.pdf>

Ruiz, J. A., y Ramírez, A. O. (2009). Elaboración de yogur con probióticos (*Bifidobacterium* spp. Y *Lactobacillus acidophilus*) e inulina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 26(2), 223-242. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0378-78182009000200006&lng=es&synrm=1&isoyt=es

Sakul, S., Rosyidi, D., Radiati, L. E., y Purwadi, P. (2020). The Effect of Different Starter Cultures on the Fermentation of Yogur Added with Aqueous Extract of White Oyster Mushroom (*Pleurotus ostreatus*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 15(1), 46-51. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2020.015.01.6>

Segovia, F., García, E., y López, F. (2008). *Determinación del contenido en grasa de la leche por el método Gerber*.

Tamime, A., y Robinson, R. (2007). *Tamime and Robinson's Yoghurt: Science and Technology* (3ra ed.). Woodhead Publishing.

- Viscardi, S., Marileo, L., Araos, M. P., Standen, J., Cerna, S., Amato, M., y Paz, C. (2021). VOLATILE PROFILE AND CONSUMER ACCEPTABILITY OF NATURAL YOGHURTS ELABORATED WITH CHILEAN NATIVE CULTURES OF ENTEROCOCCUS SP. STRAIN BB3 AND LACTOBACILLUS SP. STRAIN BB6. *J. Chil. Chem. Soc.*
- Wilbanks. (2023). *Yogur Monograph Series: Production*. Center for Dairy Research. <https://cdr.wisc.edu/yogur-monograph-production>
- Zambrano, A. (2017). *Efecto en la curva de acidez de tres tipos de inóculos lácteos utilizados en la elaboración yogur tipo uno* [Universidad Laica «Eloy Alfaro» de Manabí extensión Chone]. <http://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/2800/1/ULEAM-IAL-0043.pdf#page=38.70>

VII. ANEXOS

Anexo 1. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND
NATIVE LANGUAGES CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Sandi Mishell Cadena Mejía and Emerson Fernando Carlosama Carlosama DATE: Thursday, July 3, 2026 Topic: Optimization of processes in the fermentation of type 1 yogurt to improve quality and productivity in the dairy industry "Quesería de Mí Sin Ti"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
De	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 ☐	GOOD: 1,5 ☐	AVERAGE: 1 ☐	LIMITED: 0,5 ☐
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED			
		TOTAL 9		



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL
CARCHI- FOREIGN AND NATIVE LANGUAGES
CENTER**

**Informe sobre el Abstract de Artículo Científico
o Investigación.**

Autor: Sandi Mishell Cadena Mejía and Emerson Fernando Carlosama Carlosama

Fecha de recepción del abstract: Miércoles, 24 de junio de 2026

Fecha de entrega del informe: Viernes, 3 de julio de 2026

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

Observaciones:

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma inglés. Según la rúbrica de evaluación de la traducción en inglés, ésta alcanza un valor de 9; por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**JAIRO MAURICIO
GUEVARA ROSERO**

MA. Jairo Guevara

Director de Centros y de Formación
Complementaria

Anexo 2. Ficha técnica del cultivo YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU (DANISCO)

CULTURES DIVISION
cultures@danisco.com
www.danisco.com

Page 1 / 2

Valid from: April 11, 2014



PRODUCT DESCRIPTION - PD 226640-5.0EN

Material no. 90447

YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU

YO-MIX™ Yogurt Cultures

Description

A blend of defined strains of lactic bacteria for direct vat inoculation of milk, milk bases and other food applications.

The culture is a freeze-dried powder.

Usage levels

Product	Dose
Fermented milk	10 - 20 DCU / 100 l of vat milk
yogurt	10 - 20 DCU / 100 l of vat milk
Fermented milk	38 - 75 DCU / 100 gallons of vat milk
yogurt	38 - 75 DCU / 100 gallons of vat milk

The quantities of inoculation indicated should be considered as guidelines.

Directions for use

Sanitize sachet with chlorinated water or appropriate sanitizer before opening (blot dry with a paper towel if necessary to prevent clumping around sachet opening).

Once sachet has been opened add culture directly to the pasteurized mix. Agitate for approx. 30 minutes on low speed.

Recommended incubation temperature: 35 - 45°C (95-113°F), depending upon set time desired by manufacturer.

Composition

Streptococcus thermophilus
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus
Carrier:
Sucrose
Maltodextrins

Properties

- Freeze dried form facilitates the storage and handling of cultures.
- YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU is a blend of selected strains for direct vat inoculation of manufacturing milk, these strains have been carefully chosen and combined to give a very quick acidification and to provide a creamy product.

- YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU starter culture is based on a Danisco patent application for a new Streptococcus thermophilus strain (strain n°CNM I-2980, granted French Patent FR 2 852 604, PCT patent application WO 2004/085607).
- This unique and traceable Streptococcus thermophilus strain highly contributes to texture and high organoleptic properties of YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU.

Physical/chemical specifications

Quantitative/Activity standard

Test medium:

Sterilised reconstituted milk (10% solids)

Heated 20 min at 110 °C. Standardised to pH 6.60

Temperature: 42 °C

Inoculation rate: 20 DCU / 100 l

Delta pH: 1.35

Time to reach the delta pH: ≤ 3.5 hours

Microbiological specifications

Microbiological quality control - standard values and methods

Non-lactic acid bacteria	< 500 CFU/g
Enterobacteriaceae	< 10 CFU/g
Yeasts and Moulds	< 10 CFU/g
Enterococci	< 100 CFU/g
Coagulase-positive staphylococci	< 10 CFU/g
Listeria monocytogenes	neg. / 25 g
Salmonella spp.	neg. / 25 g

Analytical methods available upon request

The information contained in this publication is based on our own research and development work and is to the best of our knowledge reliable. Users should, however, conduct their own tests to determine the suitability of our products for their own specific purposes and the legal status for their intended use of the product. Statements contained herein should not be considered as a warranty of any kind, expressed or implied, and no liability is accepted for the infringement of any patents.

PRODUCT DESCRIPTION - PD 226640-5.0EN

Material no. 90447

YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU

YO-MIX™ Yogurt Cultures

Storage

18 months from date of production at ≤ 4 °C

Packaging

Sachets made with three layers of material (polyethylene, aluminium, polyester).

Quantity

Selling unit: 1 carton containing 50 sachets.

Purity and legal status

YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU complies with all EU food legislations.

Other local regulations should always be consulted concerning the status of this product, as legislation regarding its use in food may vary from country to country.

Safety and handling

SDS is available on request.

Kosher status

KOSHER O-U-D

Halal status

certified by Halal Food Council of Europe (HFCE)

Allergens

Below table indicates the presence of the following allergens and products thereof:

Yes	No	Allergens	Description of components
	X	wheat	
	X	other cereals containing gluten	
	X	crustacean shellfish	
	X	eggs	
	X	fish	
	X	peanuts	
	X	soybeans	
	X	milk (including lactose)	
	X	nuts	
	X	celery	
	X	mustard	
	X	sesame seeds	
	X	sulphur dioxide and sulphites (> 10 mg/kg)	
	X	lupin	
	X	molluscs	

Local regulation has always to be consulted as allergen labelling requirements may vary from country to country.

Additional information

ISO 9001 certified
FSSC 22000 certified

GMO status

YO-MIX™ 883 LYO 50 DCU does not consist of, nor contains, nor is produced from genetically modified organisms according to the definitions of Regulation (EC) 1829/2003 and Regulation (EC) 1830/2003 of the European Parliament and of the Council of 22 September 2003.

Anexo 3. Ficha técnica del cultivo FD-DVS ABY-3 Probio-Tec® (CHR HANSEN)



FD-DVS ABY-3 Probio-Tec®

Información de Producto

Versión: 3 PI-EU-ES 08-12-2011

Descripción Cultivo termófilo ácido láctico. Contiene las cepas probióticas documentadas BB-12® y LA-5®. Las cepas tienen una larga historia de uso seguro. .

Taxonomía Bifidobacterium species
Streptococcus thermophilus
Lactobacillus acidophilus
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus

Envase No Material: 669852 Tamaño: 10X50 U Tipo: Sobre (s) en caja

Propiedades Físicas Color: Blanco a ligeramente rojizo o marrón
Aspecto Físico: Granulado

Aplicación Uso
El cultivo producirá yogur y productos lácteos fermentados con mucho cuerpo, aroma muy suave y muy baja post-acidificación. Adecuado para yogures firmes, batidos y líquidos.

Dosis de inoculación recomendada

Cantidad de leche a inocular	250 L/ 70 gal	1,000 L/ 300 gal	2,500 L/ 700 gal
Cantidad de cultivo DVS	50 U	200 U	500 U

Directivas para su uso

Sacar el cultivo del congelador justo antes de su utilización. No descongelar. Limpiar la parte superior del sobre con cloro. Abrir el sobre y añadir los gránulos liofilizados directamente al producto pasteurizado mientras se agita suavemente. Agitar la mezcla durante 10-15 minutos para distribuir el cultivo homogéneamente. La temperatura recomendada de incubación depende de la aplicación en la que se va a utilizar el cultivo. Para más información sobre aplicaciones específicas, por favor, consulte nuestros catálogos técnicos y recetas recomendadas.

Gama Los cultivos incluidos en esta serie son ABY-1(liofilizado), ABY-4 (congelado) y ABY-2, ABY-3 y ABY-10 (congelado y liofilizado).

www.chr-hansen.com

Página: 1 (4)

La información aquí contenida es según nuestro conocimiento verdadera y correcta, y presentada de buena fe. Puede sufrir modificaciones sin previo aviso. Ninguna garantía contra infracción de patentes está implícita o inferida. Esta información es ofrecida solamente para su consideración y verificación. Copyright© Chr. Hansen A/S. Todos los derechos reservados.

FD-DVS ABY-3 Probio-Tec®

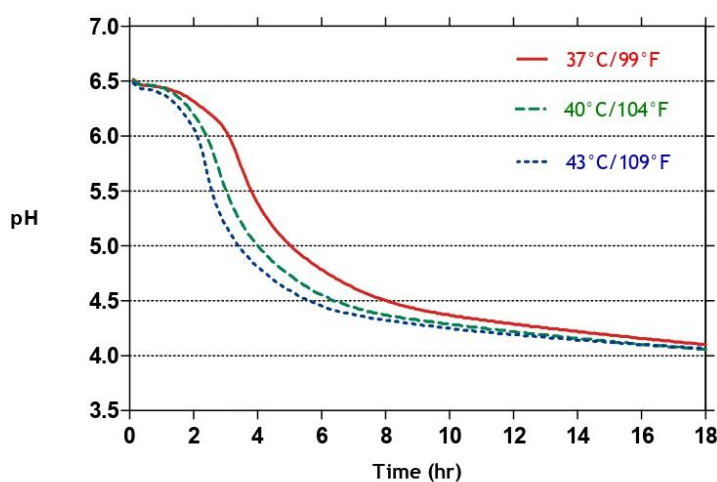
Información de Producto

Versión: 3 PI-EU-ES 08-12-2011

Almacenaje y manipulación < -18 °C / < 0 °F

Vida útil Como mínimo 24 meses desde la fecha de fabricación cuando se almacena siguiendo las recomendaciones.
A +5 °C (0 °F) la caducidad es de como mínimo 6 semanas.

Información técnica Curva de acidificación



Condiciones de fermentación:
Leche entera +2 % leche desnatada en polvo (85 °C/185 °F, 30 minutos)
Inoculación: 500U/2500L

Métodos analíticos

Los métodos de referencia y analíticos están disponibles bajo petición.

Legislación

Chr. Hansen cumple con los requerimientos generales de seguridad alimentaria establecidos por el Reglamento 178/2002/EC. Las bacterias ácido lácticas son reconocidas de forma general como seguras y pueden ser utilizadas en alimentos, sin embargo, para aplicaciones específicas recomendamos que consulte la legislación nacional.

El producto está destinado a ser utilizado en alimentos.

FD-DVS ABY-3 Probio-Tec®

Información de Producto

Versión: 3 PI-EU-ES 08-12-2011

Seguridad alimentaria	No existe garantía de seguridad alimentaria implícita para aplicaciones de este producto distintas de las indicadas en la sección de utilización. Si desea utilizar este producto en otra aplicación por favor, contacte con su representante de Chr. Hansen para solicitar ayuda.
Etiquetado	Etiquetado recomendado "cultivo ácido láctico" o "cultivo iniciador", sin embargo, la legislación puede variar. Por favor, consulte la legislación local. El etiquetado con el nombre de las cepas probióticas es posible previo acuerdo de utilización de marca registrada. Por favor, consulte con su representante local para más información.
Marcas comerciales	Los nombres de productos, nombres de conceptos, logotipos, marcas y otras marcas comerciales mencionadas en este documento, figuren o no en mayúsculas, en negrita o con el símbolo ® o TM son propiedad de Chr. Hansen A/S o utilizados bajo licencia. Las marcas registradas que aparecen en este documento pueden no estar registradas en su país, aunque estén marcadas con un ®.
Certificados alimentarios	Kosher: Kosher Lácteo exclu. Pascua Halal: Certificado
Servicio técnico	Personal de los Laboratorios de Aplicación y Desarrollo de Productos de Chr Hansen están a su disposición si necesita mas información.

Información GMO

Con arreglo a la legislación de la Unión Europea*, podemos declarar que FD-DVS ABY-3 no contiene OMG ni materias primas con la etiqueta MG.**. Con arreglo a la legislación europea sobre etiquetaje en producto alimentario acabado**, podemos informar de que el uso de FD-DVS ABY-3 no requiere etiquetado MG del producto alimenticio final. La posición de Chr.

Hansen sobre GMO puede encontrarse en:

www.chr-hansen.com/About-us/Policies-and-positions/Quality-and-product-safety.

* Directiva 2001/18/CE del Parlamento Europeo y del Consejo del 12 de marzo de 2001 sobre la liberación intencional en el medio de organismos modificados genéticamente y por la que se deroga la Directiva del Consejo 90/220/CEE.

** Reglamento (CE) 1829/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo del 22 de septiembre de 2003 sobre alimentos y piensos modificados genéticamente.
Reglamento (CE) 1830/2003 del Parlamento Europeo y del Consejo del 22 de septiembre de 2003 relativo a la trazabilidad y al etiquetado de organismos modificados genéticamente y a la trazabilidad de los alimentos y piensos producidos a partir de estos y por el que se modifica la Directiva 2001/18/CE.

FD-DVS ABY-3 Probio-Tec®

Información de Producto

Versión: 3 PI-EU-ES 08-12-2011

Información sobre Alergenos

List of common allergens in accordance with the US Food Allergen Labeling and Consumer Protection Act of 2004 (FALCPA) and EU labeling Directive 2000/13/EC with later amendments	Presente como ingrediente en el producto
Cereales que contengan gluten* y productos derivados	No
Crustáceos y productos a base de crustáceos	No
Huevos y productos a base de huevo	No
Pescado y productos a base de pescado	No
Cacahuets y productos a base de cacahuets	No
Soja y productos a base de soja	No
Leche y sus derivados (incluida la lactosa)	Sí
Frutos de cáscara* y productos derivados	No
Lista de alérgenos de acuerdo con la Directiva sobre etiquetado 2000/13/EC de la UE, exclusivamente	
Apio y productos derivados	No
Mostaza y productos derivados	No
Granos de sésamo y productos a base de granos de sésamo	No
Altramuces y productos a base de altramuces	No
Moluscos y productos a base de moluscos	No
Anhidrido sulfuroso y sulfitos en concentraciones superiores a 10 mg/kg o 10 mg/litro expresado como SO ₂	No

* Please consult the EU Labeling Directive 2000/13 Annex IIIa for a legal definition of common allergens, see European Union law at: www.eur-lex.europa.eu

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.117599a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CARLOSAMA CARLOSAMA EMERSON FERNANDO
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980105432

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural tratamiento 1		
Lote:	---	Contenido declarado:	1L
Fecha de elaboración:	2026/01/28	Fecha de vencimiento:	2026/02/28
Fecha de recepción:	2026/02/10	Hora de recepción:	10:18:14
Fecha de análisis:	2026/02/10	Fecha de emisión:	2026/02/20
Material de envase:	Poliestireno		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.3°C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Proteína	3,68	(F: 6,38) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
Grasa	3,48	%	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet
°S Viscosidad	421	cP	MIN-29	NMX-F-722-COFOCALEC-2026/Brookfield/ Viscosímetro capilar

Notas Adicionales:

1. Condiciones del análisis de viscosidad: # Spindle 02; Temperatura 20 °C; % Torque 15,9; rpm 30.

Nota 1: ⁹⁵ Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 12-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.117599b

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CARLOSAMA CARLOSAMA EMERSON FERNANDO
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980105432

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural tratamiento 2		
Lote:	---	Contenido declarado:	1L
Fecha de elaboración:	2026/01/30	Fecha de vencimiento:	2026/03/01
Fecha de recepción:	2026/02/10	Hora de recepción:	10:18:14
Fecha de análisis:	2026/02/10	Fecha de emisión:	2026/02/20
Material de envase:	Poliestireno		
Toma de muestra realizada por:	El cliente		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.3°C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
Proteína	3,31	(F: 6,38) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
Grasa	3,33	%	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet
°Viscosidad	512	cP	MIN-29	NMX-F-722-COFOCALEC-2026/Brookfield/ Viscosímetro capilar

Notas Adicionales:

1. Condiciones del análisis de viscosidad: # Spindle 02; Temperatura 20 °C; % Torque 19,3; rpm 30.

Nota 1: ⁹⁵ Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 12-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A. Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118079a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CARLOSAMA CARLOSAMA EMERSON FERNANDO
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980105432

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural (tratamiento 3)		
Lote:	--	Contenido declarado:	1 L
Fecha de elaboración:	2026/02/06	Fecha de vencimiento:	2026/03/10
Fecha de recepción:	2026/03/02	Hora de recepción:	12:52:48
Fecha de análisis:	2026/03/03	Fecha de emisión:	2026/03/11
Material de envase:	Poliestireno		
Toma de muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.8 °C		

RESULTADO FISICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
*Proteína	3,06	(F: 6,38) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
Grasa	3,18	%	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet

Nota 1: * Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Nota 2: Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09-008.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118080a

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CARLOSAMA CARLOSAMA EMERSON FERNANDO
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980105432

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural (tratamiento 3)		
Lote:	--	Contenido declarado:	1 L
Fecha de elaboración:	2026/02/06	Fecha de vencimiento:	2026/03/10
Fecha de recepción:	2026/03/02	Hora de recepción:	12:52:54
Fecha de análisis:	2026/03/04	Fecha de emisión:	2026/03/09
Material de envase:	Poliestireno		
Toma de muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.8 °C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
°Viscosidad	853	cP	MIN-29	NMX-F-722-COFOCALEC-2006/ Brookfield/ Viscosímetro capilar

Notas Adicionales:

1 . Condiciones del ensayo: #Spindle 02; Temperatura 20 °C; % torque 21,4; rpm 20.

Nota 1: ° Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 12-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118079b

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CARLOSAMA CARLOSAMA EMERSON FERNANDO
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980105432

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural (tratamiento 4)		
Lote:	--	Contenido declarado:	1 L
Fecha de elaboración:	2026/02/23	Fecha de vencimiento:	2026/03/23
Fecha de recepción:	2026/03/02	Hora de recepción:	12:52:48
Fecha de análisis:	2026/03/03	Fecha de emisión:	2026/03/11
Material de envase:	Poliestireno		
Toma de muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.8 °C		

RESULTADO FISICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
*Proteína	3,28	(F: 6,38) %	MFQ-01	AOAC 2001.11/ Volumetría, Kjeldahl
Grasa	3,28	%	MFQ-02	AOAC 2003.06/ Gravimetría, Soxhlet

Nota 1: * Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 06-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Nota 2: Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 09-008.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.



JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

INFORME DE RESULTADOS

INF.DIV-FQ.118080b

DATOS DEL CLIENTE

Cliente:	CARLOSAMA CARLOSAMA EMERSON FERNANDO
Dirección:	SAN GABRIEL
Teléfono:	0980105432

DATOS DE LA MUESTRA

Descripción:	Yogurt natural (tratamiento 4)		
Lote:	--	Contenido declarado:	1 L
Fecha de elaboración:	2026/02/23	Fecha de vencimiento:	2026/03/23
Fecha de recepción:	2026/03/02	Hora de recepción:	12:52:54
Fecha de análisis:	2026/03/04	Fecha de emisión:	2026/03/09
Material de envase:	Poliestireno		
Toma de muestra realizada por:	EL CLIENTE		
Procedencia de los datos:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y a las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Semilíquido	Conservación:	Refrigeración
Temperatura de la muestra:	5.8 °C		

RESULTADO FÍSICOQUÍMICO

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO INTERNO	MÉTODO DE REFERENCIA
°Viscosidad	1333	cP	MIN-29	NMX-F-722-COFOCALEC-2006/ Brookfield/ Viscosímetro capilar

Notas Adicionales:

1. Condiciones del ensayo: #Spindle 02; Temperatura 20 °C; % torque 33,4; rpm 20.

Nota 1: ° Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca S.A., y fueron suministrados por N° SAE LEN 12-001, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca S.A.

Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.

El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.

El tiempo de almacenamiento de los informes de resultados y toda la información técnica relacionada al mismo para dar trazabilidad será de 5 años a partir de su fecha de emisión. (Punto 8.4.2 CR GA01 Criterios Generales Acreditación de Laboratorios de Ensayo y Calibración según NTE INEN- ISO/IEC 17025:2018).

El Tiempo de Retención de las Muestras en el Laboratorio para ensayos Físico-Químicos e Instrumentales partir de la fecha de ingreso será de 15 días calendario para muestras perecibles, 30 días calendario para muestras medianamente perecibles y estables. Muestras para ensayos microbiológicos será de 5 días laborables para muestras perecibles, 10 días laborables para muestras medianamente perecibles y estables a partir de la fecha de análisis.

Multianalityca S.A. no asume responsabilidad por el uso posterior que el cliente o terceros den a los resultados emitidos. Se receptorán reclamos únicamente dentro de los quince (15) días calendario posteriores a la emisión de los resultados; transcurrido dicho plazo, no se aceptarán reclamaciones de ningún tipo. La responsabilidad financiera del laboratorio se limita exclusivamente al valor pagado por el análisis correspondiente a la muestra entregada en ese momento, sin que en ningún caso exceda dicho importe. No se asumirán multas, sanciones ni daños indirectos, consecuentes o emergentes derivados del uso del informe.

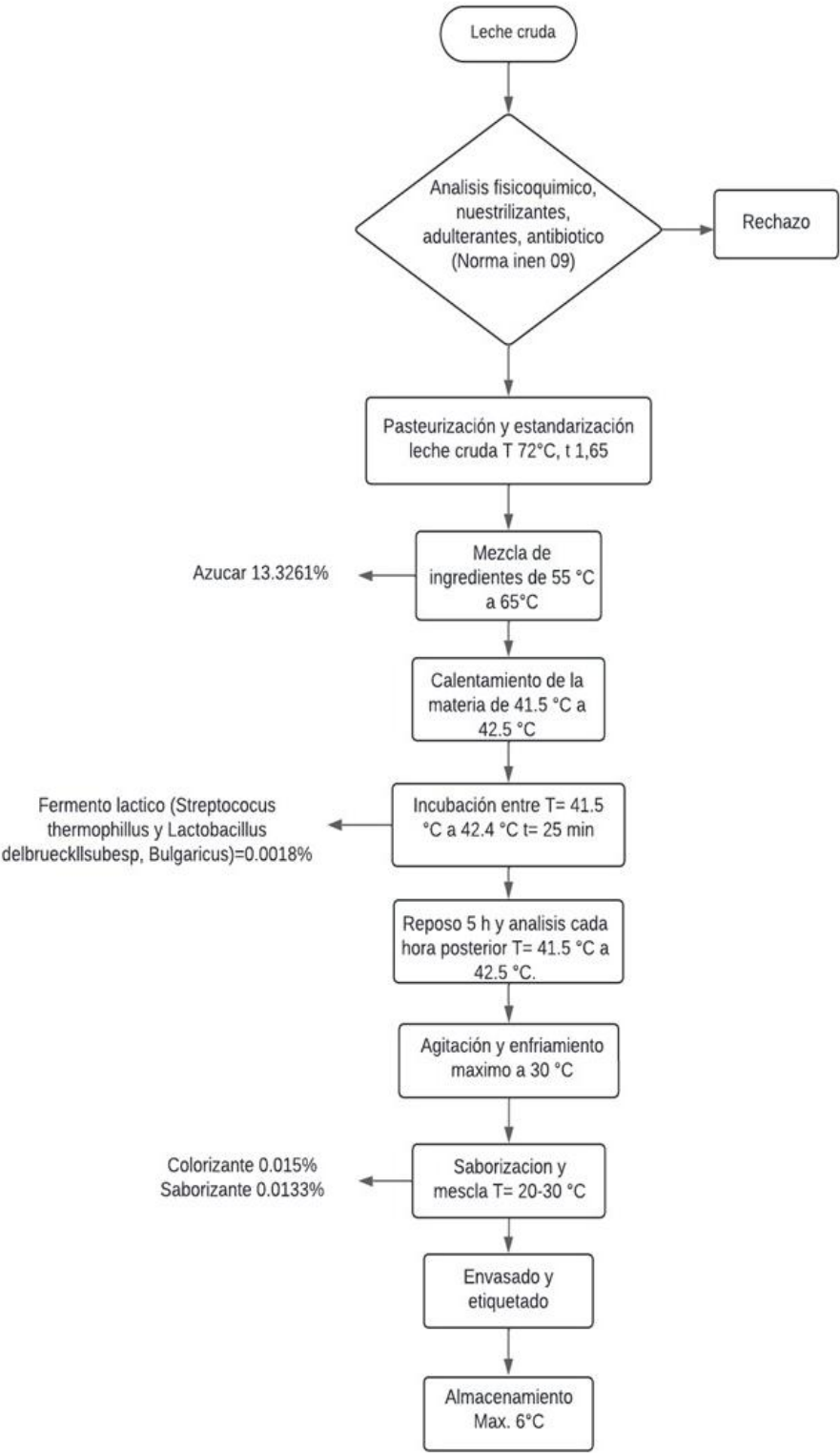


JORGE ERAZO N50-109 Y CRISTOBAL SANDOVAL - EL PINAR - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
(02) 330 0247, 330 0674, 095 885 0928, 099 428 8140 / informes@multianalityca.com

Desarrollado por MultySoft. Página 1/2

RFQ-7.8-01 / Edición RG: 12

Anexo 5. Diagrama de flujo para la elaboración de yogur de la empresa “Quesería de Mí Sin Ti”



Anexo 6. Resultados estadísticos: Diagramas de caja

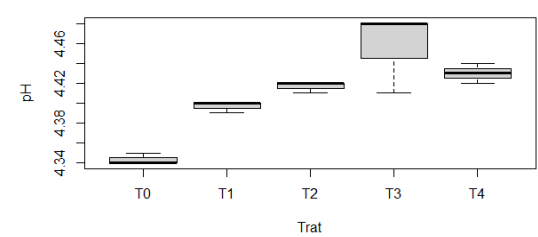


Figura 6. Boxplot pH

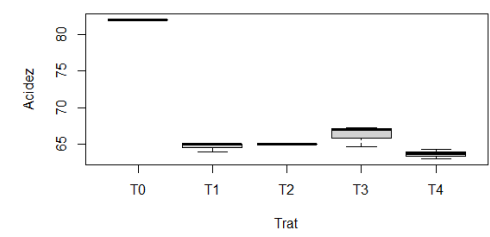


Figura 7. Boxplot acidez

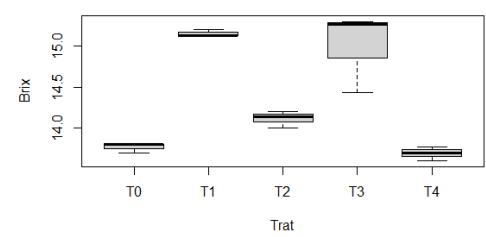


Figura 8. Boxplot brix

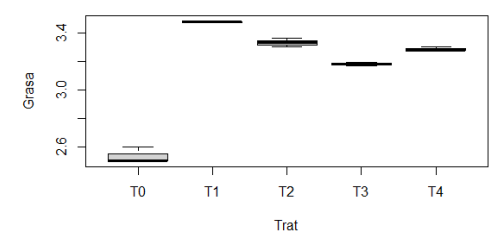


Figura 9. Boxplot grasa

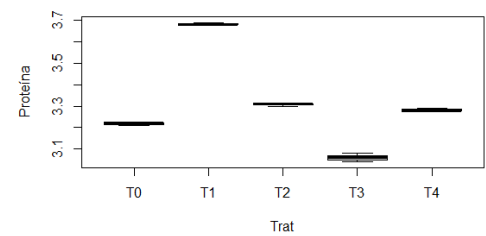


Figura 10. Boxplot proteína

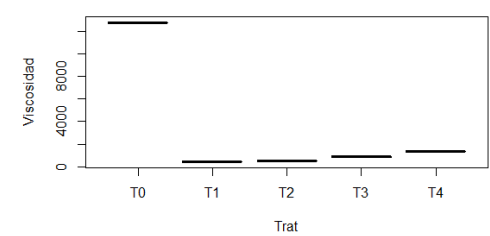


Figura 11. Boxplot viscosidad

Anexo 7. Desarrollo experimental

Análisis de materia prima



Figura 12. Análisis de calidad de la leche



Figura 13. Análisis de grasa de la leche



Figura 14. Análisis de pH de la leche



Figura 15. Análisis de aerobios mesófilos de la leche

Elaboración de yogur y análisis



Figura 16. Análisis de aerobios mesófilos de la leche



Figura 17. Análisis de aerobios mesófilos de la leche



Figura 18. Calentamiento



Figura 19. Pesado de azúcar



Figura 20. Pesado de estabilizante



Figura 21. Pesado de benzoato de sodio



Figura 22. Pesado de sorbato de potasio



Figura 23. Pesado de cultivo láctico



Figura 24. Incubación



Figura 25. Corte



Figura 26. Producto final (yogur)



Figura 27. Envasado



Figura 28.
Almacenamiento



Figura 29. Medición de acidez del yogur

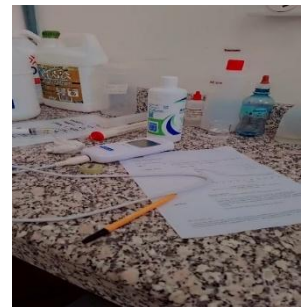


Figura 30. Medición de pH del yogur



Figura 31. Medición de ° brix del yogur



Figura 32. Resultado de recuento de *E. coli* del yogur



Figura 33. Resultado de coliformes totales del yogur



Figura 34. Resultados de mohos y levaduras del yogur

Análisis sensorial



Figura 35. Rotulado



Figura 36. Preparación de las muestras



Figura 37. Evaluación de parámetros sensorial fase 1 (T1, T2, T3, T4)



Figura 38. Evaluación de parámetros sensoriales fase 2 (T0, T4)