



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**ELABORACIÓN DE YOGUR BATIDO ADICIONANDO CUATRO
CONCENTRACIONES DE GEL DE SÁBILA (*Aloe barbadensis Miller*) Y
SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN
MICROBIANA**

**Tesis previa a la obtención del Título de:
Ingeniera Agroindustrial**

AUTORA: Trejo Ibujés Gabriela Jazmín

DIRECTOR: Ing. Marcelo Vacas

Ibarra – Ecuador

2014

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES**

ESCUELA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

**ELABORACIÓN DE YOGUR BATIDO ADICIONANDO CUATRO
CONCENTRACIONES DE GEL DE SÁBILA (*Aloe barbadensis Miller*) Y
SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN
MICROBIANA**

Tesis revisada por el Director, por lo cual se autoriza su presentación privada
como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

APROBADA

**Ing. Marcelo Vacas
Director**

**Dra. Lucia Yépez
Asesora**

**Ing. Jimmy Cuarán
Asesor**

**Ing. Carlos Paredes
Asesor**



Ibarra – Ecuador

2014



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
Cédula de identidad:	040144464 – 1		
Apellidos y nombres:	Trejo Ibujés Gabriela Jazmín		
Dirección:	Juan de Dios Morales y 31 de Octubre		
Email:	gabyjaz260@hotmail.com		
Teléfono fijo:		Teléfono móvil:	0969609879

DATOS DE LA OBRA	
Título:	“Elaboración de yogur batido adicionando cuatro concentraciones de gel de sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>) y su influencia en el crecimiento de la población microbiana”
Autora:	Trejo Ibujés Gabriela Jazmín
Fecha:	30 de Enero del 2014
Solo para trabajos de grado	
Programa:	Pregrado
Título por el que opta:	Ing. Agroindustrial
Director:	Ing. Marcelo Vacas

2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, **Gabriela Jazmín Trejo Ibujés**, con cédula de ciudadanía Nro.**04014446-1**, en calidad de autora y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizó a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

3. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 31 de Enero del 2014

LA AUTORA:



Gabriela Jazmín Trejo Ibujés

040144464 – 1



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, **Gabriela Jazmín Trejo Ibujés**, con cédula de ciudadanía Nro.**040144464 – 1**; manifiesto la voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autoras de la obra o trabajo de grado denominada **“ELABORACIÓN DE YOGUR BATIDO ADICIONANDO CUATRO CONCENTRACIONES DE GEL DE SÁBILA (*Aloe barbadensis Miller*) Y SU INFLUENCIA EN EL CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN MICROBIANA”** que ha sido desarrollada para optar por el título de **Ingeniera Agroindustrial** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En la condición de autora me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

trejopatj

Gabriela Jazmín Trejo Ibujés

040144464 – 1

Ibarra, 31 de Enero de 2014

DEDICATORIA

Dedicito de mi ser
Tu risa me llena la vida
Tierno y dulce es tu amor...

Mi niño adorado
Esto es por ti, hijo mío
Te amo mi pequeño Miguel Benjamín.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a mi padre celestial Jehová por guiarme y permitir este logro en mi vida.

A mis padres Rosa Ibujés y Bolívar Trejo por confiar en mí y ser incondicionales en todo sentido.

Ing. Marcelo Vacas gracias a usted por su valiosa y excelente orientación en la dirección de este trabajo.

Agradezco mucho a la Ing. Cecilia Cadena por sus conocimientos y experiencias compartidas, sus buenos consejos y el ánimo que me brindó.

A mi querida tía Piedad Ibujés, no hay algo tan valioso para poder pagarte todo lo buena que eres conmigo, gracias por estar a mi lado siempre.

De igual manera agradezco mucho a mi hermano Kristhian y mis primos Stefanía, Solange y David por su compañía y apoyo.

Gracias por su amistad, por escucharme y comprenderme Anabel, Martha y Juan, mil gracias por todos los momentos compartidos.

Muchas gracias a la Arq. Yanéla Terán por su afecto y amistad.

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que colaboraron conmigo en este proyecto, por su tiempo y esfuerzo para cumplir este gran anhelo.

GABRIELA

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema	1
1.2. Justificación e importancia.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Hipótesis.....	4
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	5
2.1. La Sábila.....	5
2.1.1. Origen y distribución geográfica.....	6
2.1.2. Componentes de la sábila (Aloe vera)	6
2.1.3. Estructura de la hoja de sábila (Aloe vera)	7
2.1.4. Composición química de la sábila (Aloe vera)	7
2.1.5. Fundamentos científicos sobre la sábila (Aloe vera)	9
2.1.6. Aplicaciones de la sábila (Aloe vera).....	9
2.1.7. La sábila (Aloe vera) como sustrato.....	10
2.1.8. Estabilización del gel de sábila (Aloe vera).....	10
2.1.9. La sábila (Aloe vera) como componente de alimentos funcionales.....	11
2.2. Leches fermentadas	11
2.2.1. Leche fermentada natural	12
2.3. El yogur.....	12
2.3.1. Definición.....	13
2.3.2. Yogur batido	13
2.3.3. Fermentación del yogur.....	13
2.3.4. Características de los microorganismos presentes en la fermentación ...	15
2.3.5. Requerimientos nutricionales de los microorganismos.....	16
2.3.6. Reproducción de las bacterias en el proceso de fermentación.....	17
2.3.7. Método de batido para el yogur	19
2.3.8. Valor nutritivo del yogur.....	19

2.3.9. Aspectos nutricionales del yogur	20
2.3.10. Evaluación del yogur.....	20
2.3.11. Vida útil del yogur en anaquel	22
2.3.12. Yogur con Aloe vera en el mercado.....	23
3. CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Materiales	24
3.1.1. Materia prima e insumos	24
3.1.2. Equipos y materiales	24
3.2. Métodos.....	25
3.2.1. Caracterización del área de estudio.....	25
3.2.2. Factores en estudio	26
3.2.3. Tratamientos en estudio	27
3.3. Diseño experimental.....	27
3.3.1. Tipo de diseño	27
3.3.2. Análisis funcional.....	27
3.3.3. Características del experimento	28
3.3.4. Características de la unidad experimental.....	28
3.3.5. Análisis estadístico.....	28
3.4. Variables evaluadas.....	29
3.4.1. Determinación de las variables evaluadas.....	30
3.5. Manejo del experimento.....	35
3.5.1. Diagrama de bloques: "Obtención de gel de Sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>) pasteurizado"	35
3.5.2. Diagrama operacional: "Obtención de gel de Sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>) pasteurizado"	36
3.5.3. Descripción del proceso de obtención de gel de sábila (<i>Aloe vera</i>)	37
3.5.4. Diagrama de bloques: "Elaboración de yogur batido con adición de cuatro concentraciones de gel de sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>)"	39
3.5.5. Diagrama operacional: "Elaboración de yogur batido con adición de cuatro concentraciones de gel de sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>)"	40
3.5.6. Descripción del proceso de elaboración de yogur.....	41

4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
4.1.	Análisis de la acidez para todos los tratamientos.....	51
4.2.	Análisis de pH para todos los tratamientos	54
4.3.	Análisis de la población microbiana durante el proceso de fermentación .	57
4.3.1.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T1	57
4.3.2.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T2	58
4.3.3.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T3	59
4.3.4.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T4	60
4.3.5.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T5	61
4.3.6.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T6	62
4.3.7.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T7	63
4.3.8.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T8	64
4.3.9.	Análisis del crecimiento de la población microbiana para T9	65
4.4.	Análisis del crecimiento microbiano para todos los tratamientos.....	66
4.5.	Análisis de la acidez en el producto terminado.....	69
4.6.	Análisis de la acidez del yogur a los 6 días del almacenamiento.....	74
4.7.	Análisis de la acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento.....	78
4.8.	Análisis de la acidez del yogur a los 16 días del almacenamiento.....	82
4.9.	Análisis de la acidez del yogur a los 21 días de almacenamiento.....	85
4.10.	Análisis de la sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento	89
4.11.	Análisis de la sinéresis del yogur a los 21 días de almacenamiento	93
4.12.	Análisis físico-químicos y microbiológicos del yogur.....	98
4.13.	Análisis de la lactosa con respecto al ácido láctico durante la fermentación del yogur para T7	100
4.14.	Análisis comparativo de la leche, gel de sábila y producto final	101
4.15.	Características organolépticas	103
4.15.1.	Valoración de las características organolépticas.....	104
4.16.	Balance de materiales para obtención de gel de Sábila (Aloe vera)	105
4.17.	Balance de materiales para los tres mejores tratamientos T2, T6 y T7..	106
4.17.1.	Balance de materiales tratamiento T2 (10% gel de sábila -previo a la pasteurización)	106

4.17.2. Balance de materiales tratamiento T6 (10% gel de sábila -posterior a la pasteurización)	107
4.17.3. Balance de materiales tratamiento T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización)	108
4.18. Costos de producción	109
5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
5.1. Conclusiones	110
Bibliografía citada.....	113

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1. La sábila (Aloe vera).....	5
Gráfico 2. Estructura de la hoja de sábila (Aloe vera)	7
Gráfico 3. Componentes del Aloe Vera	8
Gráfico 4. Curva de crecimiento de las bacterias.....	18
Gráfico 5. Variaciones de acidez durante la fermentación del yogur para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y el Testigo	52
Gráfico 6. Variaciones de acidez durante la fermentación del yogur para los tratamientos T5, T6, T7, T8 y el Testigo	52
Gráfico 7. Variaciones de pH durante la fermentación del yogur para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y el Testigo	55
Gráfico 8. Variaciones de pH durante la fermentación del yogur para los tratamientos T5, T6, T7, T8 y el Testigo	55
Gráfico 9. Curva de crecimiento de población microbiana para T1	57
Gráfico 10. Curva de crecimiento de población microbiana para T2	58
Gráfico 11. Curva de crecimiento de población microbiana para T3	59
Gráfico 12. Curva de crecimiento de población microbiana para T4	60
Gráfico 13. Curva de crecimiento de población microbiana para T5	61
Gráfico 14. Curva de crecimiento de población microbiana para T6	62
Gráfico 15. Curva de crecimiento de población microbiana para T7	63
Gráfico 16. Curva de crecimiento de población microbiana para T8	64

Gráfico 17. Curva de crecimiento de población microbiana para T9	65
Gráfico 18. Curvas de crecimiento de población microbiana durante la fermentación del yogur para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y el Testigo	67
Gráfico 19. Curvas de crecimiento de población microbiana durante la fermentación del yogur para los tratamientos T5, T6, T7, T8 y el Testigo	67
Gráfico 20. Interacción (A x B) para la variable acidez del producto terminado .	72
Gráfico 21. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del producto terminado.....	73
Gráfico 22. Interacción (A x B) para la variable acidez del yogur a los 6 días de almacenamiento.....	76
Gráfico 23. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del yogur a los 6 días de almacenamiento	77
Gráfico 24. Interacción (A x B) para la variable acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento.....	80
Gráfico 25. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento	81
Gráfico 26. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del yogur a los 16 días de almacenamiento	84
Gráfico 27. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del yogur a los 21 días del almacenamiento	87
Gráfico 28. Interacción (A x B) para la variable sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento.....	92
Gráfico 29. Comportamiento de los valores promedios de la sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento.....	92
Gráfico 30. Interacción (A x B) para la variable sinéresis del yogur a los 21 días de almacenamiento.....	96
Gráfico 31. Comportamiento de los valores promedios de la sinéresis del yogur a los 21 días de almacenamiento.....	97
Gráfico 32. Variaciones de lactosa y ácido láctico durante la fermentación del yogur para T7	100
Gráfico 33. Variaciones de acidez durante la fermentación para T1	118
Gráfico 34. Variaciones de acidez durante la fermentación para T2	118

Gráfico 35. Variaciones de acidez durante la fermentación para T3	119
Gráfico 36. Variaciones de acidez durante la fermentación para T4	119
Gráfico 37. Variaciones de acidez durante la fermentación para T5	120
Gráfico 38. Variaciones de acidez durante la fermentación para T6	120
Gráfico 39. Variaciones de acidez durante la fermentación para T7	121
Gráfico 40. Variaciones de acidez durante la fermentación para T8	121
Gráfico 41. Variaciones de acidez durante la fermentación para T9	122
Gráfico 42. Variaciones de pH durante la fermentación para T1	122
Gráfico 43. Variaciones de pH durante la fermentación para T2	123
Gráfico 44. Variaciones de pH durante la fermentación para T3	123
Gráfico 45. Variaciones de pH durante la fermentación para T4	124
Gráfico 46. Variaciones de pH durante la fermentación para T5	124
Gráfico 47. Variaciones de pH durante la fermentación para T6	125
Gráfico 48. Variaciones de pH durante la fermentación para T7	125
Gráfico 49. Variaciones de pH durante la fermentación para T8	126
Gráfico 50. Variaciones de pH durante la fermentación para T9	126

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Principales características de la fermentación.....	15
Cuadro 2. Información nutricional del yogur entero (100 g).....	19
Cuadro 3. Ubicación y datos climatológicos de la ciudad de Ibarra.....	26
Cuadro 4. Tratamientos en estudio.....	27
Cuadro 5. Esquema de Análisis de Varianza	28
Cuadro 6. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH, y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T1	48
Cuadro 7. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T2	48
Cuadro 8. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T3	49
Cuadro 9. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T4	49

Cuadro 10. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T5	49
Cuadro 11. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T6	50
Cuadro 12. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T7	50
Cuadro 13. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T8	50
Cuadro 14. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T9	51
Cuadro 15. Valores obtenidos de los resultados de acidez durante el proceso de fermentación para todos los tratamientos.....	51
Cuadro 16. Valores obtenidos de los resultados de pH durante el proceso de fermentación para todos los tratamientos.....	54
Cuadro 17. Valores obtenidos de los resultados de población microbiana durante el proceso de fermentación para todos los tratamientos.....	66
Cuadro 18. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del producto terminado.....	69
Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable acidez del producto terminado	69
Cuadro 20. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) en el producto terminado	70
Cuadro 21. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del producto terminado	71
Cuadro 22. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 6 días de almacenamiento	74
Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 6 días de almacenamiento.....	74
Cuadro 24. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 6 días de almacenamiento.....	75
Cuadro 25. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 6 días de almacenamiento.....	76

Cuadro 26. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 11 días de almacenamiento	78
Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento.....	78
Cuadro 28. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 11 días de almacenamiento	79
Cuadro 29. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% ácido láctico) del yogur a los 11 días de almacenamiento.....	80
Cuadro 30. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 16 días de almacenamiento	82
Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 16 días de almacenamiento.....	82
Cuadro 32. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 16 días de almacenamiento	83
Cuadro 33. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 16 días de almacenamiento.....	84
Cuadro 34. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 21 días de almacenamiento	85
Cuadro 35. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 21 días de almacenamiento.....	85
Cuadro 36. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez del yogur a los 21 días de almacenamiento.....	86
Cuadro 37. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 21 días de almacenamiento.....	87
Cuadro 38. Valores obtenidos de la sinéresis (ml) del yogur a los 15 días de almacenamiento.....	89
Cuadro 39. Análisis de varianza para la variable sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento.....	89

Cuadro 40. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable sinéresis (ml) a los 15 días de almacenamiento	90
Cuadro 41. Prueba DMS al 5% para el factor A (adición de gel de sábila) para la variable sinéresis (ml) a los 15 días de almacenamiento	91
Cuadro 42. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable sinéresis (ml) del yogur a los 15 días de almacenamiento.....	91
Cuadro 43. Valores obtenidos de la sinéresis (ml) del yogur a los 21 días de almacenamiento.....	93
Cuadro 44. Análisis de varianza para la variable sinéresis (ml) del yogur a los 21 días de almacenamiento	94
Cuadro 45. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable sinéresis (g/ml) a los 21 días de almacenamiento	95
Cuadro 46. Prueba DMS al 5% para el factor A (adición de gel de sábila) para la variable sinéresis (ml) a los 21 días de almacenamiento	95
Cuadro 47. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable sinéresis (ml) a los 21 días de almacenamiento.....	96
Cuadro 48. Resultados de los análisis físico - químicos y microbiológicos a los tres mejores tratamientos y el testigo	98
Cuadro 49. Valores obtenidos de los resultados del porcentaje de ácido láctico y lactosa durante la fermentación del yogur para T7	100
Cuadro 50. Valores obtenidos de los resultados de sólidos totales, proteína, grasa y viscosidad de la leche, gel de sábila y producto final	101
Cuadro 51. Resumen de significación para variables organolépticas	104
Cuadro 52. Resumen de costos de los tres mejores tratamientos.....	109

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1. Gráficos de las variaciones de acidez para cada tratamiento durante la fermentación.....	118
ANEXO 2. Gráficos de las variaciones de pH para cada tratamiento durante la fermentación.....	122
ANEXO 3. Hojas de encuesta: Guía instructiva para la evaluación sensorial y aceptabilidad del “Yogur batido con adición de gel de sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>)”.....	127
ANEXO 4. Resultados de la evaluación sensorial y aceptabilidad del “Yogur batido con adición de gel de sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>)”	129
ANEXO 5. Costos de producción para el tratamiento T2: (5% de gel de sábila - previo a la pasteurización)	131
ANEXO 6. Costos de producción para el tratamiento T6: (10% gel de sábila – posterior a la pasteurización)	132
ANEXO 7. Costos de producción para el tratamiento T7: (15% gel de sábila - posterior a la pasteurización)	132
ANEXO 8. Resultados de los análisis de recuento de la población microbiana durante el proceso de fermentación.....	133
ANEXO 9. Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del producto terminado	134
ANEXO 11. Resultados de los análisis de viscosidad, proteína y sólidos totales en el gel de sábila (<i>Aloe barbadensis Miller</i>)	136
ANEXO 12. Ficha Técnica Fermento para yogur DRI-SET 438	137
ANEXO 13. Fotografías.....	138
ANEXO 14. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2385:2011 Leches fermentadas. Requisitos	143

RESUMEN

La sábila (*Aloe barbadensis Miller*) conocida y apreciada por sus beneficios al presentar en su composición: aminoácidos, vitaminas, enzimas y minerales; los cuales hacen que este vegetal sea una alternativa para la prevención y tratamiento de ciertas enfermedades, fue añadida a un producto lácteo de consumo general como es el yogur, principalmente para probar su influencia sobre el crecimiento microbiano en la elaboración de este producto; de igual manera logrando un alimento que posea buenas características nutricionales y en consecuencia sus efectos al consumirlo sean favorecedores. Otro aspecto importante es la utilización de esta planta, que es nativa de los valles de la provincia de Imbabura, con la finalidad de innovar productos que promuevan su consumo y generar un valor agregado de la misma.

Esta investigación plantea elaborar yogur batido adicionando diferentes concentraciones de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) y su influencia en el crecimiento de la población microbiana. Entre los objetivos específicos se estableció el proceso de elaboración de yogur batido utilizando como insumo gel de sábila en porcentajes de (0%, 5%, 10%, 15% y 20%) con respecto a la materia prima; de igual manera se evaluó el momento adecuado de adición del gel, se determinó la población microbiana en todos los tratamientos durante la fermentación para de esta manera establecer los tres mejores, a los cuales se sometió a análisis de: grasa, sólidos totales y proteínas, en cuanto a su composición nutricional; también se realizó análisis físico-químicos y microbiológicos. Además se evaluó la calidad organoléptica del producto.

Este estudio tuvo lugar en la Provincia de Imbabura, Cantón Ibarra, Parroquia El Sagrario. En las Unidades Eduproductivas, Área de procesamiento de lácteos, los análisis físicos-químicos y microbiológicos se efectuaron en el laboratorio de usos múltiples de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales de la Universidad Técnica del Norte.

Para el análisis estadístico se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial $A \times B + 1$, con tres repeticiones, nueve tratamientos, veinte y siete unidades experimentales. Los factores en estudio fueron: factor A: momento de adición de gel de sábila, consta de dos niveles; A1 (previo al proceso de pasteurización) y A2 (posterior al proceso de pasteurización); factor B: porcentaje de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), consta de cuatro niveles B1 (5% de gel de sábila), B2 (10% de gel de sábila), B3(15% de gel de sábila) y B4 (20% de gel de sábila), con relación a la materia prima que es la leche vacuna. El testigo fue el yogur natural sin adición de gel de sábila. Se efectuó el análisis estadístico para las variables cuantitativas en el producto terminado: acidez y sinéresis. Se evaluó mediante un análisis de varianza, prueba de Tukey al 5%, DMS para cada una de las variables expuestas.

Se comprobó la influencia del gel de sábila sobre la reproducción de los microorganismos, al evidenciar mayor población de estos en los tratamientos tratados con este insumo.

Se establece que el mejor tratamiento es el T7: (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), al comprobar que este posee una mayor población microbiana y mejor contenido de sólidos totales, proteína y grasa; estos componentes se aprecian para decir que es un producto de excelente calidad en lo que se refiere a sus propiedades nutricionales.

SUMMARY

Aloe Vera (*Aloe barbadensis Miller*) is known and appreciated for the benefits composition: amino acids, vitamins, enzymes and minerals, which make this plant an alternative for the prevention and treatment of certain diseases. It has been to general consumer dairy products such as yogurt, resulting in a food possessing good nutrition. Accordingly, the effects of consuming this food are favorable. Another important aspect is the use of this plant, which is native to the valleys of the Imbabura province, to innovate products that promote consumption and generate added value.

This research enhances stirred yogurt by adding different concentrations of Aloe Vera gel (*Aloe barbadensis Miller*) and determining their influence on the growth of the microbial population. Specific objectives were established starting the process with a yoghurt smoothie, and using as an additive Aloe gel percentages (0%, 5%, 10%, 15% and 20%) compared to the raw material in. The same way we determined the timing of the addition of the gel. The microbial population was determined during fermentation on all treatments to thereby determine the three best, which was subjected to analysis of: fat, protein and total solids, in their nutritional composition; also physical-chemical and microbiological analysis was performed. It also the organoleptic quality of the product was evaluated.

This study took place in the Imbabura Province, Ibarra Canton, “Parroquia El Sagrario” in. Eduproductivas units, in the dairy processing area. The physical-chemical analysis and microbiological laboratory were done in the multipurpose Engineering Agricultural and Environmental Faculty Sciences of the “Técnica Del Norte University”.

For statistical analysis of this study, we used a completely randomized design with factorial arrangement $A \times B + 1$, with three replications, nine treatments, and twenty-seven experimental units. The factors studied were: Factor A: time of the addition of the Aloe Vera gel witch, consists of two levels: A1 (prior to the

pasteurization process) and A2 (after pasteurization), and factor B: percentage of Aloe Vera gel (*Aloe barbadensis Miller*), has four levels B1 (5% Aloe Vera gel), B2 (10% Aloe Vera gel), B3 (15% Aloe Vera gel) and B4 (20% Aloe Vera gel), in relation to the raw material which is cow's milk. The control was natural yogurt without added Aloe Vera gel. Statistical analysis was performed for quantitative variables in the finished product: acidity and syneresis. It was assessed using an analysis of variance, Tukey 5% DMS for each of the variables displayed.

A comparison was made with Aloe Vera with regard to the reproduction of microorganisms, when larger populations were noted in the Aloe Vera.

It states that the best treatment is T7: 85% of raw material (milk) and 15% aloe Vera gel (*Aloe barbadensis Miller*). This has better total solids, protein, fat, and lactobacilli population. These components are appreciated as a high quality product in terms of its nutritional properties.

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

La sábila es un recurso natural propio de la provincia de Imbabura, sin embargo no es aprovechado a pesar de ser una buena fuente de características nutricionales, posee aminoácidos, vitaminas, enzimas y minerales.

Los microorganismos que se desarrollan durante la fermentación del yogur, necesitan cubrir sus requerimientos nutritivos para mejor crecimiento de su población, la leche en su composición cuenta con dichas exigencias, pero al mismo tiempo esta materia prima pierde parte importante de sus componentes por factores de índole físico-químico o microbiológico (temperatura, acidez, pH y otros), es preciso entonces la adición de un insumo que proporcione los nutrimentos que podrían ser útiles para mejor desarrollo de la flora microbiana. El gel de sábila contiene vitaminas, minerales y aminoácidos los cuales pueden intervenir factiblemente durante el proceso de fermentación.

En los estantes de supermercados y tiendas locales se ofrecen productos con Aloe vera tales como: productos de aseo personal, desinfectantes, cosméticos, entre otros; los cuales ofertan las bondades de esta planta. Desde esta perspectiva surge el propósito de conseguir un mejor aprovechamiento de las propiedades de la sábila si se agrega este insumo a un producto comestible como es el yogur.

1.2. Justificación e importancia

El desarrollo del proyecto se justifica debido a que el Aloe Vera (Sábila) posee valores nutricionales (vitaminas, minerales y aminoácidos) estos componentes pueden interactuar con los nutrimentos que contiene la leche durante el proceso de fermentación del yogur.

Con la adición del gel de sábila se pretende optimizar las condiciones de fermentación, al mejorar los nutrientes de la leche para la producción de este alimento fermentado. Este fenómeno de fermentación surge por acción de los estreptococos y lactobacilos. La sábila al poseer nutrientes puede influir en el crecimiento de dichos microorganismos.

La investigación científica que se ha llevado a cabo en las últimas décadas respecto a los beneficios de determinadas Liliáceas, principalmente la sábila, ha demostrado el papel que juegan ciertos componentes de la misma en diferentes áreas de la industria. Esta situación representa una oportunidad de abrir nuevas líneas de productos, para el sector agroindustrial con importante valor agregado.

Por los aspectos mencionados anteriormente se ha concluido realizar un proyecto, el cual está destinado a la elaboración de yogur batido aplicando gel de sábila y a la vez innovando este tipo de alimentos industrializando la conocida penca, presentando así un producto novedoso y considerándose una alternativa para la agroindustria, fundamentándose en investigación sobre la sábila y sus propiedades interesantes.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Elaborar yogur batido adicionando cuatro concentraciones de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) y su influencia en el crecimiento de la población microbiana.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la población microbiana durante el proceso de fermentación.
- Establecer el proceso de elaboración de yogur batido utilizando como insumo gel de sábila en porcentajes de (0%, 5%, 10%, 15% y 20%) respectivamente en cada tratamiento.
- Evaluar la adición del gel de sábila antes y después de la pasteurización de la leche.
- Obtener información nutricional y evaluar la calidad del producto elaborado mediante análisis sensorial, físico químico (grasa total, sólidos totales, proteína, acidez, sinéresis y viscosidad) y microbiológico (coliformes totales).
- Estudiar la vida útil del yogur con sábila (*Aloe barbadensis Miller*) en anaquel.

1.4. Hipótesis

Hipótesis alternativa

La adición del gel de sábila en la elaboración del yogur batido influye en el crecimiento de la población microbiana.

Hipótesis nula

La adición del gel de sábila en la elaboración del yogur batido no influye en el crecimiento de la población microbiana.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. La Sábila

La sábila ha sido conservada y atesorada desde tiempos de Aristóteles, una planta curativa con propiedades asombrosas. (Renault y Sperone, 2005).

El género Aloe, que Reynolds fue el primero en describir, aceptaba la existencia de 314 especies, actualmente se sabe de 360 especies. Hay cuatro especies que cuentan con propiedades eficaces; aunque se ha generado un interés particular en la especie (*Aloe barbadensis Miller*) al ser la más conocida y que posee mayores nutrientes, siendo esta la que es utilizada para este proyecto.



Gráfico 1. La sábila (Aloe vera)

El Aloe es una planta fanerógama de la familia de las liliáceas y subfamilia de las Aloínas junto con el ajo, cebolla, etc. (Linaje y De la Fuente, 2008).

La sábila contiene 13 minerales, aporta 20 de los 22 aminoácidos conocidos. También contiene enzimas naturales que ayudan a realizar la reacción química de minerales y hormonas. (García, et al. 2009).

2.1.1. Origen y distribución geográfica

Aloe vera (sábila) es una planta suculenta semi-tropical originalmente del norte de África. Se parece a una planta del desierto. Es una de las plantas más antiguas y populares conocidas por el hombre. (Edward, 2010).

Actualmente se cultiva en Sudáfrica, EEUU, México, Bolivia, Ecuador, Perú, Venezuela y Puerto Rico; es cultivada prácticamente en todo el mundo por sus propiedades medicinales y como ornamental. En la provincia de Imbabura, el Aloe Vera no tiene un sistema de cultivo apropiado, sin embargo por las condiciones de clima, tipo de suelo entre otros factores, favorecen al crecimiento y propagación de esta planta, en forma natural.

2.1.2. Componentes de la sábila (Aloe vera)

Del Aloe se obtienen básicamente dos productos de interés: el Aloe o acíbar y el gel. Ambos se consiguen a partir de las hojas, pero son muy distintos.

- **Acíbar**
El acíbar se obtiene a partir del exudado de incisiones de la hoja de Aloe vera. Es un jugo de color marrón oscuro, gusto amargo y nauseabundo y olor característico desagradable. Se utiliza principalmente como laxante, acción que le confieren los derivados hidroxiantraquinónicos.
- **Gel de Aloe vera**
El gel de Aloe vera se obtiene exclusivamente de la fracción mucilaginosa del parénquima o pulpa de las hojas de sábila. Es un jugo pegajoso, transparente e insípido que contiene mayoritariamente agua y abundantes polisacáridos, como: glucomananos, y mananos acetilados. Entre ellos, sobresalen como componentes activos importantes el acemanano, constituido por glucosa, galactosa, manosa y arabinosa. (Saunders, et al. 2010).

2.1.3. Estructura de la hoja de sábila (Aloe vera)

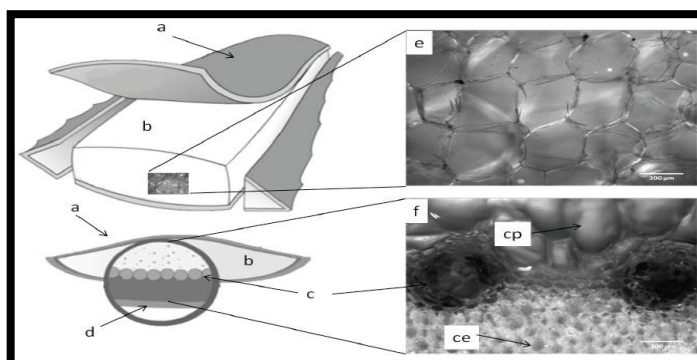


Gráfico 2. Estructura de la hoja de sábila (Aloe vera)

Estructura y micro-estructura de la hoja de Aloe vera: exocarpio (a), pulpa o tejido parenquimático (b), conductos de aloína (c), cutícula (d), células del parénquima (e) y de un corte seccional de la hoja de Aloe vera (f) donde se observan con gran detalle células internas del exocarpio (ce), células del parénquima (cp) y conductos de aloína (c). (Domínguez, et al. 2009).

2.1.4. Composición química de la sábila (Aloe vera)

La Ciencia le ha identificado al Aloe vera de 70 a 80 componentes activos, entre los que hay vitaminas, minerales, aminoácidos, enzimas y proteínas. (Barcroft, 2010).

Igualmente, el gel de Aloe contiene más de 160 elementos diferentes entre los que encontramos monosacáridos y polisacáridos; enzimas (oxidasa, amilasa, catalasa); más de 20 minerales (calcio, magnesio, cobre, sodio, hierro, potasio, zinc); 18 de los 22 aminoácidos que se hallan presentes en el organismo humano, y siete de los ocho esenciales; y vitaminas sobre todo del grupo B. (Hernández, 2006).

La planta de Aloe vera está constituida por una mezcla compleja de compuestos como se muestra en la Tabla y más de 20 de estas sustancias poseen actividades metabólicas. (Domínguez, et al. 2009).

Tabla Componentes químicos de la planta de <i>Aloe vera</i> (barbadensis Miller) (Dagne y col., 2000; Choi y Chung, 2003; Ni y col., 2004; Hamman, 2008).	
Composición	Compuestos
Antraquinonas	Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloína, ácido crisofánico, emodina, alo-emodin, éster de ácido cinámico, aloína, isobarbaloína, antraceno, resistanol.
Vitaminas	Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B2, vitamina C, vitamina B3, vitamina E, vitamina B6, beta-caroteno.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo.
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructuosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.
Enzimas	Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinas, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.
Lípidos y compuestos orgánicos	Esteroides (campesterol, colesterol, β -sitoesterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina, triterpenos.
Aminoácidos	Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina.

Gráfico 3. Componentes del Aloe Vera

Como también indica Quezada (2004), entre los componentes de la sábila que se encuentran en mayor proporción están nutrientes como: calcio 458 ppm, potasio 797 ppm, sodio 84,4 ppm, magnesio 60,8 ppm, y fósforo 20,1 ppm; aminoácidos: ácido Glutámico 52 ppm, Serina 45 ppm, ácido Aspártico 43 ppm, Lisina 37 ppm, Treonina 31 ppm, Alanina 28 ppm, Leucina 20 ppm, Histidina 18 ppm, Isoleucina, Fenilalanina, Prolina, Valina, Metionina, Arginina, Tirosina 14 ppm cada uno; y proteína 0,10%.

Un 99,4% del peso del gel de Aloe vera es agua. Más del 60% de los sólidos totales son polisacáridos mucilaginosos ligados a azúcares. El mucílago está compuesto de diferentes polisacáridos neutros, ácidos y acetilados, los restantes sólidos que componen el gel de Aloe vera, son sales orgánicas, enzimas, vitaminas. (Gampel, 2010).

2.1.5. Fundamentos científicos sobre la sábila (Aloe vera)

Las investigaciones internacionales con valor científico, junto con la severa aplicación de las leyes de la FDA (Agencia de alimentos y medicamentos - Estados Unidos), ayudan a la industria del Aloe a que obtenga y conserve la credibilidad y a hacer nuevos descubrimientos sobre sus aplicaciones eficaces.

El Aloe se mueve en una dirección nueva que exige el respeto e interés de los científicos de todo el mundo. Las aplicaciones se van definiendo con más claridad a medida que los investigadores identifican nuevos tratamientos. (Gage, 1998).

Según explica Prat, L. en su obra “El gran libro del Aloe Vera”: La ciencia se esfuerza en clasificar y estudiar todos sus componentes para ver cuál es el más efectivo en determinados tratamientos, pero parece ser que es la sinergia de todos ellos la que le otorga la condición de planta curativa única y excepcional. Desde 1941 Rowe, T. efectuó el primer análisis detallado de los componentes del Aloe, la búsqueda del “principio activo”, supuestamente oculto en algún lugar de la completa estructura química de la planta, no ha dejado de obsesionar a los investigadores. Mientras tanto, en sus declaraciones todos han manifestado que las cualidades curativas del Aloe se deben a la acción sinérgica de sus múltiples componentes, no a un elemento en particular. (Neil, 2006).

2.1.6. Aplicaciones de la sábila (Aloe vera)

Actualmente se conocen muchísimas aplicaciones de la sábila: como regenerador celular y por lo tanto actúa en múltiples afecciones, es útil para remediar desórdenes estomacales como acidez, gastritis, entre otras. Tiene participación relevante en la industria de alimentos con beneficios para la salud así como de alimentos funcionales. Se utiliza principalmente el jugo bebible puro de Aloe para alimentación saludable, y como refrescante. A la vez, se utiliza en preparaciones de productos dietéticos y light. (Linaje y De la Fuente, 2002).

En lo concerniente a la industria de alimentos se usa el gel de sábila esencialmente en la formulación de bebidas para la salud, por lo que es considerada como materia prima fundamental para la elaboración de "alimentos funcionales" que hoy en día están en auge y se comprometen a satisfacer necesidades nutricionales. También se utiliza el Aloe Vera para la manufactura del yogur y otras bebidas.

2.1.7. La sábila (Aloe vera) como sustrato

Investigadores sobre este aspecto concluyen: La caracterización físico-química de la sábila como sustrato en base a las características xerofíticas de la planta y estudios bromatológicos de la pulpa, son sublimes por su grado de humedad y cantidad de componentes presentes en ella, como 17 aminoácidos comunes, del contenido proteico total el 20% corresponde a arginina. Debido a su composición nutricional la pulpa de Aloe vera es un alimento vegetal factible de promover el crecimiento de los agentes probióticos. (Spoerke, et al. 2000).

El jugo de Aloe vera es un sustrato vegetal que puede ser utilizado como medio de propagación in vitro para especies probióticas. Los resultados obtenidos sugieren que es posible el desarrollo de una bebida fermentada de Aloe vera con bacterias lácticas que pudiera servir como auxiliar de restablecimiento de la flora intestinal durante el tratamiento de enfermedades afines. (Contreras, et al. 2007).

2.1.8. Estabilización del gel de sábila (Aloe vera)

El gel de Aloe se oxida y descompone rápidamente, perdiendo gran parte de sus propiedades. Algunas investigaciones concluyen: cuando se calienta el gel a 75°C durante 5 minutos, su actividad biológica permanece intacta y permite conservar las propiedades del gel, ya que altas temperaturas durante largos periodos de tiempo puede reducir dicho nivel de actividad. Al finalizar este proceso, se obtiene un producto semi-elaborado: el gel estabilizado, que puede ser destinado al consumo y utilizado como ingrediente de productos posteriores. (Moreno, et al. 2012).

- Aspectos importantes sobre la estabilización del gel de sábila:
 - ✓ El Aloe en fresco se degrada cuando se expone al aire, por lo tanto este sufre oxidación, presentando al poco tiempo un color amarillo oscuro.
 - ✓ Pasteurización con temperatura mayor a 85 °C, el calor destruye enzimas y cambia la estructura de la proteína del producto. (Smoother, 2005).
 - ✓ Se presentan excelentes características en cuanto a sus componentes y conteo bacteriológico sometiendo el gel a tiempo no mayor a 5 minutos y temperaturas bajas de 100 °C. (Howard, 2007).
 - ✓ Altas temperaturas de pasteurización se manifiestan afectados el color, la viscosidad y el equilibrio del pH.
 - ✓ Sometiendo el gel a 35°C se corre el riesgo de no eliminar significativamente bacterias patógenas.

2.1.9. La sábila (Aloe vera) como componente de alimentos funcionales

En la industria alimentaria, la sábila se ha utilizado en productos como, leche, helados, yogur y confitería, el jugo de sábila ha sido utilizado como alimento funcional. (Domínguez, 2008).

Por las investigaciones científicas sobre la composición del Aloe vera, donde se demuestra que posee características y propiedades específicas, beneficiosas para la salud, el Aloe vera puede ser considerado como materia prima o ingrediente principal en la elaboración de alimentos funcionales. Consecuentemente, el Aloe vera se convierte en una excelente fuente para el desarrollo y comercialización de nuevos productos para la Agroindustria. (Vega, et al. 2005).

2.2. Leches fermentadas

Este nombre engloba una serie de productos que se obtienen utilizando leche como materia prima, a la cual se le inoculan una serie de microorganismos específicos que fermentan la leche produciendo toda una serie de modificaciones que caracterizan el producto final. En este proceso parte de la lactosa es

transformada en ácido láctico, por lo que estos productos se les denominan leches fermentadas. En este proceso también se produce anhídrido carbónico, ácido acético, acetaldehído, diacetilo y otros compuestos que confieren a cada uno de los productos sus características organolépticas específicas. (Gil, 2010).

2.2.1. Leche fermentada natural

Es el producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, elaborado a partir de la leche por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoelectrica). Estos cultivos de microorganismos serán viables. Comprende todos los productos naturales, incluida la leche fermentada líquida, la leche acidificada y la leche cultivada y al yogur natural, sin aromas ni colorantes. (NTE INEN 2395, 2011).

2.3. El yogur

Es un alimento suave, viscoso y de sabor propio, estructura proteica o gel débil, características que son desarrolladas durante la fermentación de la leche por bacterias ácido lácticas. Este producto lácteo es probablemente originario del Medio Oriente, existe una creencia mundial acerca de sus efectos benéficos en la salud y nutrición humana. (Tamine y Robinson, 1991).

Es un alimento que es obtenido mediante un proceso de fermentación. Técnicamente el yogur es el producto que resulta de la acción fermentadora simultánea de dos tipos de bacterias, *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, sobre el azúcar de la leche (lactosa). (Chemikalien, 2006).

El yogur es así un alimento ácido que, microbiológicamente hablando, resulta un concentrado de células vivas de las dos bacterias lácticas *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. (ERFCL-FAO, 2006).

2.3.1. Definición

La Norma NTE INEN 2395:2006 define al yogur: Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias ácido lácticas que por su actividad le confieren las características al producto terminado, estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto.

2.3.2. Yogur batido

Es un tipo de yogur que antes de ser envasado se bate, por lo que queda más cremosa su consistencia, con el fin de que su utilización pueda hacerse de forma bebible directamente del envase, facilitando su empleo. Es una alternativa en cuanto a leches fermentadas, cada vez más popular y demandada.

La estructura del gel es formada mediante la incubación y desintegrada en los procesos posteriores para producir un yogur semiviscoso. (Valderrama, et al. 2001).

El yogur batido una vez roto y agitado el coagulo debe obtenerse un producto de consistencia cremosa y uniforme, al cual se puede añadir saborizantes, colorantes y/o frutas. (García, et al. 2004).

2.3.3. Fermentación del yogur

Los microorganismos encargados de convertir la leche en yogur (*streptococcus thermophilus* y *lactobacillus bulgaricus*) son bacterias Gram positivas, y producen ácido láctico como metabolito principal (son homofermentativas). *L. bulgaricus* es capaz de fermentar bfructosa, galactosa, glucosa y lactosa, mientras *S. thermophilus* puede fermentar glucosa, fructosa, lactosa y sacarosa.

Ambos microorganismos tienen requerimientos nutricionales complejos; utilizan la lactosa como fuente de energía y la transforman en ácido láctico. Además durante el metabolismo de los microorganismos, se producen algunos metabolitos que son los responsables del aroma característico del yogur, entre ellos: acetaldehído, diacetilo y acetoina. También, se obtienen ácidos volátiles, como: fórmico, acético, propiónico, butírico y caproico, los cuales junto con los metabolitos mencionados originan el aroma característico.

Durante la fermentación, la proporción entre estos dos microorganismos va variando, especialmente los estreptococos crecen más de prisa debido a que los lactobacilos sintetizan factores de crecimiento, y también probablemente como consecuencia de la adición de compuestos con el inóculo. Después su desarrollo se hace más lento por el efecto del ácido producido. Los lactobacilos siguen su curso de crecimiento a medida del tiempo transcurrido y las características nutritivas que se sirven en su medio de cultivo, alcanzando niveles de acidez altos a los cuales son resistentes. (Romero del Castillo y Mestres, 2004).

La acidez aumenta durante la fermentación, por la producción de ácido láctico, efecto positivo para la inhibición de los microorganismos que no crecen en ambientes tan ácidos, como la Salmonella y otros. El ácido láctico es el que provoca el descenso del pH, responsable de la coagulación de la leche. La coagulación se produce a causa de la estabilidad de las caseínas. Al pH de la leche fresca, las caseínas tienen carga negativa y se repelen. En la acidificación de la leche, los iones hidrógeno del ácido son absorbidos por las caseínas, por lo que la carga negativa va disminuyendo y así también la repulsión entre ellas. La coagulación empieza cuando la repulsión ha disminuido. A un pH de 4,5 las caseínas son eléctricamente neutras y completamente insolubles, para llegar a este punto es favorable la acción del aminoácido prolina. Este nivel de pH se conoce como punto isoeléctrico de la caseína. Su efecto en el yogur es que una vez ocurrida le confiere su consistencia semisólida. (Longo y Bauman, 2007).

Cuadro 1. Principales características de la fermentación

Agentes de la fermentación	<i>streptococcus thermophilus</i> y <i>lactobacillus bulgaricus</i>
Productos de la fermentación	ácido láctico, acetaldehído, diacetilo y acetoina
Objetivos de la fermentación	Formación del gel por aumento de acidez y descenso de pH. Sabor ácido, consistencia y formación de componentes del aroma.

Fuente: Collazos (2005).

2.3.4. Características de los microorganismos presentes en la fermentación

Los microorganismos que actúan en la producción del yogur son las bacterias lácticas *streptococcus thermophilus* y *lactobacillus bulgaricus*.

- ***Streptococcus thermophilus***

Se presenta en forma de células esféricas u ovoides unidas en parejas de largas cadenas. Es homofermentativa, produce 0,7% a 0,8% de ácido láctico, son capaces de producir polisacáridos que forman un mucílago, lo cual aporta a la viscosidad del yogur, no produce amoníaco a partir de la arginina, la mayoría de aminoácidos son consumidos durante la fase de crecimiento logarítmico. Es una bacteria termófila, su temperatura óptima de crecimiento es de 40 a 45°C.

- ***Lactobacillus Bulgaricus***

Tiene forma de bacilos alargados. Es homofermentativa, produce aproximadamente 2,7% de ácido láctico, además pequeñas cantidades de otros productos: ácidos grasos volátiles, acético, propiónico, butírico, isovalérico, caproico y cáprico, además produce acetoina, acetaldehído. Es una bacteria termófila, su temperatura óptima de crecimiento es de 40 a 43 °C. Dan lugar al ácido láctico como producto principal de fermentación de los azúcares. Presentan una actividad superior a la de *S. thermophilus*, cuanto mayor es la población de bacilos en el cultivo, mayor es la concentración de aminoácidos en el yogur, el contenido en aminoácidos sería reflejo de la prolongación de la actividad metabólica del cultivo. (Castillo y Mestres, 2004).

Cuando las bacterias del yogur se desarrollan conjuntamente en la leche, la producción de ácido láctico es mucho más rápida que si se desarrollan cada uno por separado, esta intervención conjunta se denomina simbiosis. El mecanismo es el siguiente: Los lactobacilos poseen una actividad proteolítica moderada, liberan péptidos pequeños y aminoácidos, principalmente valina, que favorecen el crecimiento de los estreptococos, esto a su vez produce ácido fórmico a partir de ácido pirúvico en condiciones anaerobias y CO₂. Ambas sustancias son necesarias para el desarrollo de los lactobacilos. Como resultado de la mutua cooperación durante el crecimiento de estas dos bacterias, la producción de ácido láctico es mucho más rápida. (Romero del Castillo y Mestres, 2004).

2.3.5. Requerimientos nutricionales de los microorganismos

Los *S. thermophilus* y *L. bulgaricus* pueden provocar durante la fermentación, la liberación de aminoácidos lo cual resulta esencial para el crecimiento de los mismos. Los aminoácidos contribuyen al desarrollo de los microorganismos, actúan como precursores de multitud de reacciones que conducen a la formación de compuestos responsables del mismo. Las cantidades consumidas de los nutrientes dependen de la proporción del inóculo, el enriquecimiento de la materia prima y las condiciones de fermentación. (Estrada, 2009).

Varias investigaciones han establecido que además de la valina, el *S. thermophilus* y *Lactobacillus b.* requieren otros aminoácidos, se requería la presencia de leucina, lisina, cisteína, ácido aspártico, glicina, isoleucina, tirosina, ácido glutámico, metionina, histidina y valina; ya que debido al tipo de alimento que digiere el ganado, la leche era deficitaria en esos aminoácidos, siendo el aminoácido más importante para el crecimiento microbiano la valina. (Romero del Castillo y Mestres, 2004).

Las necesidades nutritivas de los microorganismos son complejas, la mayor parte de las cepas no puede cultivarse en medios nutritivos ordinarios, a menos que se enriquezcan con otras sustancias. Las insuficiencias individuales de aminoácidos

para el desarrollo de estos microorganismos varían, en general se requiere piridoxina, tiamina, riboflavina, ácido fólico y ácido nicotínico, variando las necesidades para cada microorganismo. (Spreer y Sutherland, 1991).

Las proteínas desempeñan un importante papel en la formación del coágulo y por tanto la consistencia y viscosidad del producto es directamente proporcional a la concentración de proteína. (Tamine y Robinson, 1991).

Las vitaminas cuya concentración aumenta durante el proceso de elaboración del yogur son la niacina y el ácido fólico, como consecuencia de una activa síntesis de las mismas por los cultivos, algunas especies del género *Lactobacillus* sintetiza vitamina B12. (Estrada, 2009).

Si la acidificación se desarrolla progresivamente en el medio, se forma un coágulo homogéneo a causa de la fermentación. (Alais, 1996).

2.3.6. Reproducción de las bacterias en el proceso de fermentación

La formación del gel es el efecto de las modificaciones físicas y químicas de la leche: los microorganismos metabolizan la lactosa para cubrir sus necesidades energéticas, formando ácido láctico y otros. La producción de ácido láctico comienza a desestabilizar las caseína-proteínas del lacto suero desnaturalizadas, por solubilización del fosfato cálcico y citratos. Las micelas de caseína se asocian y crecen a medida que el pH llega a 4,2 - 4,7. (Estrada, 2009).

El ritmo de reproducción suele ser de una división cada veinte – treinta minutos. Este ritmo se ve frenado en la práctica, por factores limitantes tales como:

- ✓ Disponibilidad de elementos nutrientes
- ✓ Productos tóxicos procedentes del propio metabolismo de las bacterias
- ✓ Temperatura de fermentación
- ✓ Acidez y concentración de sales del medio

En el yogur elaborado con cepas de estreptococos y lactobacilos, el crecimiento se ve detenido por el aumento de la acidez por la producción de ácido láctico en el metabolismo de dichos organismos. A pH menor a 4, se detiene su desarrollo.

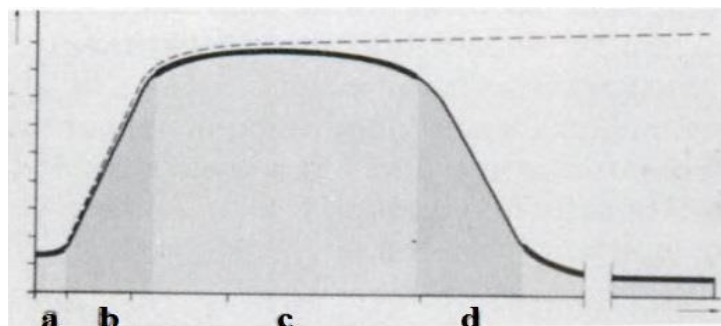


Gráfico 4. Curva de crecimiento de las bacterias

El gráfico 4 presenta la típica curva de crecimiento de las bacterias, que consta de:

a) Aclimatización del medio (Fase de Latencia)

Puede ser muy corta o muy larga, dependiendo de la composición del medio y de la propia bacteria. Las condiciones de desarrollo de esta última deben ser adecuadas (temperatura, nutrientes, humedad, etc.).

b) Crecimiento logarítmico (Fase exponencial)

Esta fase corresponde al crecimiento rápido logarítmico ya que el medio es el apropiado, hay pocos desechos metabólicos que puedan inhibir el desarrollo.

c) Fase estacionaria

Se siguen dividiendo las bacterias a un ritmo menos acelerado, se produce muertes de otras existentes a una velocidad similar, por lo que se mantiene un equilibrio que se traduce en la parte casi horizontal de la curva (fase estacionaria). Empiezan ya a faltar nutrientes y las sustancias de los desechos metabólicos de las bacterias alcanzan niveles inhibitorios para las mismas.

d) Fase de extinción

En la última fase, el número de bacterias que mueren es muy superior al de las que nacen, y la curva empieza a descender. (Madrid, 1999).

La velocidad de fermentación de la leche depende de la concentración de aminoácidos existentes en el medio de crecimiento de los microorganismos. (Castillo y Mestres, 2004).

2.3.7. Método de batido para el yogur

El batido estabiliza al yogur contra la separación de suero, la intensidad del tratamiento afecta a la viscosidad del mismo, el grado de rompimiento del gel depende del tipo de yogur que se desea obtener. El batido no debe ser ni demasiado intenso ni demasiado largo. La intensidad y tiempo óptimo de batido serán en función de factores tales como: temperatura, pH y consistencia del gel. El batido acostumbra a realizarse a dos velocidades, al principio a baja velocidad y al final a una velocidad más elevada. (Romero del Castillo y Mestres, 2004).

2.3.8. Valor nutritivo del yogur

La composición nutricional del yogur varía en función de la composición de la leche, y de las cepas y condiciones de la fermentación. El valor nutritivo del yogur es similar al de la leche de la cual procede. (Gil, 2010).

Cuadro 2. Información nutricional del yogur entero (100 g)

Energía		55 Kcal	
Proteína		3,80 g	
Grasa Total		2,25 g	
Colesterol		5,60 mg	
Glúcidos		5,10 g	
Fibra		0 g	
Vitamina A	22,50 mg	Vitamina C	0,20 mg
Vitamina B12	0,30 µg	Calcio	117 mg
Hierro	0,10 mg	Vitamina B12	0,19 µg
Yodo	8 µg	Folato	1,80 µg

Fuente: Fundación Universitaria Iberoamericana. Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos. (2005).

Datos recopilados por Villalobos (2006) indican: El yogur provee elementos fundamentales como:

- ✓ **Proteínas de alto valor biológico como las de la leche:** favorecen la formación, mantenimiento y renovación de los tejidos del cuerpo.
- ✓ **Calcio, Fósforo Magnesio:** interviene la mineralización del sistema óseo.
- ✓ **Riboflavina:** desempeña funciones de uso de energía en el organismo.
- ✓ **Vitaminas C, B12 y Zinc:** nutre los tejidos nerviosos, funcionamiento adecuado del sistema inmunológico, cicatrización de heridas.

2.3.9. Aspectos nutricionales del yogur

El valor nutritivo del yogur es el de la calidad de la leche y el de cualquier otra sustancia añadida durante la fabricación. (Fox y Cámeron, 1997).

Para Gil, (2011): Algunas personas no toleran la leche: su consumo les causa desordenes estomacales, esto se debe a que no poseen en su sistema digestivo, la enzima lactasa, encargada de descomponer la lactosa. Este problema de intolerancia no se presenta al consumir yogur, ya que durante la fermentación, la lactosa es utilizada por los microorganismos como fuente de energía y su contenido se reduce. El yogur ayuda en la regeneración de la flora intestinal.

Los productos lácteos son fuente de minerales, como calcio, fosforo, magnesio y zinc. Las cualidades nutritivas del yogur surgen no solo de la presencia de los compuestos de la leche, sino también de la transformación de estos, resultado de la actividad metabólica de los microorganismos. (Valderrama et al. 2001).

2.3.10. Evaluación del yogur

El yogur debe tener una consistencia suave y homogénea, así como estar libre de suero y grumos. Para evaluar sus características, se debe tomar en cuenta los

siguientes aspectos: aroma, sabor (acidez), cuerpo (viscosidad o consistencia) y textura (ausencia de grumos). (Gil, 2011).

Los principales constituyentes de la leche (agua 88%, grasa 3,4%, proteína 3,2%, lactosa 4,7% y minerales 0,47%); de los cuales depende la calidad del yogur, es decir la acidez, la consistencia/viscosidad del coágulo, están condicionados especialmente por la concentración de proteínas en la leche, por lo que el enriquecimiento de la misma es un factor fundamental. (Estrada, 2009).

Los sólidos de la leche de partida y la adición de sustancias que mejoren su proporción, son un factor importante en la fabricación del yogur, pues condicionan la consistencia y viscosidad del producto. Las proteínas, al mejorar la textura, enmascaran también la acidez, y la materia grasa proporciona un sabor más suave y cremoso y un mejor aroma. (Luquet, 1993).

De la fermentación láctica debe resultar un gel suave, textura firme, con mínima sinéresis y sabor característico. La leche se modifica por la adición de otros compuestos y sólidos, para mejorar la firmeza evitando así el desuerado. La concentración de sólidos tiene también relevancia nutricional, ya que al modificar la leche se incrementa el contenido de proteínas y otros nutrimentos. El contenido de grasa, tratándose de yogur entero, contribuye en la viscosidad y textura del producto y coadyuva a evitar la sinéresis. (García, et al. 2004).

Los sólidos totales de la proporción de la caseína y proteínas del suero, darán lugar a un yogur de más consistencia, reduciéndose la tendencia de separación de suero. (Tetra Pak Processing Systems AB 2003).

La temperatura y tiempo de incubación, además de la cantidad de inóculo, influyen sobre la acidez final del producto. Normalmente se usan temperaturas de incubación de 40 y 45 °C, de 2 a 3% de cultivo. Al inicio el pH de la leche es favorable para el *Streptococcus t.*, se desarrolla más rápido produciendo ácido fórmico y CO₂, bajando el pH hasta 5. De este modo se estimula el crecimiento

del *Lactobacillus b.* Al mismo tiempo, el desarrollo del *Lactobacillus b.* favorece el crecimiento del *Streptococcus t.* por la producción de nutrientes: ácido láctico, péptidos y aminoácidos como la valina. La fermentación culmina cuando se alcanza de 4,2 a 4,5 de pH; o 0,7 a 0,8 de acidez. Luego se enfría a 4 o 5 °C para detener la fermentación. (Longo y Bauman, 2007).

El grado de sinéresis se debe a la pérdida de estabilidad y de retención de agua de los componentes del yogur, además de las modificaciones estructurales que presenta el gel formado; otros factores son: la temperatura de incubación excesiva y enfriamiento insuficiente durante el proceso. (Tamine y Robinson. 1991).

La viscosidad da una manera de cuantificar los adjetivos de espeso y fluido como se aplica sensorialmente a líquidos. Los líquidos espesos tienen alta viscosidad y no fluyen con facilidad; lo contrario para líquidos fluidos. (Muller, 1978).

Susceptibilidad a sinéresis y viscosidad son importantes propiedades del yogur. La fuerza de las cadenas entre las partículas así como el estado de agregación e interacción entre las proteínas de leche y los ingredientes funcionales tienen relación con la viscosidad, suavidad y sinéresis del yogur. (Henning, 1992).

2.3.11. Vida útil del yogur en anaquel

El almacenamiento del producto terminado debe hacerse a un máximo de 8°C; temperaturas más altas pueden ocasionar defectos en el sabor; temperaturas bajas pueden provocar la formación de cristales de hielo. (García, et al. 2004).

El deterioro del yogur, es un proceso que puede darse de diversas formas, los cambios son: físicos, químicos y microbiológicos, los cuales con el transcurrir del tiempo provoca el deterioro del alimento. (Tola, 2006).

Los factores físico-químicos limitantes de la vida útil del yogur son la incipiente gelificación, viscosidad, sedimentación y separación de grasa. Y organolépticos son el deterioro del sabor y aroma. (Tetra Pak Processing Systems AB 2003).

La acidez al igual que el pH es una propiedad importante debido a que es un indicador de los microorganismos que pueden desarrollarse. (Alatríste, 2002).

2.3.12. Yogur con Aloe vera en el mercado

El libro “Estrategias de Marketing” señala: CAPSA, primera láctea española y tercer actor del mercado español del yogur tras Danone y Nestlé, también está comprendida con una constante innovación y lanzamiento de productos funcionales. Iparlat, con Kaiku, centra su atención en la diversificación hacia nuevos productos relacionados con la salud, la investigación con el Aloe vera o los nuevos yogures ecológicos. (Munuera y Rodríguez 2007).

Los consumidores apuestan cada vez más por productos naturales con atributos medicinales, por lo que la planta de Aloe tiene ahí una de sus fortalezas comerciales. Actualmente, la sábila ofrece un valor añadido a los productos que la contienen, pues la sociedad identifica en ellos las propiedades curativas de la planta. En la industria de los alimentos es utilizado el gel de Aloe, sobre todo para la formulación de bebidas (zumo, leche), manufactura de yogur, té y como aditivo alimentario. (Moreno, et al. 2012).

Una exposición de productos alimenticios nuevos realizada en Berlín, indica en su artículo: Semana Verde de Berlín, lo siguiente: Para los más consientes en materia sana, la empresa suiza de productos lácteos Emmi, de Lucerna, presentó su yogur con Aloe vera, la cactácea que activa y tonifica el organismo, es una novedad absoluta en el mercado europeo. (Tellechea, 2003).

Los primeros productos que se comercializaron con Aloe vera fueron yogures de la mano de la industria suiza. (Hernández, 2006).

3. CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales

3.1.1. Materia prima e insumos

a) Materia Prima

- ✓ Leche entera

b) Insumos

- ✓ Gel de sábila (*Aloe barbadenses Miller*)
- ✓ Azúcar
- ✓ Gelatina sin sabor
- ✓ Fermento para yogur DRI-SET 438
- ✓ Saborizante

3.1.2. Equipos y materiales

a) Materiales para pruebas de laboratorio

- ✓ Fenolftaleína
- ✓ Hidróxido de sodio 0,1N
- ✓ Agua destilada

b) Equipos

- ✓ Termómetro (escala 10 – 150 °C)

- ✓ Milkotester (equipo de análisis para leche)
- ✓ Termo lactodensímetro (escala 1 – 2 g / cm³)
- ✓ Caja de fermentación (apta para incubación)
- ✓ Cronómetro
- ✓ pHmetro
- ✓ Acidómetro
- ✓ Balanza gramera digital
- ✓ Licuadora Doméstica
- ✓ Estufa
- ✓ Refrigeradora

c) Materiales para proceso

- ✓ Envases plásticos herméticos de 1000 ml
- ✓ Material de vidrio (pipetas, vasos, probetas, etc.)
- ✓ Material de limpieza

3.2. Métodos

3.2.1. Caracterización del área de estudio

El presente trabajo de investigación se efectuó en la provincia de Imbabura del cantón Ibarra, parroquia El Sagrario, Unidades Eduproductivas de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales (F.I.C.A.Y.A.) de la Universidad Técnica del Norte (U.T.N.). Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en el laboratorio de usos múltiples de la misma universidad.

- **Ubicación y datos climatológicos**

Cuadro 3. Ubicación y datos climatológicos de la ciudad de Ibarra

Provincia	Imbabura
Cantón	Ibarra
Parroquia	El Sagrario
Temperatura Promedio Anual	17,4° C
Altitud	2250 msnm
Clima	Templado
Longitud	00°18' norte 78°09' oeste
Pluviosidad	503-1000 m. m año
Humedad relativa promedio	73%

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología INAMHI (2012)

3.2.2. Factores en estudio

Se tomó en cuenta el momento de la adición del gel de sábila: previo o posterior al proceso de pasteurización de la materia prima (leche) y el porcentaje de gel de sábila que se adicionó, resultando los factores de la siguiente manera:

- Factor A: Adición del Gel de Sábila (Aloe vera)
 - ✓ A1: Previo a la pasteurización
 - ✓ A2: Posterior a la pasteurización
- Factor B: Cantidad de Gel de Sábila medida en porcentajes.
 - ✓ B1: 5%
 - ✓ B2: 10%
 - ✓ B3: 15%
 - ✓ B4: 20%

3.2.3. Tratamientos en estudio

Cuadro 4. Tratamientos en estudio

Trat.	FA	FB	Comb.	DETALLE
T1	A1	B1	A1B1	95% de leche, 5% de gel de sábila - adición previo a la pasteurización
T2	A1	B2	A1B2	90% de leche, 10% de gel de sábila - adición previo a la pasteurización
T3	A1	B3	A1B3	85% de leche, 15% de gel de sábila - adición previo a la pasteurización
T4	A1	B4	A1B4	80% de leche, 20% de gel de sábila - adición previo a la pasteurización
T5	A2	B1	A2B1	95% de leche, 5% de gel de sábila - adición posterior a la pasteurización
T6	A2	B2	A2B2	90% de leche, 10% de gel de sábila - adición posterior a la pasteurización
T7	A2	B3	A2B3	85% de leche, 15% de gel de sábila - adición posterior a la pasteurización
T8	A2	B4	A2B4	80% de leche, 20% de gel de sábila - adición posterior a la pasteurización
T9	TESTIGO			Yogur natural sin adición de gel de Sábila

3.3. Diseño experimental

3.3.1. Tipo de diseño

El diseño aplicado fue un Diseño Completamente al Azar (D.C.A), trabajando con dos factores delante un testigo ($A \times B + 1$); donde el factor A corresponde al momento de adición de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) previo y posterior a la pasteurización, el factor B es el porcentaje de gel de sábila, sostiene cuatro niveles y el testigo fue el yogur sin adición de gel de sábila; teniendo un arreglo factorial $A \times B + 1$, resultando 9 tratamientos, los cuales se repitieron tres veces.

3.3.2. Análisis funcional

Las pruebas estadísticas que se realizaron son: Prueba de Tukey para tratamientos y Diferencia Mínima Significativa (DMS) para factores. Se ejecutó prueba de Friedman para evaluar las variables cualitativas: color, olor, sabor, consistencia y aceptabilidad del yogur.

3.3.3. Características del experimento

- Número de repeticiones: Tres (3)
- Número de tratamientos: Nueve (9)
- Unidad experimental: Veinte y siete (27)

El número de unidades experimentales se obtuvo de la fórmula ($t \times r$), donde t son los tratamientos y r las repeticiones, obteniendo una unidad experimental de 27.

3.3.4. Características de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por la dosificación correspondiente a la relación (leche: gel de sábila) de acuerdo a los factores establecidos. La materia prima (leche) debió cumplir con los parámetros de control de calidad; el producto final fue obtenido de acuerdo al proceso de elaboración establecido, sea el caso de la adición del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) previo o posterior a la pasteurización.

3.3.5. Análisis estadístico

Cuadro 5. Esquema de Análisis de Varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
TOTAL	26
Tratamientos	8
Factor (A)	1
Factor (B)	3
Interacción AXB	3
Error Experimental	9

3.4. Variables evaluadas

- **Variables cuantitativas**
 - En la materia prima (leche)
 - ✓ Temperatura
 - ✓ pH
 - ✓ Acidez
 - ✓ Densidad
 - ✓ Sólidos Totales
 - ✓ Grasa
 - En el gel de sábila (Aloe vera)
 - ✓ pH
 - ✓ Sólidos Totales
 - ✓ Proteína
 - ✓ Viscosidad
 - En el producto
 - ✓ Acidez
 - ✓ pH
 - ✓ Temperatura
 - ✓ Viscosidad
 - ✓ Sinéresis
 - ✓ Análisis Físico-Químico (Grasa Total, Sólidos Totales, Proteína)
 - ✓ Análisis Microbiológico (coliformes totales, mohos y levaduras)
 - ✓ Recuento de población microbiana

- **Variables cualitativas en el producto final**

- ✓ Olor
- ✓ Color
- ✓ Sabor
- ✓ Textura
- ✓ Consistencia

3.4.1. Determinación de las variables evaluadas

- **Volumen**

El volumen de la leche se realizó al momento de la recepción, para posteriormente tomar la cantidad necesaria y de esta manera establecer la Unidad Experimental. Para esto se utilizó recipientes plásticos graduados de 1 litro. De la misma manera se tomó en cuenta la adición de los porcentajes de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) establecidos, este producto fue medido en una probeta.

- **Temperatura**

Con un termómetro se tomó lectura de la temperatura durante todo el proceso de elaboración de yogur, especialmente se controló la temperatura de incubación en la cual se desarrollan los microorganismos, es un punto de control importante ya que la temperatura óptima de crecimiento (40°C) debe mantenerse. (Ver, Fotografía 8. en ANEXO 13).

- **Determinación de pH**

Se determinó con un pHmetro. Este análisis se lo hizo con el objeto de conocer el valor del pH (cantidad de iones de Hidrogeno presentes en una sustancia) en el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) y la leche. También se controló este parámetro durante el proceso de fermentación, este debió alcanzar un pH de 4,5 hasta 4,2 para detener dicha fermentación, enfriando el producto. Se controló el pH en

periodos de 45 minutos, al observar variaciones en este tiempo. (Ver, Fotografía 9. en ANEXO 13). Es un factor importante para la conservación y la estabilidad del producto final, influye en el tiempo de vida útil de este, además de la influencia del gel de sábila sobre la población microbiana.

- **Análisis de acidez**

Para esta prueba se utiliza los siguientes materiales y reactivos: frascos de muestra, fenolftaleína, NaOH (0,1 N) y agua destilada. Se determinó según el método señalado en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 13. Se procedió midiendo 10 ml de yogur con una pipeta, a los cuales se agregó 10 ml de agua destilada fusionando hasta tener una solución uniforme, a la cual se añade 5 gotas de fenolftaleína y se mezcla, para luego titular con una solución de NaOH (0,1N) hasta obtener una coloración rojiza, y tomar la lectura en el acidómetro. Con este procedimiento se determinó el porcentaje de ácido láctico en todas las muestras analizadas. (Ver, Fotografía 10. en ANEXO 13). Para reafirmar la influencia del insumo añadido (gel de sábila), se realizó análisis de acidez durante la fermentación, en intervalos de 45 minutos.

- **Sólidos totales**

Para los sólidos totales de la leche se utilizó un equipo para análisis de leche (Milkotester) el cual proporcionó valores de sólidos totales, grasa, temperatura, pH. Estos resultados permiten evaluar la calidad de la leche. (Ver, Fotografías 1. y 2. en ANEXO 13).

- **Grasa**

El porcentaje de grasa en la leche se observó en el Milkotester (equipo de análisis para leche), que proporcionó este dato importante para posteriormente poder estabilizar el contenido de materia grasa preciso en el proceso de elaboración del yogur batido y no verse afectado en su calidad.

- **Viscosidad**

Se realizó según el principio de Oswald. El método se fundamenta en que la diferencia entre los niveles del líquido en ambas ramas del viscosímetro genera una diferencia de presión, que es la que impulsa a que el líquido escurra, usando como referencia un líquido patrón. Esa diferencia de presión es la que determina la velocidad del fluido. La viscosidad está dada en unidades de cP cuya equivalencia es: (100 cP = 1g/cm.s). Esta prueba se la realizó para los tres mejores tratamientos y el testigo; en el Laboratorio de Usos Múltiples de la F.I.C.A.Y.A.

- **Sinéresis**

Se determinó este análisis en todos los tratamientos y en cada una de las repeticiones, a los quince y veintiún días, obteniéndose así las medidas resultantes de cada tratamiento. En esta prueba se utilizó pipetas y probetas (25 ml), para medir la cantidad de suero que se queda en la parte superior de los envases de yogur y luego proceder a la lectura. (Ver, Fotografía 14. en ANEXO 13).

- **Análisis físico-químicos**

Los análisis físico-químicos y microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Usos Múltiples de la F.I.C.A.Y.A. para el testigo y los tres mejores tratamientos.

- ✓ **Grasa**

Se realizó el análisis de extracto etéreo (grasa), en el producto final, a los tres mejores tratamientos y el testigo, con la finalidad de verificar si su valor consta dentro de la Norma Ecuatoriana NTE INEN 2395: 2011. Leches Fermentadas. Requisitos, y además probar si esta medida se vio afectada por la adición del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*).

✓ **Sólidos totales**

Esta variable se realizó según las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395:2011. Estos datos fueron obtenidos en el Laboratorio de Usos Múltiples de la F.I.C.A.Y.A.

✓ **Proteína**

El valor del porcentaje de proteína de la leche se obtuvo de la lectura del Milkotester, para el gel de sábila y el producto final mediante análisis de Kjeldahl. El análisis de Kjeldahl consiste en una oxidación en medio ácido (sulfúrico) del alimento (yogur) a 360 hasta 380 °C en presencia de un catalizador. El procedimiento se llevó a cabo en un matraz Kjeldahl.

La importancia de este análisis alcanza el valor de la calidad, ya que solo da en su resultado el nitrógeno de las proteínas, evitando fraudes alimentarios, debido a alteraciones en su producción. El resultado para el yogur debió ser conforme a los requerimientos de la Norma NTE INEN 2395: 2011. Leches Fermentadas. Requisitos.

• **Análisis microbiológico (coliformes totales, mohos y levaduras)**

Se realizó la prueba oportuna para determinar la presencia de coliformes totales, mohos y levaduras; lo cual permitió comprobar si el producto es idóneo para el consumo humano.

• **Determinación de la población microbiana**

Al realizar este conteo se conoció la cantidad de microorganismos presentes en el producto terminado y con ello concluir si existe o no la influencia del gel de Aloe Vera en el yogur. También se realizó el mismo conteo en diferentes tiempos de incubación con intervalos de 45 minutos hasta llegar al final de la fermentación. Para esta finalidad se dispuso de la cámara de Neubauer, que es un instrumento utilizado para realizar el recuento de células en un medio líquido, que puede ser

un cultivo celular. (Ames y Cañedo, 2004). Esta cámara de conteo está adaptada al microscopio. Se trata de un portaobjetos que tiene dos zonas y que en el fondo de las cuales se ha marcado con la ayuda de un diamante una cuadrícula de dimensiones conocidas. Se cubre la cámara con un cubre cámaras. Luego se introduce el líquido a contar. Para contar las células se observa al microscopio con el aumento adecuado y se cuentan las células. En base a la cantidad de células contadas, conociendo el volumen de líquido, se calcula la concentración de células. Este procedimiento se llevó a cabo en el laboratorio de Usos Múltiples de la F.I.C.A.Y.A. (Ver, Fotografías 11. y 12. en ANEXO 13).

- **Análisis de lactosa**

Se determinó el porcentaje de lactosa en el tratamiento que se obtuvo mayor población microbiana, este análisis se realizó para diferenciar su transformación en ácido láctico durante la fermentación del yogur. El método utilizado fue por azúcares reductores libres, proceso repetido cada 45 minutos de fermentación.

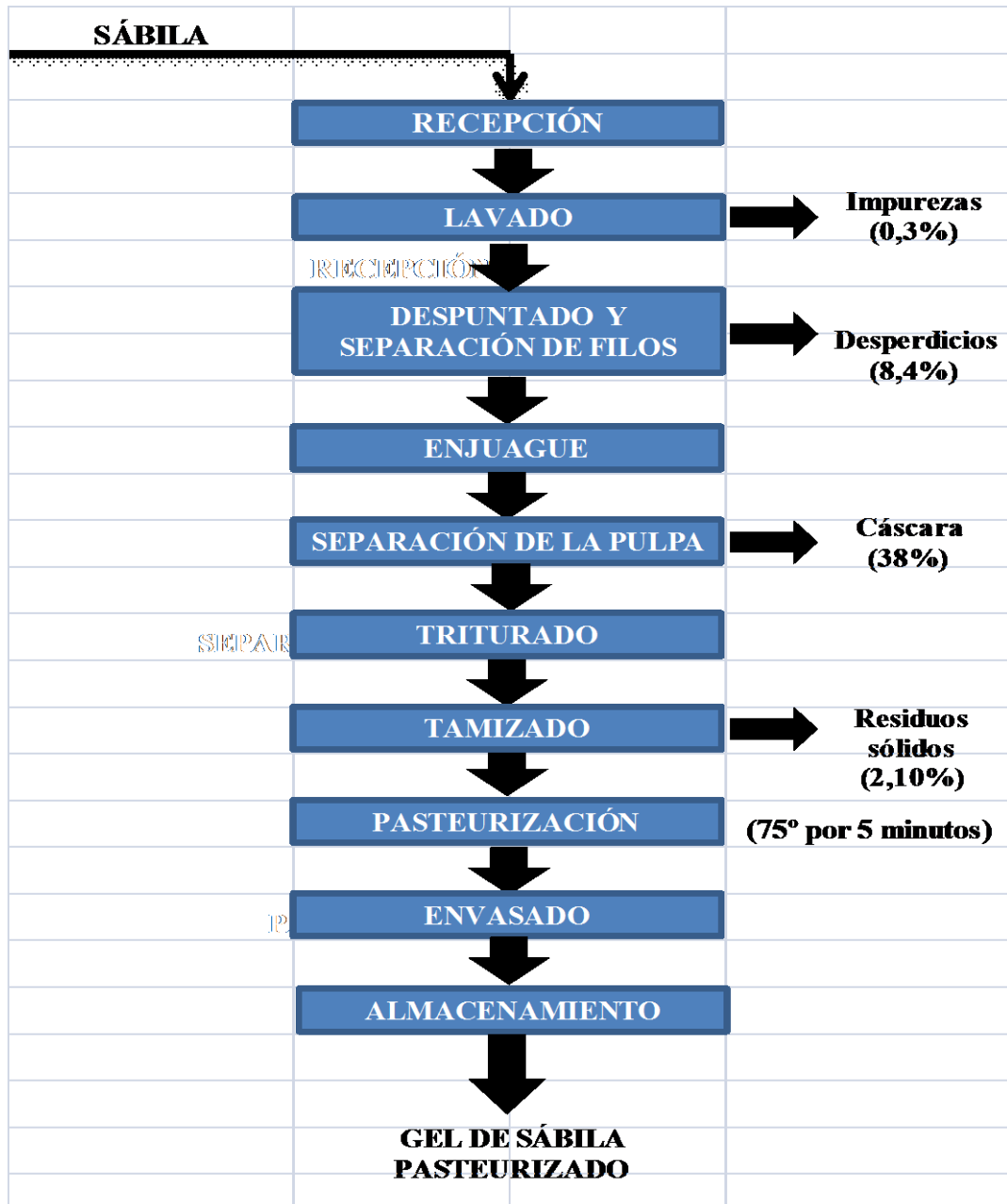
- **Determinación de variables cualitativas en el producto terminado**

Se utilizó para la evaluación de esta variable un panel de degustadores, en donde se analizó las siguientes variables: color, olor, sabor, consistencia y aceptabilidad. (Ver, Fotografía 15. en ANEXO 13).

Los datos registrados se valoraron a través de las pruebas no paramétricas de Friedman.

3.5. Manejo del experimento

3.5.1. Diagrama de bloques: "Obtención de gel de Sábila (*Aloe barbadensis* Miller) pasteurizado"



3.5.2. Diagrama operacional: "Obtención de gel de Sábila (*Aloe barbadensis* Miller) pasteurizado"



3.5.3. Descripción del proceso de obtención de gel de sábila (Aloe vera)

- **Recepción**

La sábila debe estar físicamente sana, no debe tener lastimaduras, o presentar resequedad en su interior, su espesor debió ser grueso, además de su color verde característico. Las hojas de sábila se adquirieron en el Mercado Amazonas de la ciudad de Ibarra; de la variedad *Aloe barbadensis Miller*.

- **Lavado**

Radicó en la limpieza de las hojas de sábila, eliminando restos de tierra, y otros contaminantes; contando con suficiente agua para lograrlo.

- **Despuntado y separación de fillos**

Se retiró con un cuchillo las puntas y fillos de la hoja de sábila, para posteriormente extraer la pulpa.

- **Enjuague**

Después de haber separado las puntas y fillos se precisa un enjuague para impedir la contaminación del gel con una sustancia amarilla tóxica que se denomina acíbar. Con este propósito se sometió a la corriente de agua las pencas de sábila.

- **Separación de la pulpa**

Se realizó este paso con el cuchillo retirando las dos capas exteriores que visten la hoja de sábila (cáscara), tomando firmeza en una tabla de plástico como apoyo, para obtener después el gel.

- **Triturado**

Se utilizó un procesador de alimentos casero (licuadora), para desintegrar las porciones de pulpa, hasta conseguir un aspecto líquido - viscoso, y lograr una textura lo menos consistente.

- **Tamizado**

Se hizo pasar esta sustancia por un tamiz, logrando aislar restos del triturado realizado anteriormente, el gel de Aloe obtenido debió ser apropiado para mezclar con el yogur y así no se den cambios físicos desfavorables en su calidad final.

- **Pasteurización**

Es un proceso importante ya que así se evita el pardeamiento y se inhibe el crecimiento de microorganismos. Se calentó el gel a una temperatura de 75 °C, la cual se mantuvo por un tiempo de 5 minutos. Basándose en investigaciones sobre pasteurización y esterilización de este tipo de plantas, se consideró la temperatura y tiempo, además de los ensayos realizados.

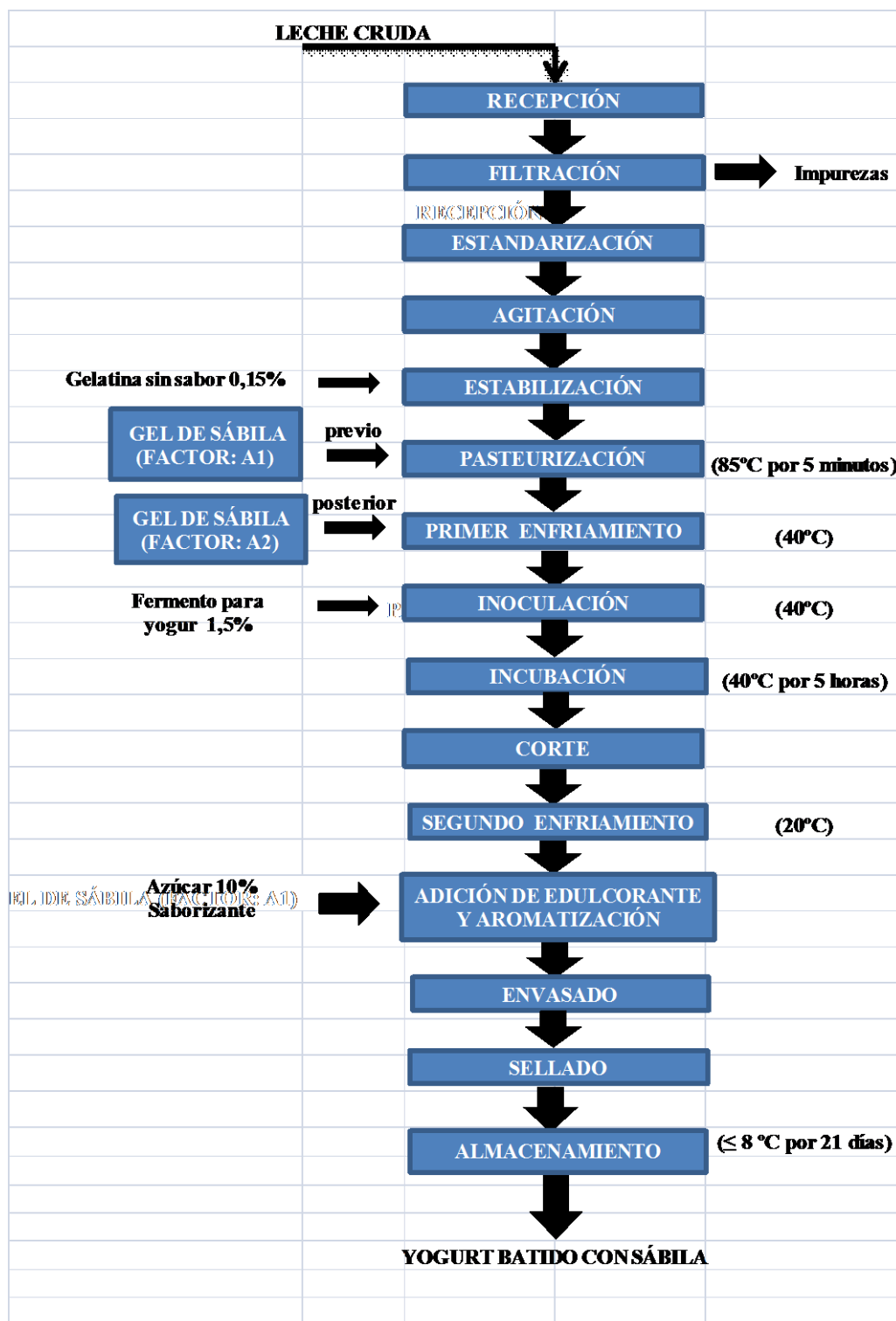
- **Envasado**

Se envasó el líquido resultante en un recipiente (frasco plástico hermético) inmediatamente después del proceso de pasteurización.

- **Almacenamiento**

Se guardó el gel de sábila en refrigeración a 4°C por 5 horas, tiempo en cual el gel debe reposar antes de ser utilizado para la elaboración del yogur, durante este periodo se puede verificar si hay o no cambios físico-químicos. El tiempo de vida útil de este insumo es aproximadamente de dos meses en refrigeración.

3.5.4. Diagrama de bloques: “Elaboración de yogur batido con adición de cuatro concentraciones de gel de sábila (*Aloe barbadensis* Miller)”



3.5.5. Diagrama operacional: “Elaboración de yogur batido con adición de cuatro concentraciones de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*)”



3.5.6. Descripción del proceso de elaboración de yogur

- **Recepción de la materia prima**

La leche que se empleó es entera, fue muy apropiado realizar las pruebas de recepción y controlar la calidad de la misma, si es apta para el consumo humano. Esta materia prima fue adquirida en las Unidades Eduproductivas de la Universidad Técnica del Norte. Las pruebas a las que se sometió son:

- ✓ **Acidez:** Para esta prueba se necesitan 9 ml de leche que fueron colocados en un vaso de precipitación, se añade 3 gotas de fenolftaleína. Se utiliza el acidómetro con hidróxido de sodio (0,1N), este sirve para titular hasta que la solución tome un color rosado ligero. Se tomó la lectura que marca dicho dispositivo. (La acidez de la leche debe estar entre 14 y 18 °Dornic), valores mayores indican que la leche sufrió contaminación microbiana y menores muestran que la leche pudo resultar alterada. Se realizó según las especificaciones de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 13.
- ✓ **Densidad:** Permite detectar alteraciones de la leche por separación de la grasa, adición de agua. En una probeta se toma una muestra hasta llenarla, para luego introducir el termo lactodensímetro (dispositivo diseñado para la determinación de temperatura y densidad de la leche), dejándolo flotar libremente por unos segundos. Tomar la lectura correspondiente. La densidad de la leche debe oscilar entre 1,029 y 1,032 g/ml a 20°C.
- ✓ **pH:** Se hizo la medición con un potenciómetro, indica la diferencia del voltaje de dos electrodos sumergidos en la muestra. En leche cruda se considera aceptable un pH que se encuentre entre 6,6 y 6,8.
- ✓ **Análisis organoléptico:** Olor y color característicos de leche fresca. La leche presentó buenas condiciones una vez realizadas las pruebas, se midió para conocer qué cantidad de materia prima ingresó al proceso.

- **Filtración**

Su objetivo es detectar la presencia de materias extrañas en la leche, las cuales son inaceptables en un producto de buena calidad. La filtración consistió en hacer pasar el líquido por una tela limpia, que permite la separación de dichas impurezas que probablemente se hallan en la leche y se adquirieron durante el ordeño.

- **Estandarización**

La leche utilizada para este proceso, según el equipo Milkotester tuvo un valor de 4,08% de grasa. Al trabajar con leche entera de esta calidad no se estandarizó el contenido de grasa de la misma, sin embargo es recomendable usar leche que contenga alrededor de 3,2% de grasa en la elaboración de yogur.

- **Agitación**

Con la finalidad de reducir el tamaño de las partículas presentes en la leche, de modo que llegue a estar el líquido a un grado de distribución uniforme. Se agitó la leche con la ayuda de un agitador, (paleta de madera) en tiempo de 2 minutos.

- **Estabilización**

Procurando dar una consistencia adecuada para el yogur, estabilizantes como la gelatina sin sabor son oportunos para esta finalidad, ya que tiene alto poder estabilizador y buena solubilidad; se utilizó este insumo en una proporción del 0.15% con relación a la materia prima. Este porcentaje es suficiente para dar al producto buena consistencia.

Las gelatinas se utilizan como gelificantes en productos lácteo como el yogur. (Hughes, 1994). El efecto óptimo se obtiene para una adición de 0,15%, valores menores dan un yogur aguado de consistencia pobre. (Castillo, et al. 2004).

Con los estabilizantes se aumenta la viscosidad del producto y contribuyen a la prevención de la separación del suero. (Tetra Pak Processing Systems AB 2003).

- **Pasteurización**

Este proceso consistió en calentar la leche a una temperatura lo adecuadamente alta como para destruir los microorganismos perjudiciales, sin afectar las cualidades sensoriales y nutritivas de la leche.

La temperatura y tiempo fue de 85 °C por 5 minutos. Fue un punto crítico de control, necesario para asegurar la calidad sanitaria del producto. (Ver, Fotografía 3. en ANEXO 13). Este punto del proceso fue fundamental en esta investigación, ya que es aquí donde se adicionó el gel de sábila, previo de este procedimiento de pasteurización, cumpliendo con lo señalado en el factor A1. Para factor A2 se adicionó el gel de sábila después de este tratamiento térmico.

El manual de Industrias Lácteas Tetra Pak Processing Systems AB (2003), explica: se consiguen resultados óptimos por medio de tratamiento térmico de la leche a 85°C, por 5 minutos. Esta combinación tiempo / temperatura desnaturaliza alrededor de 70 a 80% de las sero proteínas, en particular la β - lactoglobulina que actúa con la k-caseína, con lo que se facilita que el yogur adquiera cuerpo.

- **Adición de gel de sábila (Aloe vera)**

Consistió en colocar los diferentes porcentajes de gel de sábila establecidos para la investigación. Estos corresponden a valores de 5%, 10%, 15% y 20% previamente pasteurizados a 75°C, por 5 minutos. Este proceso se realizó tomando en cuenta los factores en estudio, como son: antes y después de la pasteurización respectivamente, este último corresponde al momento después del primer enfriamiento. En esta operación se consideró el control de parámetros señalados con anterioridad, ya que existió la posibilidad de modificaciones en la calidad del producto final. (Ver, Fotografías 4. y 5. en ANEXO 13).

La interacción entre las proteínas de la leche y los ingredientes funcionales tienen relación con la viscosidad, suavidad y sinéresis del yogur. (Henning, 1992).

- **Primer enfriamiento**

Es conveniente regular la temperatura de la leche enfriándola hasta 40 °C que es la temperatura en que se desarrollan óptimamente los microorganismos del cultivo. Se realizó el enfriamiento agitando la leche, y con la ayuda de agua fría corriente. También es aquí donde se pasó la leche del recipiente donde se calentó a un recipiente plástico hermético previamente desinfectado. Además posterior a este paso se adicionó el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), efectuando lo señalado por el factor A2 con los tratamientos correspondientes.

- **Inoculación**

Consistió en incorporar a la leche el cultivo de yogur (DRI-SET 438), el cual fue disuelto en 500 ml de leche a temperatura de 40 °C, misma temperatura que tuvo cada tratamiento para llevar a cabo este paso. Luego se colocó de esta mezcla 15 ml en cada uno de ellos. Se puso el cultivo y luego se agitó lentamente. El cultivo láctico se adquirió comercialmente en la distribuidora de insumos Proquilim de la ciudad de Ibarra. Las bacterias presentes en el cultivo son el *streptococcus thermophilus* y el *lactobacillus bulgaricus*, causantes de la fermentación en el yogur.

- **Incubación**

Esta operación consistió en conservar la leche con el fermento, a una temperatura promedio de 40°C durante 5 horas, para esto fue útil la caja de fermentación, la cual es apropiada para conservar el calor y mantener la temperatura en el líquido, misma que está elaborada de madera, recubierta por un aislante térmico (poliestireno expandido) el cual ofrece resistencia térmica impidiendo que entre o salga calor dentro del sistema de fermentación. Otra cualidad de este material es su higiene al no constituir sustrato nutritivo para microorganismos. La caja de

fermentación tiene un foco que proporciona la energía dentro de la misma, existe un regulador de intensidad de luz, para alcanzar la temperatura requerida. Cada unidad experimental fue colocada en este equipo, se controló la temperatura, acidez y pH en periodos de 45 minutos. Transcurrido el tiempo establecido se observó la coagulación del producto que adquirió la consistencia característica del yogur. (Ver, Fotografías 6. y 7. en ANEXO 13).

Durante este proceso se controló la temperatura, acidez y pH, en periodos de 45 minutos, hasta concluir con el tiempo de incubación establecido. Además se realizó un recuento de microorganismos en este mismo lapso de tiempo.

- **Corte**

El rompimiento del coágulo se provoca para adquirir una masa homogénea, brillante y viscosa. La acidez que se consideró para proceder a realizar esta operación fue de 64 °Dornic aproximadamente. De igual manera se observó el valor del pH en cada tratamiento reafirmando que su valor indique de 4,5 a 4,2.

- **Segundo enfriamiento**

El enfriamiento se realizó para detener el proceso de fermentación, la multiplicación microbiana y como resultado de esto el desarrollo de una mayor acidez. En este paso se realiza de manera pausada el batido del yogur hasta obtener una consistencia uniforme. La temperatura a la cual se enfrió es hasta los 20° C, para posteriormente añadir edulcorante y aromatizante.

La temperatura del yogur debe bajarse hasta temperaturas de 15-22 °C. Esto detiene temporalmente cualquier incremento posterior de la acidez. (Tetra Pak Processing Systems AB 2003).

- **Adición de edulcorante y aromatización**

Con el fin de obtener el sabor deseado y sobre todo agradable al consumidor, se utilizó como edulcorante el azúcar en forma de jarabe, en cantidad del 10% con respecto a la materia prima.

El yogur debe tener aroma y sabor agradable, además de buena consistencia y viscosidad. En este proyecto la aromatización del producto se efectuó utilizando un saborizante que haga una buena combinación con el gel de sábila y según pruebas anteriores y algunos criterios, se le dio sabor y aroma a manzana.

- **Envasado**

Se vertió el yogur en frascos de plástico (200 ml). Los envases deben ser esterilizados previamente en agua caliente por un tiempo de 5 minutos. Se controló el cerrado hermético del envase para mantener la inocuidad del producto.

- **Sellado**

Consistió en colocar a presión las tapas de los envases rápidamente, en seguida de haberlos llenado con el producto. La embocadura de los envases debe quedar cerrada y segura; con el fin de evitar posibles contaminaciones.

- **Almacenamiento (refrigeración)**

La refrigeración apropiada asegura la calidad sanitaria desde el fin de la producción hasta las manos del consumidor. El yogur elaborado bajo circunstancias normales de producción se conserva a temperaturas de almacenamiento $\leq 8^{\circ}\text{C}$, por un tiempo aproximado de 2 semanas. Tomando en cuenta esta información se refrigeró el producto con dichas especificaciones. (Ver, Fotografía 13. en ANEXO 13).

4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizó parámetros como: pH y acidez durante el transcurso de fermentación de la leche, este paso se realizó con la finalidad de comprobar la acción del gel de sábila sobre el crecimiento poblacional de microorganismos y que modificaciones se encontró por la influencia de dicho insumo añadido. Para ello se tomó los valores respectivos cada 45 minutos, tiempo que se estimó oportuno al observarse cambios notorios en cada periodo. El análisis se efectuó sobre todos los tratamientos. Con dicha información se hizo gráficas en las cuales se puede observar las variaciones de los parámetros, influenciados por el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*). Además se determinó la población microbiana en los tratamientos y tiempos mencionados, para realizar curvas de crecimiento bacteriano a medida que transcurre el tiempo de incubación. Para estos se transformó los datos reales a números de logaritmo base 10 para obtener una mejor representación en las curvas de crecimiento. Finalmente se hizo análisis de lactosa medida en porcentaje para el tratamiento con mayor población microbiana.

El desarrollo del análisis experimental se realizó con datos registrados sobre el producto final, y periodos de 5 días posteriores del almacenamiento. Las variables tratadas fueron: acidez y sinéresis. Este proceso se dio para todos los tratamientos establecidos.

Con los datos obtenidos sobre la cantidad poblacional de microorganismos expresada en UFC/ml, con intervalos de 45 minutos cada uno, se determinó cual es el punto donde dichos microorganismos detienen su reproducción.

De acuerdo a Castillo y Mestres (2004), la temperatura durante el proceso de fermentación no sufre alteraciones bruscas y se mantiene dentro de lo especificado (40°C a 43°C) para el correcto desarrollo de los microorganismos. La temperatura de fermentación que fue de 40°C se mantuvo constante durante el tiempo establecido para esta finalidad en cada uno de los tratamientos analizados.

A continuación se expone en los cuadros (6 - 11) los valores de acidez, pH y población microbiana durante el transcurso de la fermentación para cada uno de los tratamientos. Las gráficas correspondientes para acidez y pH se encuentran en ANEXO 1 y ANEXO 2. respectivamente.

Cuadro 6. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH, y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T1

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T1			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,15	5,45	2,00E+04	4,301
45	0,36	5,28	3,00E+04	4,477
90	0,38	4,85	5,00E+04	4,699
135	0,42	4,53	7,35E+04	4,866
180	0,48	4,39	4,28E+06	6,631
225	0,57	4,28	4,45E+07	7,648
270	0,62	4,26	6,10E+07	7,785
315	0,64	4,26	6,90E+07	7,839

Cuadro 7. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T2

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T2			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,16	5,45	8,91E+03	3,950
45	0,28	5,26	1,26E+04	4,100
90	0,34	4,87	3,16E+04	4,500
135	0,37	4,50	6,61E+05	5,820
180	0,46	4,43	7,08E+06	6,850
225	0,52	4,28	1,00E+07	7,000
270	0,60	4,25	6,31E+07	7,800
315	0,64	4,24	1,00E+08	8,000

Cuadro 8. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T3

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T3			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,24	5,36	1,60E+04	4,204
45	0,31	5,31	2,25E+04	4,352
90	0,37	5,25	4,44E+04	4,647
135	0,47	4,42	4,24E+05	5,627
180	0,60	4,28	2,76E+06	6,441
225	0,62	4,20	2,12E+07	7,326
270	0,62	4,17	2,78E+07	7,444
315	0,64	4,14	3,12E+07	7,494

Cuadro 9. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T4

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T4			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,39	5,21	1,02E+04	4,009
45	0,44	5,17	1,58E+04	4,199
90	0,53	5,00	2,63E+04	4,420
135	0,58	4,73	2,00E+05	5,301
180	0,60	4,54	1,78E+06	6,250
225	0,65	4,21	7,08E+06	6,850
270	0,65	4,17	9,55E+06	6,980
315	0,67	4,13	1,12E+07	7,049

Cuadro 10. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T5

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T5			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,32	5,43	2,50E+04	4,398
45	0,36	5,37	3,20E+04	4,505
90	0,40	4,74	7,50E+04	4,875
135	0,45	4,28	9,00E+05	5,954
180	0,49	4,26	4,28E+06	6,631
225	0,57	4,22	6,35E+07	7,803
270	0,59	4,19	8,10E+07	7,908
315	0,61	4,17	8,70E+07	7,940

Cuadro 11. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T6

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T6			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,35	5,43	1,96E+04	4,292
45	0,38	5,34	3,29E+04	4,517
90	0,41	4,82	5,58E+04	4,747
135	0,48	4,25	6,67E+05	5,824
180	0,54	4,21	3,97E+06	6,599
225	0,56	4,18	8,86E+07	7,947
270	0,63	4,16	1,14E+08	8,057
315	0,64	4,15	1,27E+08	8,104

Cuadro 12. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T7

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T7			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,35	5,24	2,40E+04	4,380
45	0,36	5,19	4,80E+04	4,681
90	0,41	4,80	7,00E+04	4,845
135	0,45	4,63	1,05E+06	6,021
180	0,53	4,43	5,70E+06	6,756
225	0,62	4,26	3,70E+08	8,568
270	0,65	4,20	4,70E+08	8,672
315	0,66	4,13	5,20E+08	8,716

Cuadro 13. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T8

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T8			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,38	5,18	2,55E+04	4,407
45	0,45	5,15	5,00E+04	4,699
90	0,52	4,97	7,20E+04	4,857
135	0,58	4,71	2,99E+05	5,476
180	0,62	4,60	1,30E+06	6,114
225	0,64	4,44	3,94E+07	7,595
270	0,65	4,27	5,40E+07	7,732
315	0,66	4,12	6,29E+07	7,799

Cuadro 14. Valores obtenidos de los resultados de acidez, pH y población microbiana durante el proceso de fermentación para el tratamiento T9

TIEMPO MINUTOS	TRATAMIENTO T9			
	ACIDEZ (% ácido láctico)	pH	Población Microbiana	
			#bacterias (UFC/ml)	Log base 10
0	0,15	6,00	2,70E+04	4,431
45	0,30	5,70	5,20E+04	4,716
90	0,38	4,60	7,40E+04	4,869
135	0,43	4,55	8,50E+04	4,929
180	0,47	4,50	2,98E+05	5,474
225	0,60	4,36	4,20E+06	6,623
270	0,63	4,30	6,20E+06	6,792
315	0,64	4,27	7,60E+06	6,881

4.1. Análisis de la acidez para todos los tratamientos

Cuadro 15. Valores obtenidos de los resultados de acidez durante el proceso de fermentación para todos los tratamientos

TIEMPO Minutos	ACIDEZ (% ácido láctico)								
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
0	0,15	0,16	0,24	0,39	0,32	0,35	0,35	0,38	0,15
45	0,36	0,28	0,31	0,44	0,36	0,38	0,36	0,45	0,30
90	0,38	0,34	0,37	0,53	0,40	0,41	0,41	0,52	0,38
135	0,42	0,37	0,47	0,58	0,45	0,48	0,45	0,58	0,43
180	0,48	0,46	0,60	0,60	0,49	0,54	0,53	0,62	0,47
225	0,57	0,52	0,62	0,65	0,57	0,56	0,62	0,64	0,60
270	0,62	0,60	0,62	0,65	0,59	0,63	0,65	0,65	0,63
315	0,64	0,64	0,64	0,67	0,61	0,64	0,66	0,66	0,64

La acidez para el testigo T9 (yogur natural) en tiempo de 315 minutos es de 0,64% de ácido láctico, dicha acidez es favorable para obtener un producto de buena calidad, la misma que puede conseguirse a partir de los 225 minutos de fermentación en los tratamientos T6 y T7, es decir; se obtiene la acidez similar a la del yogur natural para estos tratamientos en menor tiempo que el testigo.

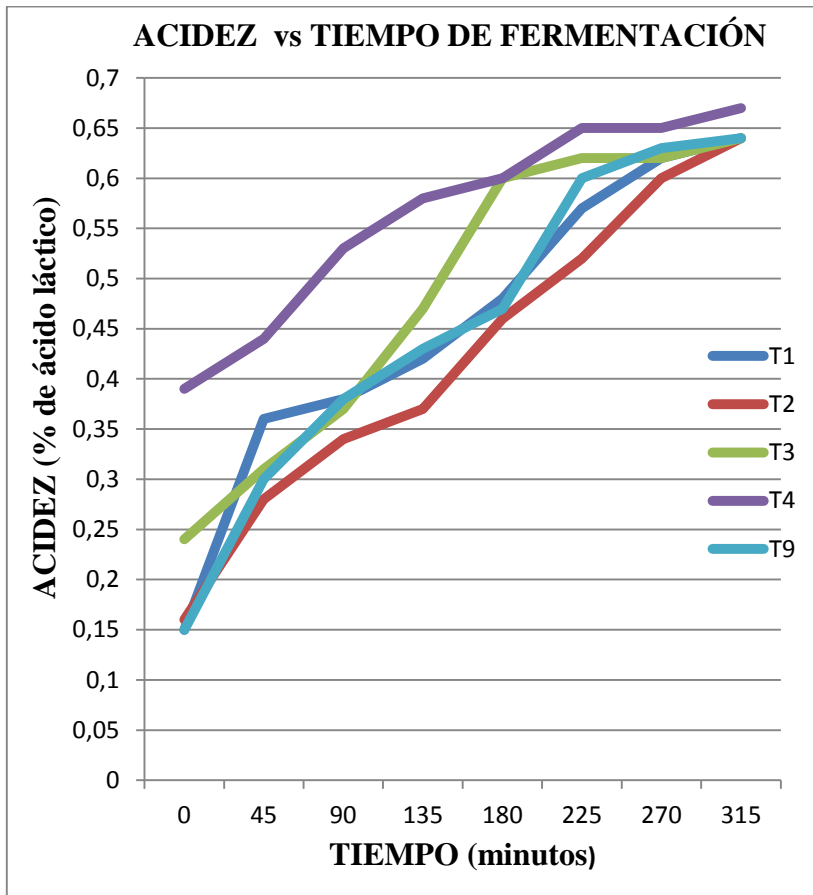


Gráfico 5. Variaciones de acidez durante la fermentación del yogur para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y el Testigo

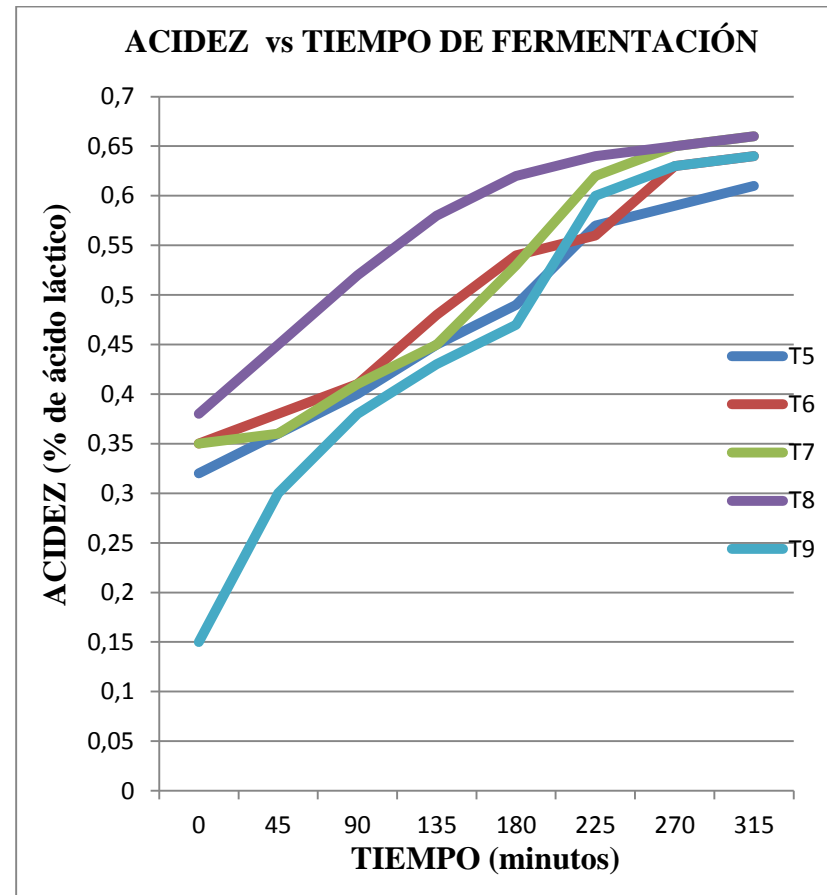


Gráfico 6. Variaciones de acidez durante la fermentación del yogur para los tratamientos T5, T6, T7, T8 y el Testigo

Los cambios sobre la precipitación de la caseína se evidenciaron a partir de los 90 minutos de fermentación, pues pasado este tiempo se observó consistencia mayor a la normal que presenta la leche, la acidez diferente a los valores en tiempo cero.

Las curvas de acidez para tratamientos T1 y T9 presentan similitud, lo que significa que la adición del gel de sábila previo a la pasteurización en cantidad de 5%, el ácido láctico producido por la fermentación persigue un parecido ritmo de acidificación que el testigo (yogur natural). Se observa que ambos tratamientos inicia y culmina su fermentación en un mismo punto de acidez.

Se obtuvo una mínima diferencia sobre la acidez durante el proceso de fermentación para los tratamientos T4 y T8 los cuales presentan en la gráfica su trayectoria similar, estos tratamientos poseen iguales porcentajes de gel de sábila adicionados (20%); y se obtuvo porcentajes de ácido láctico mayores a los demás tratamientos.

El tratamiento T5 indica que su avance de acidificación es proporcional en cada periodo, ya que su curva no pinta desniveles hasta un tiempo de 180 minutos de fermentación.

La acidez del tratamiento T7 se proyecta ascendiendo mayormente que los demás tratamientos desde los 135 minutos de fermentación. Este aumento de acidez se debió a la cantidad de gel de sábila (15%) adicionado sobre la leche. Con dicho porcentaje se obtuvo valores mayores de ácido láctico.

Se observa que en todos los tratamientos analizados a los 225 minutos de fermentación la acidez tiende a estabilizarse. Las variaciones de acidez son debidas a la influencia de proteínas, aminoácidos y vitaminas, las cuales se encuentran en el gel de Aloe vera e interactúan con las propiedades de la leche para mejorar el desarrollo de los microorganismos consecuentemente la acidificación.

4.2. Análisis de pH para todos los tratamientos

Cuadro 16. Valores obtenidos de los resultados de pH durante el proceso de fermentación para todos los tratamientos

TIEMPO	pH								
Minutos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
0	5,45	5,45	5,36	5,21	5,43	5,43	5,24	5,18	6,00
45	5,28	5,26	5,31	5,17	5,37	5,34	5,19	5,15	5,70
90	4,85	4,87	5,25	5,00	4,74	4,82	4,80	4,97	4,60
135	4,53	4,50	4,42	4,73	4,28	4,25	4,63	4,71	4,55
180	4,39	4,43	4,28	4,54	4,26	4,21	4,43	4,60	4,50
225	4,28	4,28	4,20	4,21	4,22	4,18	4,26	4,44	4,36
270	4,26	4,25	4,17	4,17	4,19	4,16	4,20	4,27	4,30
315	4,26	4,24	4,14	4,13	4,17	4,15	4,13	4,12	4,27

Para el pH de cada tratamiento se observa en el Cuadro 16. que el testigo T9 tiene un pH de 4,27 al final de su fermentación, similar valor se dio para los tratamientos T2, T6, y T7; en 225 minutos de tiempo de fermentación, estos valores demuestran que el gel de sábila adicionado influye sobre el pH del yogur durante la fermentación, y se podría disminuir el tiempo requerido para esta operación en dichos tratamientos en base al pH del testigo analizado.

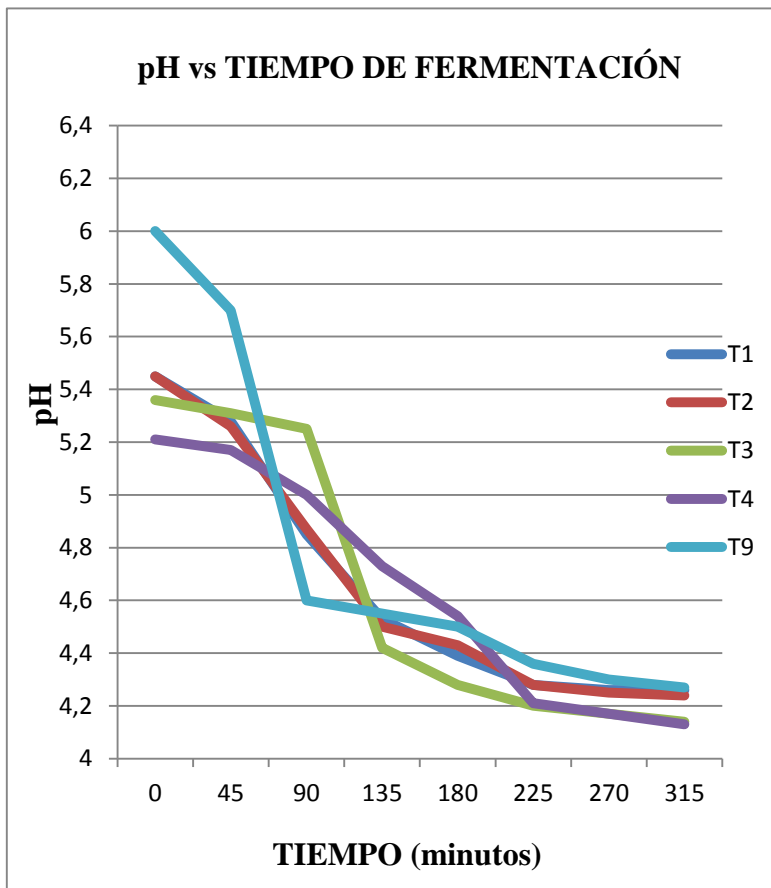


Gráfico 7. Variaciones de pH durante la fermentación del yogur para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y el Testigo

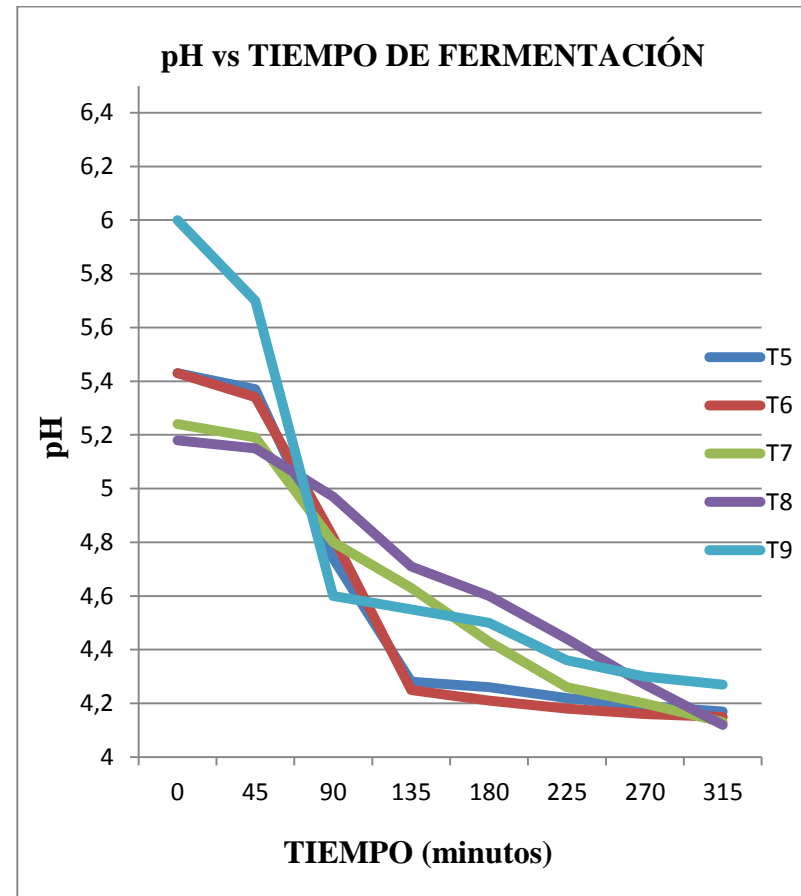


Gráfico 8. Variaciones de pH durante la fermentación del yogur para los tratamientos T5, T6, T7, T8 y el Testigo

Al adicionar el gel de sábila sobre la leche el pH durante la fermentación cambia desde tiempo inicial, este parámetro desciende con mayor rapidez en los tratamientos T4, T6, T7 y T8, estos poseen mayor cantidad de gel de sábila, es decir 15% a 20% de este insumo, el cual provoca que el pH se comporte diferente a los demás tratamientos y también al testigo.

La curva de pH para el tratamiento T9 se distingue de las demás al inicio del proceso de fermentación hasta los 90 minutos transcurridos, el pH desciende a mayor velocidad en este periodo de tiempo; mismo descenso acelerado se dio para el tratamiento T5 en tiempo de 135 minutos de fermentación.

El grado de evolución con el cual se fermenta la leche en el tratamiento T7 se nota acelerado a partir de los noventa minutos hasta los 180 minutos, por consecuencia su pH también reduce su valor rápidamente, se puede decir que el gel de sábila añadido en porcentaje del 15%, es apropiado para que haya mayor producción de ácido láctico que los tratamientos analizados anteriormente en dicho tiempo, pero luego tiende a estabilizar su velocidad de fermentación obteniendo un valor conforme a los demás tratamientos en tiempo final.

A los 225 minutos transcurridos de tiempo de fermentación en todos los tratamientos su pH tiende a estabilizarse.

Todos los tratamientos presentaron valores diferentes tanto de pH como de acidez, estas variables cambiaron por la adición del gel de sábila sobre la leche, es decir; se modificó el medio de crecimiento de los microorganismos, razón por la cual se obtuvo dichas diferencias.

Se concuerda con Longo y Bauman (2007), las proteínas de la caseína se valen del aminoácido prolina para alcanzar el pH donde coagula o se precipita la misma. Este aminoácido es parte de la composición del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), según Quezada (2004).

4.3. Análisis de la población microbiana durante el proceso de fermentación

4.3.1. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T1

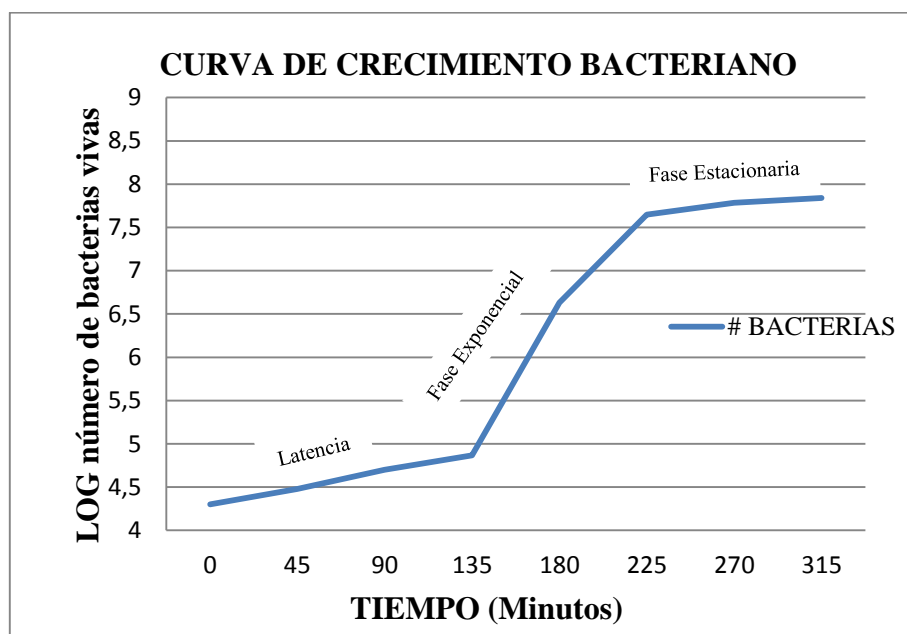


Gráfico 9. Curva de crecimiento de población microbiana para T1

En el gráfico 9, se puede observar que en un tiempo de 0 a 45 minutos no existe un evidente crecimiento, pasado los 90 minutos de incubación se cuentan más bacterias, las cuales recién inician su desarrollo propiciado por el ambiente al cual deben adecuarse; es entonces, en la fase exponencial donde se observa un desarrollo acelerado, en tiempo de 135 minutos (2 horas 15 minutos) hasta alcanzar un número de bacterias de $4,45E+07$ a los 225 minutos (3 horas y 45 minutos), momento en el cual tiende a detenerse el desarrollo microbiano. Además en un tiempo de 270 minutos se halla un valor de microorganismos con diferencia mínima al dato tomado en el tiempo final de la fermentación.

4.3.2. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T2

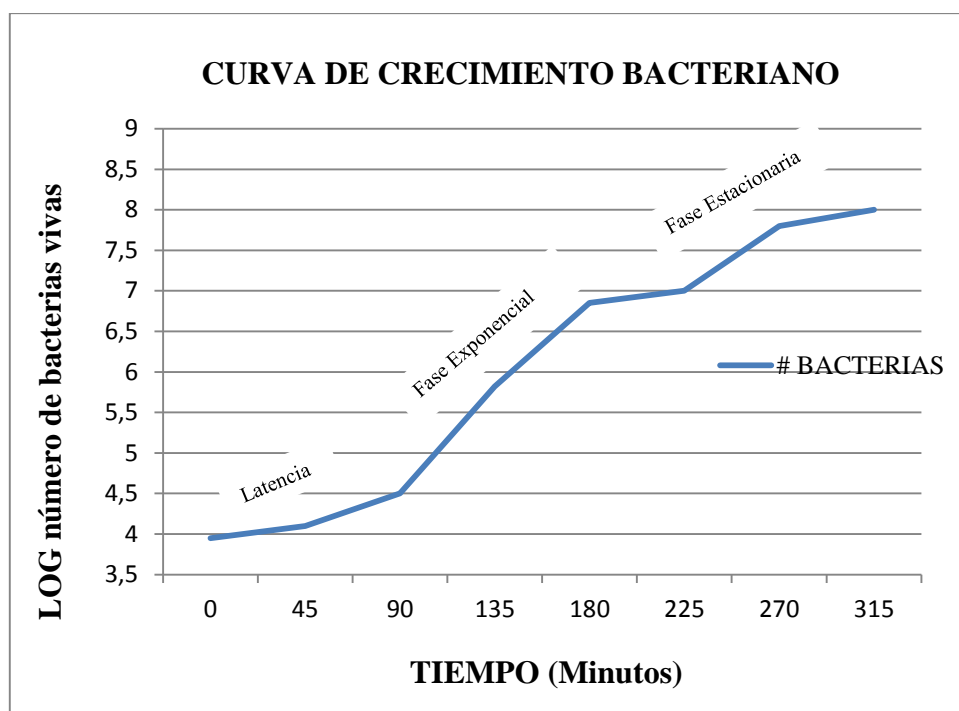


Gráfico 10. Curva de crecimiento de población microbiana para T2

Se evidencia en la curva de crecimiento microbiano, que contiene 10% de gel de sábila, un mayor crecimiento bacteriano que el tratamiento T1, es decir; a medida que aumenta el gel de sábila añadido a la leche, hubo un conteo superior de estos microorganismos, a partir de los 225 minutos de fermentación, se comienza a detener su desarrollo poblacional, retardándose su velocidad de crecimiento.

4.3.3. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T3

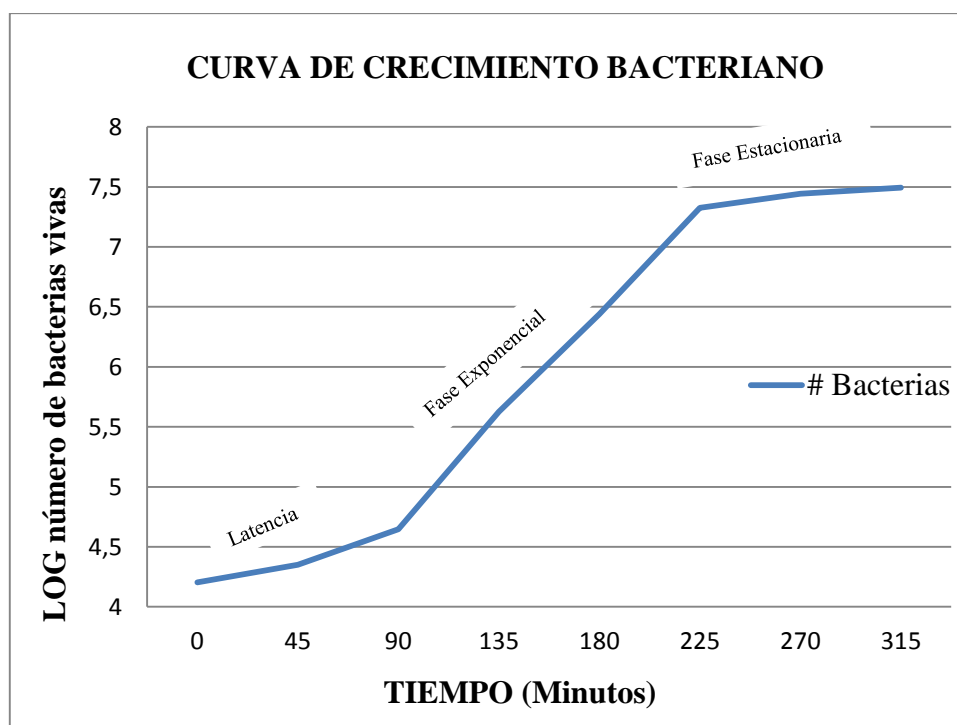


Gráfico 11. Curva de crecimiento de población microbiana para T3

Su crecimiento microbiano para el tratamiento T3 sigue aumentando, esta vez por la adición del gel de sábila en porcentaje del 15%, pero se retrasa el mismo a partir de los 225 minutos de fermentación, desde este tiempo en adelante se observó conteos mínimos, llegando a un conteo final de $3,12E+07$ UFC/ml, este conteo resultó inferior a los tratamientos T1 y T2; se deduce que el nivel de acidez alcanzado debido al porcentaje de gel añadido (15%) y adicionado previo a la pasteurización no permitió conseguir conteos microbianos superiores.

4.3.4. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T4

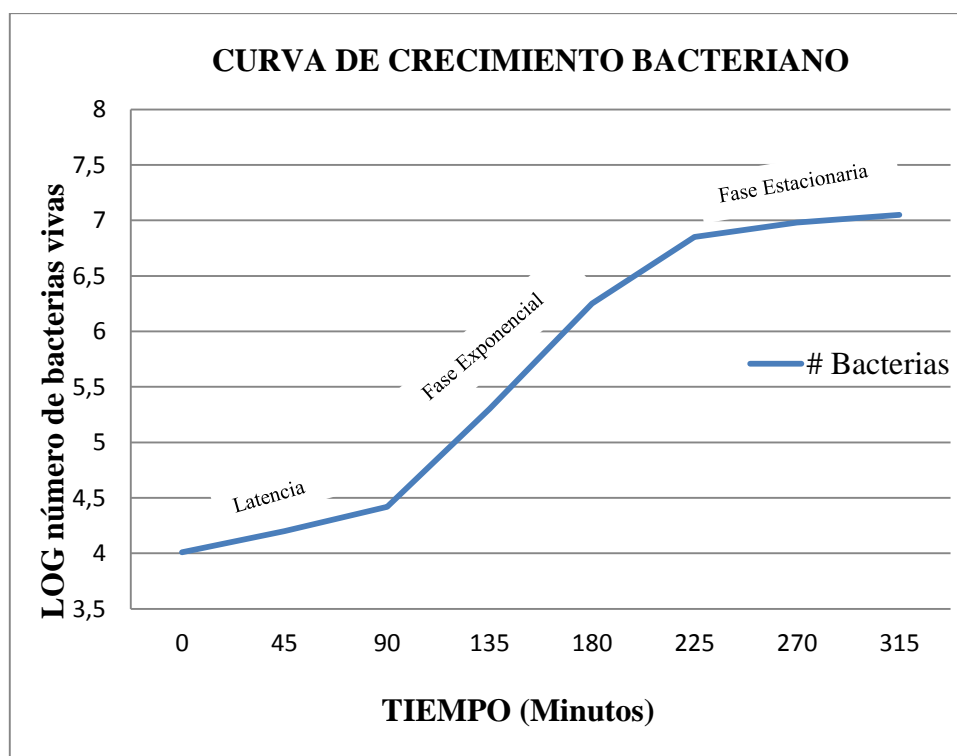


Gráfico 12. Curva de crecimiento de población microbiana para T4

En el gráfico 12, se distingue cada una de las fases de fermentación de la leche en función del tiempo establecido, de igual manera que los tratamientos anteriores el desarrollo microbiano detiene su reproducción a los 225 minutos de fermentación, sin embargo resultó un conteo inferior a los tratamientos T1, T2 y T3; el gel de sábila se adicionó en un porcentaje no adecuado (20%) para conseguir un mejor desarrollo microbiano, se puede decir que la leche utilizada para realizar el yogur no tolera niveles superiores al 15% de gel de Aloe vera, el crecimiento microbiano se ve limitado por la rápida acidificación de la leche con dicho porcentaje.

4.3.5. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T5

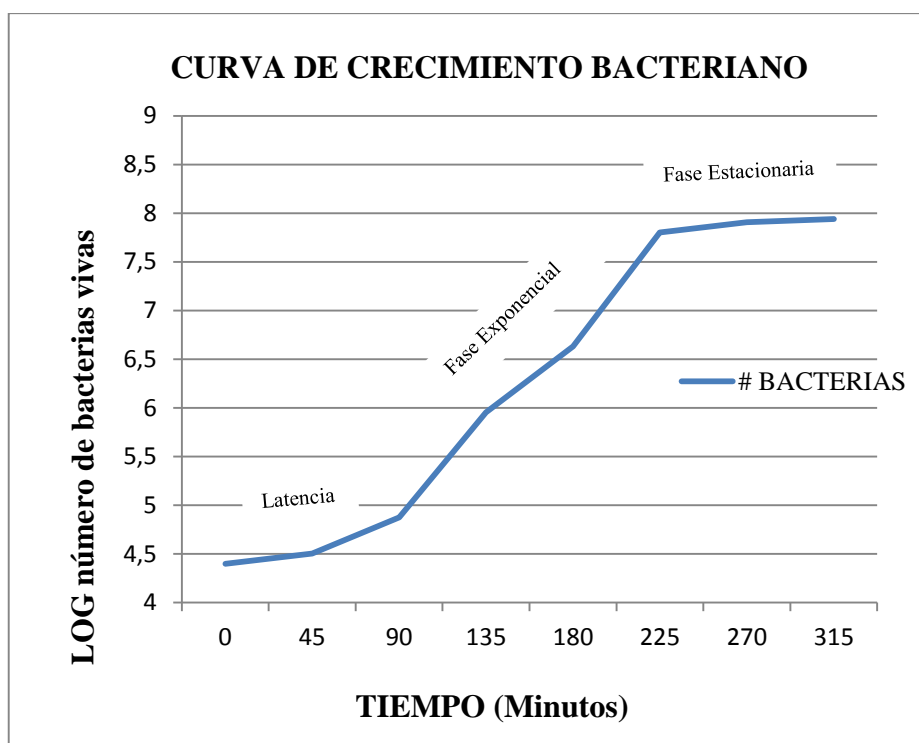


Gráfico 13. Curva de crecimiento de población microbiana para T5

Según el gráfico 13, a los 90 minutos se halla conteo superior el cual sigue prolongándose a medida que pasa el tiempo, en cada periodo establecido existe crecimiento de microorganismos hasta llegar a los 225 minutos transcurridos, de allí en adelante se evidencia un retardo de aumento de microorganismos, alcanzando a un valor de $8,70E+07$ UFC/ml.

Dicho conteo de microorganismos es superior a los tratamientos T1, T2, T3 y, T4; donde se adicionó el gel de sábila antes de la pasteurización, es decir que fue conveniente añadir este insumo posterior al proceso térmico para obtener las bondades sobre los componentes existentes en el Aloe vera, se puede indicar que dichos componentes pierden su actividad metabólica al ser sometidos a procesos térmicos posteriores a su proceso de obtención. La sábila se combina con la leche reforzando su constitución de nutrientes aplicándola en el momento después de la

pasteurización con la finalidad de obtener mayor crecimiento de los microorganismos.

4.3.6. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T6

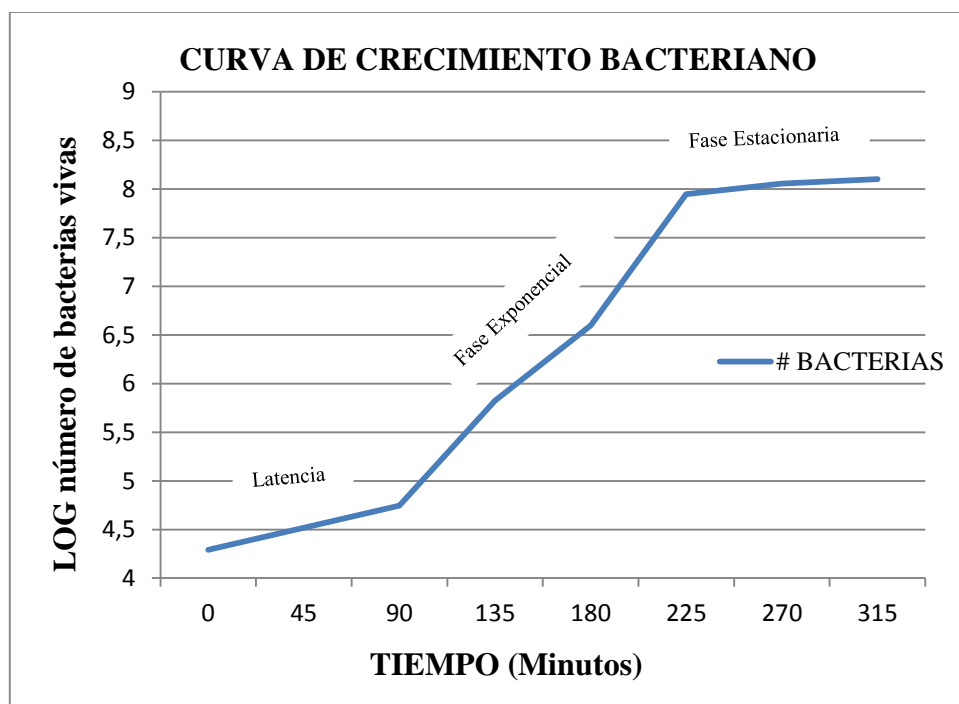


Gráfico 14. Curva de crecimiento de población microbiana para T6

Los microorganismos crecen más rápido a partir de los noventa minutos de fermentación, valores reflejados en la fase exponencial; a medida que se agregue el gel de sábila sobre el yogur existe un mayor crecimiento microbiano, y es conveniente realizar su adición posteriormente al proceso de pasteurización de la leche para obtener valores mayores de población microbiana. El crecimiento microbiano tiende a estabilizarse desde los 225 minutos de fermentación, por lo que a partir de este momento se encuentran conteos mínimos al tomado en este dicho tiempo.

4.3.7. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T7

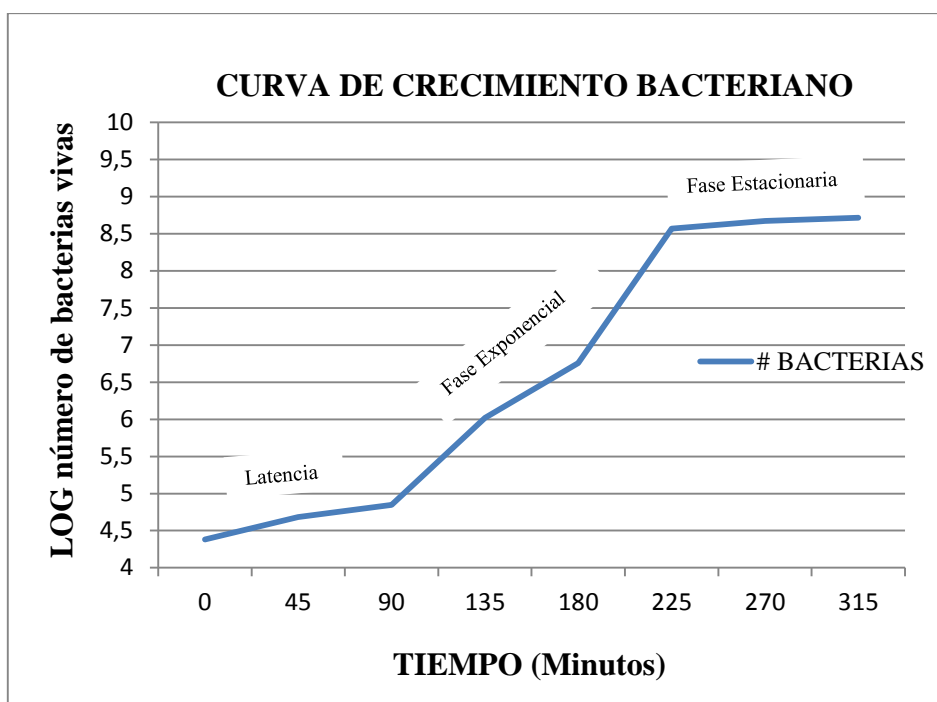


Gráfico 15. Curva de crecimiento de población microbiana para T7

En el Tratamiento T7, el crecimiento microbiano se ejerce en tiempo de 90 minutos, evidenciando un recuento considerable, a diferencia del primer tiempo (45 minutos), se estabiliza la reproducción a los 300 minutos (5 horas), tiempo estimado para disminuir la temperatura del coagulo del yogur.

Fue una cantidad mayor de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) que se añadió sobre la leche para este tratamiento, y se obtuvo un número superior de microorganismos; demostrando que los componentes del gel de sábila interceden en su evolución, y si se aumenta la proporción de Aloe vera mayor será las probabilidades de crecimiento de los microorganismos, los cuales consumen los nutrientes que les suministra el gel de sábila, para obtener un desarrollo máximo.

Los componentes de la sábila tienen mayor posibilidad de interactuar en el sustrato si este no es sometido a la pasteurización, ya que en este proceso se podrían haber perdido los nutrientes por el calentamiento.

4.3.8. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T8

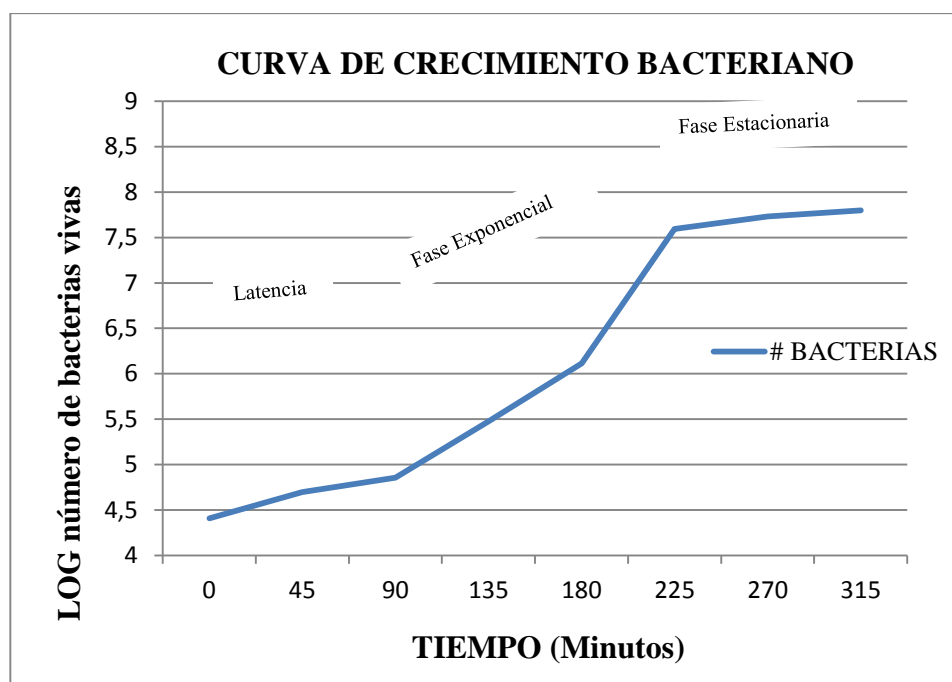


Gráfico 16. Curva de crecimiento de población microbiana para T8

Existe un mayor crecimiento microbiano para el tratamiento T8 que para el tratamiento T4, los cuales coinciden en porcentaje de adición sobre el yogur, influye el momento de adición del gel de sábila obteniendo un mejor conteo de microorganismos si se añade este insumo posteriormente a la pasteurización. El resultado de población microbiana es menor en comparación con los tratamientos T6 y T7, los cuales tienen 10% y 15% respectivamente, por lo que se deduce que no es conveniente utilizar este insumo en cantidad del 20%.

4.3.9. Análisis del crecimiento de la población microbiana para T9

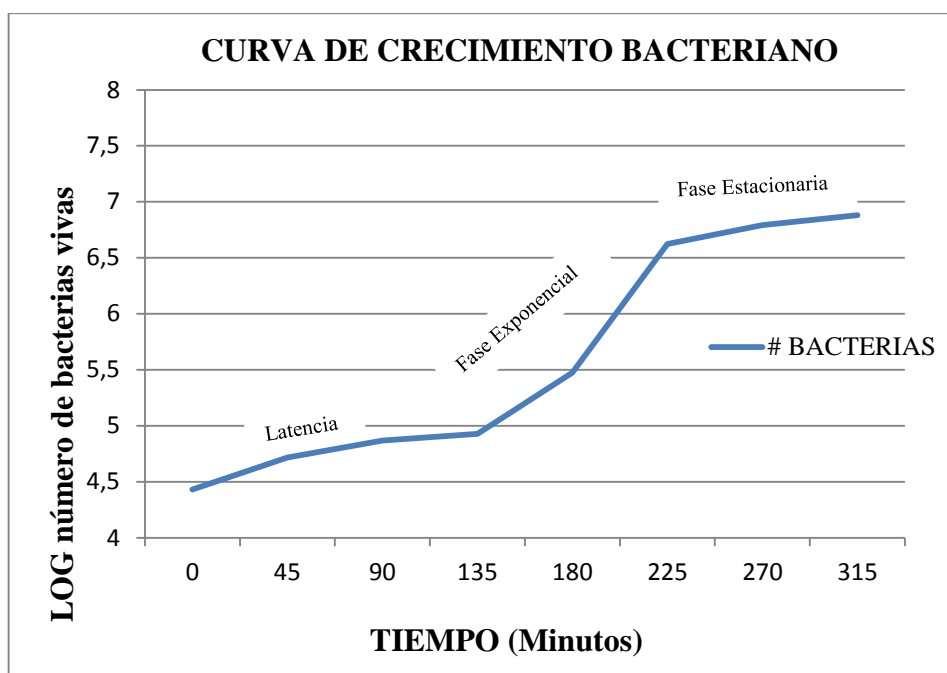


Gráfico 17. Curva de crecimiento de población microbiana para T9

En el tratamiento T9, se observa que el crecimiento de los microorganismos fue de manera constante, es decir en cada tiempo analizado existe mejor simetría en cantidad de microorganismos, diferenciándose de los demás tratamientos analizados. La fase estacionaria se da a los 225 minutos, los microorganismos en este lapso tienden a estabilizarse deteniendo poco a poco su desarrollo.

En los diferentes gráficos de las curvas de crecimiento de la población microbiana en el proceso de fermentación del yogur, se determinó que los tratamientos que poseen gel de sábila a diferencia del tratamiento T9 (testigo); contienen mayor población bacteriana desde el momento de 90 minutos (1 hora y 30 minutos) de incubación hasta las 5 horas, donde se estableció la fase estacionaria, en cada uno de ellos. Se reafirma la influencia del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) para inducir la reproducción de estos microorganismos.

De acuerdo con Spoerke, et al. (2000), la sábila como sustrato es excelente. Debido a su composición físico-química; se observó mayor crecimiento de microorganismos en tratamientos que poseen Aloe vera, lo contrario sucedió para el testigo que no intervino dicho insumo en su elaboración, por lo que su crecimiento microbiano se limitó en este tratamiento.

4.4. Análisis del crecimiento microbiano para todos los tratamientos

Cuadro 17. Valores obtenidos de los resultados de población microbiana durante el proceso de fermentación para todos los tratamientos

TIEMPO	POBLACIÓN MICROBIANA (log base 10)								
Minutos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
0	4,301	3,950	4,204	4,009	4,398	4,292	4,380	4,407	4,431
45	4,477	4,100	4,352	4,199	4,505	4,517	4,681	4,699	4,716
90	4,699	4,500	4,647	4,420	4,875	4,747	4,845	4,857	4,869
135	4,866	5,820	5,627	5,301	5,954	5,824	6,021	5,476	4,929
180	6,631	6,850	6,441	6,250	6,631	6,599	6,756	6,114	5,474
225	7,648	7,000	7,326	6,850	7,803	7,947	8,568	7,595	6,623
270	7,785	7,800	7,444	6,980	7,908	8,057	8,672	7,732	6,792
315	7,839	8,000	7,494	7,049	7,940	8,104	8,716	7,799	6,881

Según los valores del Cuadro 17, el tratamiento T7 contó con una mayor población con respecto al resto de tratamientos y el testigo T9. El tratamiento T9 tiene una población de 6,881 (log base 10), alcanzado en los 315 minutos de fermentación, este mismo valor poblacional se puede conseguir en tiempo de 180 a 225 minutos para los tratamientos T2, T6 y T7, reduciendo de esta manera el tiempo de fermentación para obtener un producto con similar número de microorganismos, en menor tiempo de fermentación y con las características que posee el yogur natural, entonces; se deduce que el gel de sábila acelera la fermentación de la leche para la elaboración del yogur.

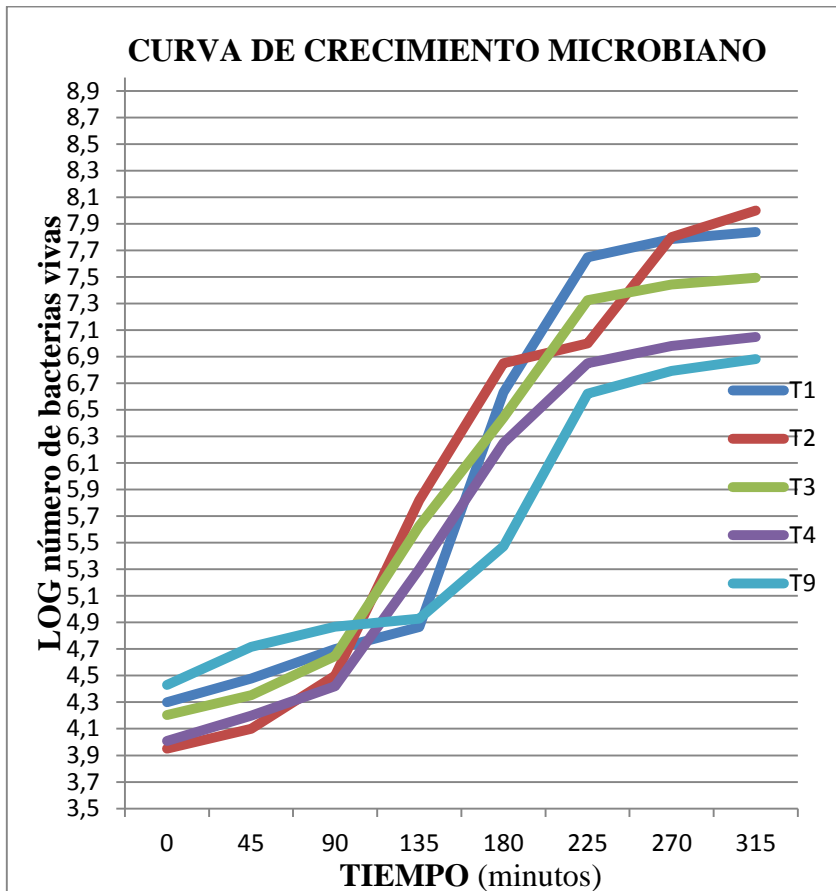


Gráfico 18. Curvas de crecimiento de población microbiana durante la fermentación del yogur para los tratamientos T1, T2, T3, T4 y el Testigo

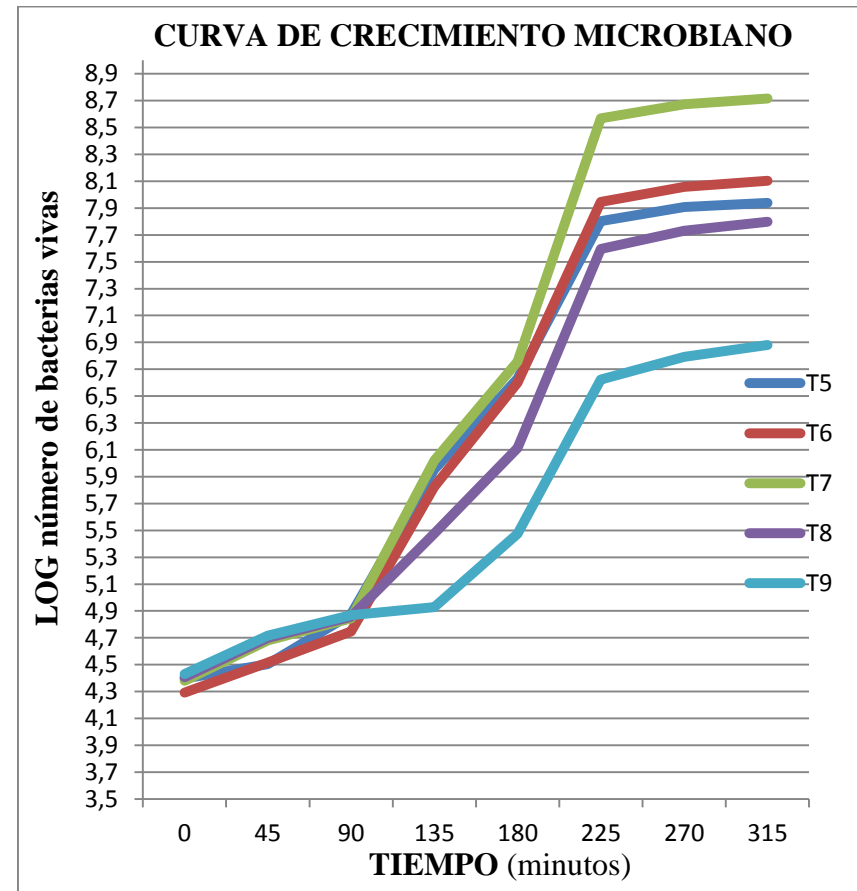


Gráfico 19. Curvas de crecimiento de población microbiana durante la fermentación del yogur para los tratamientos T5, T6, T7, T8 y el Testigo

Como se indicó en el análisis individual de cada tratamiento, se presentan curvas de crecimiento en cuales se diferencian las fases que sufren los microorganismos durante el tiempo establecido para la fermentación con la que se obtuvo el yogur.

Al mejorar la calidad de los componentes nutricionales de la leche por adicionar gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), este reacciona efectivamente interviniendo aminoácidos, proteínas y vitaminas específicamente los citados por los investigadores, Spreer y Sutherland (1991); los cuales son: valina, ácido aspártico, calcio, fosforo, ácido fólico y vitaminas del grupo B; se asume que estos constituyentes del Aloe vera son captados por los microorganismos analizados, ya que demuestran un mejor crecimiento por la influencia de dichos componentes.

Igualmente para Tamine y Robinson (1991), la concentración de proteínas intervienen sobre la formación del coagulo del yogur, la calidad del producto depende entonces de las proteínas que contiene la leche y el gel de sábila añadido, para Quezada (2004), existe un 0,10% de proteína en la composición del gel de Aloe vera.

Aminoácidos como la valina intervienen apropiadamente en el metabolismo de fermentación del yogur, de acuerdo a Tamine y Robinson (1991).

El gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) se ve afectado por el tratamiento térmico al cual fue sometido junto con la leche, razón por la cual el desarrollo de los microorganismos es menor en comparación con los tratamientos analizados con su adición posterior a este proceso, sin embargo su población es mayor a la que cuentan los microorganismos presentes en el testigo (yogur natural).

Los tres tratamientos que cuentan con un conteo superior a los demás analizados son: T2, T6 y T7; los cuales corresponden a 10% y 15% de gel de sábila adicionados al yogur en su proceso de elaboración. Dichos tratamientos se consideran como los mejores destacándose el T7 con $5,20E+08$ UFC/ml.

Los microorganismos para los tratamientos T4 y T8 no resultaron favorables en comparación al resto de tratamientos analizados, la leche no tolera este nivel de adición ya que se modifica su composición hasta perturbar su acidez y pH después del tiempo establecido para su fermentación, y retiene el crecimiento microbiano.

4.5. Análisis de la acidez en el producto terminado

Cuadro 18. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del producto terminado

Nº	COM. / REP.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	A1B1	0,6400	0,6400	0,6500	1,9300	0,6433
T2	A1B2	0,6400	0,6400	0,6400	1,9200	0,6400
T3	A1B3	0,6400	0,6400	0,6300	1,9100	0,6367
T4	A1B4	0,6700	0,6400	0,6500	1,9600	0,6533
T5	A2B1	0,6400	0,6200	0,6200	1,8800	0,6267
T6	A2B2	0,6400	0,6400	0,6400	1,9200	0,6400
T7	A2B3	0,6600	0,6600	0,6600	1,9800	0,6600
T8	A2B4	0,6600	0,6500	0,6500	1,9600	0,6533
T9	Testigo	0,6200	0,6200	0,6400	1,8800	0,6267
SUMA REP.		5,8100	5,7500	5,7800	17,3400	0,6422

Cuadro 19. Análisis de varianza para la variable acidez del producto terminado

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	Signif.	F. 5%	F. 1%
Total	26	0,0045					
Tratamientos	8	0,0033	0,0004	6,1250	**	2,5100	3,7100
FA	1	0,0000	0,0000	0,2500	NS	4,4100	8,2900
FB	3	0,0016	0,0005	7,7500	**	3,1600	5,0900
I (AX B)	3	0,0009	0,0003	4,4167	*	3,1600	5,0900
Testigo. vs Otros	1	0,0008	0,0008	12,2500	**	4,4100	8,2900
Error Exp.	18	0,0012	0,0001				

CV: 1,2714%

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

En el análisis de varianza, se observa que existe alta significación estadística para tratamientos, factor B (cantidad de gel de sábila medida en porcentajes), es decir, todos los tratamientos son diferentes, incididos por el momento de adición y el porcentaje de gel de la sábila, mismos que influyen en el proceso de elaboración del yogur. Para testigo vs. Otros, existe alta significación estadística determinando que el yogur natural se comporta de manera diferente por resultar su acidez menor a los demás tratamientos a los cuales se los adicionó el gel de sábila. Para la interacción A x B (adición del gel de sábila, cantidad de gel de sábila) existe significación estadística al 5%. El CV es del 1,2714% y tiene un promedio de ácido láctico de 0,6422 %.

Al existir diferencia estadística se realizó la respectiva prueba de Tukey al 5% para tratamientos, DMS para factor B (cantidad de gel de sábila medida en porcentajes) y la respectiva gráfica para la interacción A x B.

Cuadro 20. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) en el producto terminado

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS	
T7	A2B3	0,6600	a
T4	A1B4	0,6533	a
T8	A2B4	0,6533	a
T1	A1B1	0,6433	a
T2	A1B2	0,6400	a
T6	A2B2	0,6400	a
T3	A1B3	0,6367	b
T9	TESTIGO	0,6267	b
T5	A2B1	0,6267	b

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, se observa que existe dos rangos donde los tratamientos que ocupan el rango “a”, son los que más se ajustan a los valores acidez del yogur siendo estos T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T1 (5% gel de sábila -previo a la pasteurización), T2 (10% gel de sábila -previo a la pasteurización), T6 (10% gel de sábila -posterior a la pasteurización). Para la presente investigación se determina que los valores altos de acidez son los mejores debido a que si la acidez es más baja el producto es susceptible a contaminación.

Cuadro 21. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del producto terminado

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B3	0,6600	a
B4	0,6500	a
B2	0,6400	b
B1	0,6400	b

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) se muestra que el nivel B3 (15 % de gel de sábila), presenta la mejor media ocupando el rango “a”, se considera que la variable acidez del yogur en el producto terminado está incidida por el porcentaje de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*).

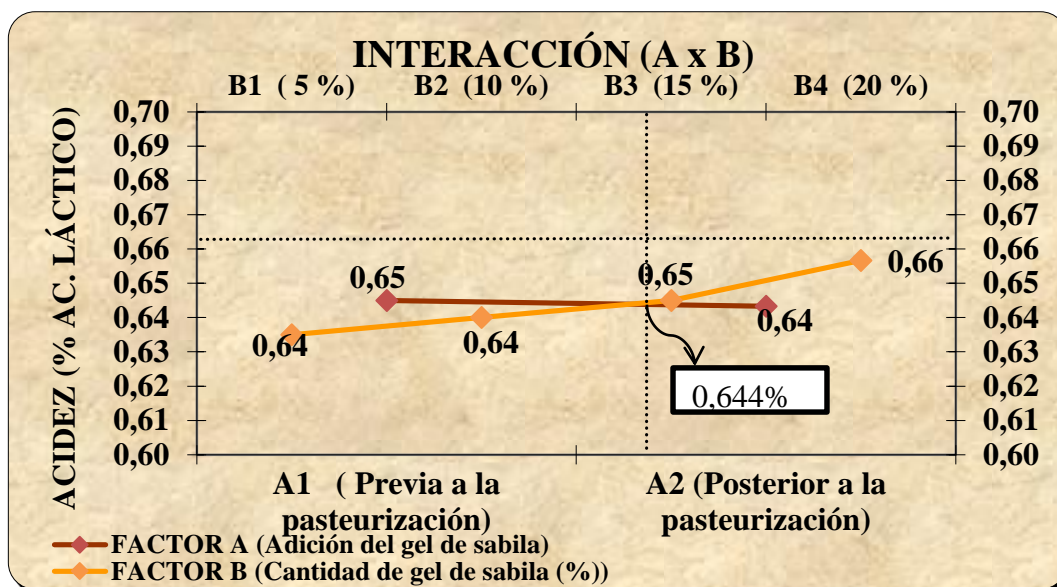


Gráfico 20. Interacción (A x B) para la variable acidez del producto terminado

Al realizar la interacción de los factores A x B para la variable acidez del yogur, se determina que la adición del gel de sábila debe hacerse posterior a la pasteurización y con el 15% del mismo.

La interacción de los factores en estudio (Gráfico 20) indica que el momento de adición y la cantidad de gel de sábila son directamente proporcionales a la cantidad de ácido láctico; es decir, a mayor porcentaje de gel de sábila el momento de adición apropiado será posterior la pasteurización.

Se observa que al adicionar el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) posterior a la pasterización y el 15% en relación a la cantidad de materia prima, el producto presenta un valor de ácido láctico de 0,644%; cuando se incremente el porcentaje de gel de sábila se sigue manteniendo el momento de colocación del gel, que es después de la pasteurización de la leche. Deduciendo que con un valor mayor de porcentaje de gel de sábila mayor será la acidez del producto.

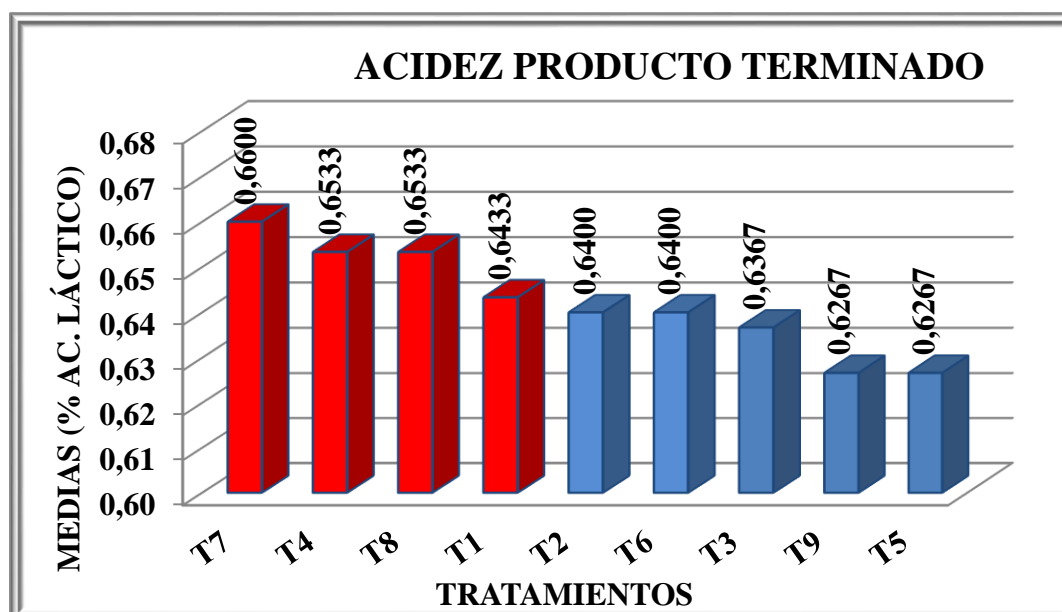


Gráfico 21. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del producto terminado

El gráfico 21, se construyó con los valores promedios de acidez (% de ácido láctico) del yogur, correspondientes a cada uno de los tratamientos en estudio: estableciéndose como los mejores tratamientos T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización) y T1(5% de gel de sábila -previo a la pasteurización); es decir, la acidez del yogur depende del momento de colocación y el porcentaje de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*).

Conforme a Castillo y Mestres (2004), la velocidad de fermentación evidentemente obedece a la cantidad de aminoácidos existentes en el medio de crecimiento de los microorganismos, tomando en cuenta que se obtuvo valores más altos de acidez en tratamientos que se añadió el gel de sábila.

4.6. Análisis de la acidez del yogur a los 6 días del almacenamiento

Cuadro 22. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 6 días de almacenamiento

Nº	COM. / REP.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	A1B1	0,6500	0,6500	0,6500	1,9500	0,6500
T2	A1B2	0,6500	0,6500	0,6600	1,9600	0,6533
T3	A1B3	0,6600	0,6500	0,6400	1,9500	0,6500
T4	A1B4	0,6900	0,6700	0,6800	2,0400	0,6800
T5	A2B1	0,6500	0,6300	0,6300	1,9100	0,6367
T6	A2B2	0,6500	0,6600	0,6400	1,9500	0,6500
T7	A2B3	0,6800	0,6900	0,6800	2,0500	0,6833
T8	A2B4	0,6900	0,6700	0,6700	2,0300	0,6767
T9	Testigo	0,6300	0,6200	0,6500	1,9000	0,6333
SUMA REP.		5,9500	5,8900	5,9000	17,7400	0,6570

Cuadro 23. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 6 días de almacenamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	Signif.	F. 5%	F. 1%
Total	26	0,0100					
Tratamientos	8	0,0082	0,0010	10,6827	**	2,5100	3,7100
FA	1	0,0001	0,0001	0,6923	NS	4,4100	8,2900
FB	3	0,0044	0,0015	15,1154	**	3,1600	5,0900
I (AX B)	3	0,0019	0,0006	6,5769	**	3,1600	5,0900
Testigo. vs Otros	1	0,0019	0,0019	19,6923	**	4,4100	8,2900
Error Exp.	18	0,0017	0,0001				

CV: 1,4935%

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

En el análisis de varianza (Cuadro 23), existe alta significación estadística para tratamientos, factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje), interacción A x B, y testigo vs otros. Es decir, todos los tratamientos son diferentes, debido al momento de adición del gel de sábila y su cantidad en porcentaje, en la elaboración del yogur. Con un CV del 1,4935% aceptable para una investigación de laboratorio y tiene un promedio de ácido láctico de 0,6570%.

Al existir diferencia estadística se procedió a realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, DMS para factor B (cantidad de gel de sábila en porcentajes) y la respectiva gráfica para la interacción A x B.

Cuadro 24. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 6 días de almacenamiento

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T7	A2B3	0,6833	a
T4	A1B4	0,6800	a
T8	A2B4	0,6767	a
T2	A1B2	0,6533	b
T1	A1B1	0,6500	b
T3	A1B3	0,6500	b
T6	A2B2	0,6500	b
T5	A2B1	0,6333	b
T9	TESTIGO	0,6367	b

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, se observa que transcurrido los 6 días de almacenamiento, los ocupan el rango “a” son los que más se ajustan a los valores de ácido láctico requeridos, siendo estos T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización), evidenciando de esta manera que a mayor tiempo de almacenamiento la acidez del yogur tiende a aumentarse debido a la producción de ácido láctico.

Cuadro 25. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 6 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B3	0,6783	a
B4	0,6667	a
B2	0,6517	b
B1	0,6433	c

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa DMS para el factor B se muestra que el nivel B3 (15% de gel de sábila) ocupa el rango “a”, se considera que la acidez a los 6 días de almacenamiento depende del porcentaje de adición de gel de sábila al yogur, a mayor cantidad de gel añadido mayor será el porcentaje de ácido láctico. La mejor media tiene un valor de 0,6783% de ácido láctico.

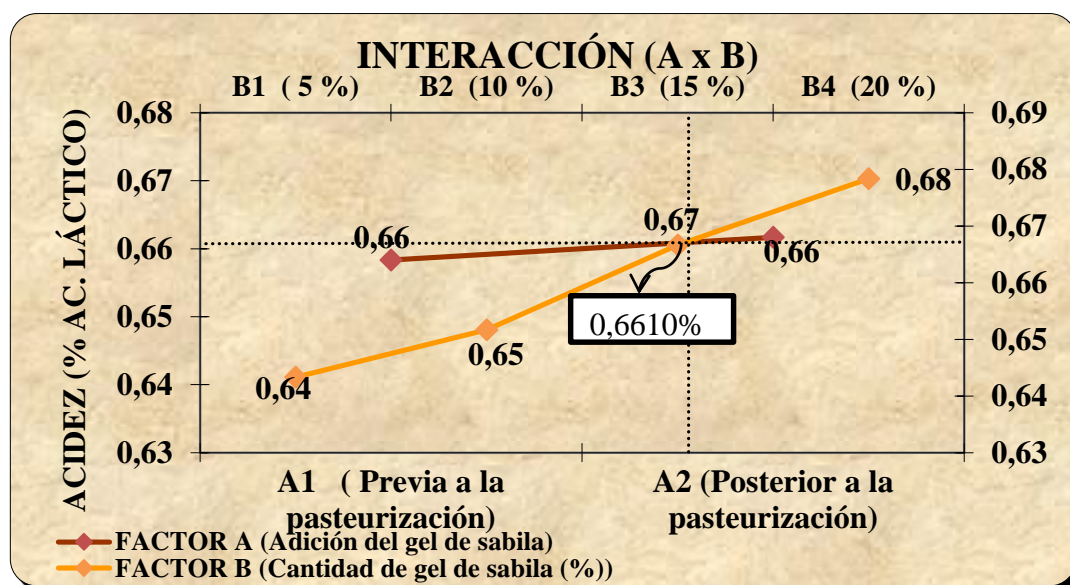


Gráfico 22. Interacción (A x B) para la variable acidez del yogur a los 6 días de almacenamiento

Al realizar la interacción A x B para la variable acidez a los seis días de almacenamiento se evidencia que el mejor momento de colocar el gel de sábila

(*Aloe barbadenses Miller*) es posterior a la pasteurización y 15% del mismo con relación a la materia prima.

La interacción de los factores en estudio (Gráfico 22) indica que el momento de adición y el porcentaje de gel de sábila son proporcionales a la acidez; es decir, a mayor porcentaje de gel de sábila la manera de colocación del gel adecuada se realiza posterior a la pasteurización.

Se observa que en el porcentaje de gel de sábila (15%) y colocando posteriormente a la pasterización tiende a mantenerse, en un punto óptimo 0,6610% de ácido láctico; manifestando que se evitaría cambios excesivos en el producto terminado, si el proceso se realiza con otros porcentajes de gel y otro momento de pasterización diferentes al punto de la intersección.

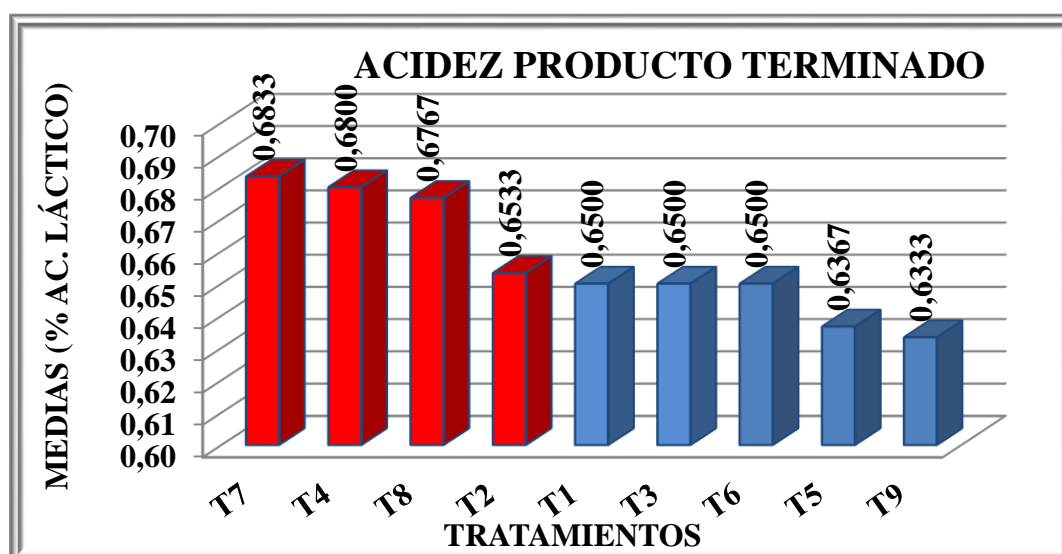


Gráfico 23. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del yogur a los 6 días de almacenamiento

En el gráfico 23, se determinó los valores promedios de acidez a los 6 días de almacenamiento correspondiente a cada uno de los tratamientos en estudio, se estableció como los mejores tratamientos: T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T8 (20% gel

de sábila -posterior a la pasteurización) y T2 (10% gel de sábila -previo a la pasteurización) es decir, la acidez del yogur depende del momento y porcentaje de gel de sábila (*Aloe barbadenses Miller*).

4.7. Análisis de la acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento

Cuadro 26. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 11 días de almacenamiento

Nº	COM. / REP.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	A1B1	0,6700	0,6600	0,6700	2,0000	0,6667
T2	A1B2	0,6800	0,6700	0,6600	2,0100	0,6700
T3	A1B3	0,6900	0,6800	0,6800	2,0500	0,6833
T4	A1B4	0,7200	0,6900	0,7300	2,1400	0,7133
T5	A2B1	0,6600	0,6500	0,6600	1,9700	0,6567
T6	A2B2	0,6700	0,6800	0,6600	2,0100	0,6700
T7	A2B3	0,7000	0,7300	0,7200	2,1500	0,7167
T8	A2B4	0,7100	0,7100	0,7200	2,1400	0,7133
T9	Testigo	0,6300	0,6400	0,6700	1,9400	0,6467
SUMA REP.		6,1300	6,1100	6,1700	18,4100	0,6819

Cuadro 27. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	Signif.	F. 5%	F. 1%
Total	26	0,0196					
Tratamientos	8	0,0167	0,0021	13,1395	**	2,5100	3,7100
FA	1	0,0002	0,0002	0,9419	NS	4,4100	8,2900
FB	3	0,0113	0,0038	23,6512	**	3,1600	5,0900
I (AX B)	3	0,0017	0,0006	3,5233	*	3,1600	5,0900
Testigo vs Otros	1	0,0179	0,0179	112,4419	**	4,4100	8,2900
Error Exp.	18	0,0029	0,0002				

CV: 1,8508 %

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

Al realizar el análisis de varianza, se observa que existe alta significación estadística para tratamientos, factor B (cantidad de gel de sábila en porcentajes) y testigo (yogur natural sin adición de gel de sábila) vs otros. Es decir que el comportamiento entre un tratamiento respecto a otro difiere en la acidez a los 11 días de almacenamiento. Para la interacción A x B existe significación estadística al 5%. La acidez del testigo es baja en comparación con la de los tratamientos con adición de gel de sábila es por ello que existe alta significación para esta fuente de variación. El CV es del 1,85% y tiene un promedio de 0,6819% de ácido láctico. Al existir diferencia estadística se realizó prueba de Tukey al 5% para tratamientos, DMS para factor B (cantidad de gel de sábila en porcentajes).

Cuadro 28. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 11 días de almacenamiento

TRATAMIENTOS	MEDIAS	RANGOS	
T7	A2B3	0,7167	a
T4	A1B4	0,7133	a
T8	A2B4	0,7133	a
T3	A1B3	0,6833	a
T2	A1B2	0,6700	b
T6	A2B2	0,6700	b
T1	A1B1	0,6667	b
T5	A2B1	0,6567	b
T9	TESTIGO	0,6467	b

Tukey al 5% para la acidez a los 11 días de almacenamiento indica que los tratamientos que ocupan el rango “a”, tienen los mejores valores al ser mayores: T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasterización), T4 (15% gel de sábila -previo a la pasterización), T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasterización) y T3 (15% gel de sábila -previo a la pasterización) determinando que el momento de

adición del gel de sábila posterior a la pasteurización y 15% del mismo da lugar a una mayor acidez.

Cuadro 29. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% ácido láctico) del yogur a los 11 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B3	0,7150	a
B4	0,7000	a
B2	0,6700	b
B1	0,6617	c

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B (cantidad de gel de sábila), el nivel B3 (15% de gel de sábila) es el mejor, encontrándose en el rango “a” ya que indica mayor porcentaje de acidez.

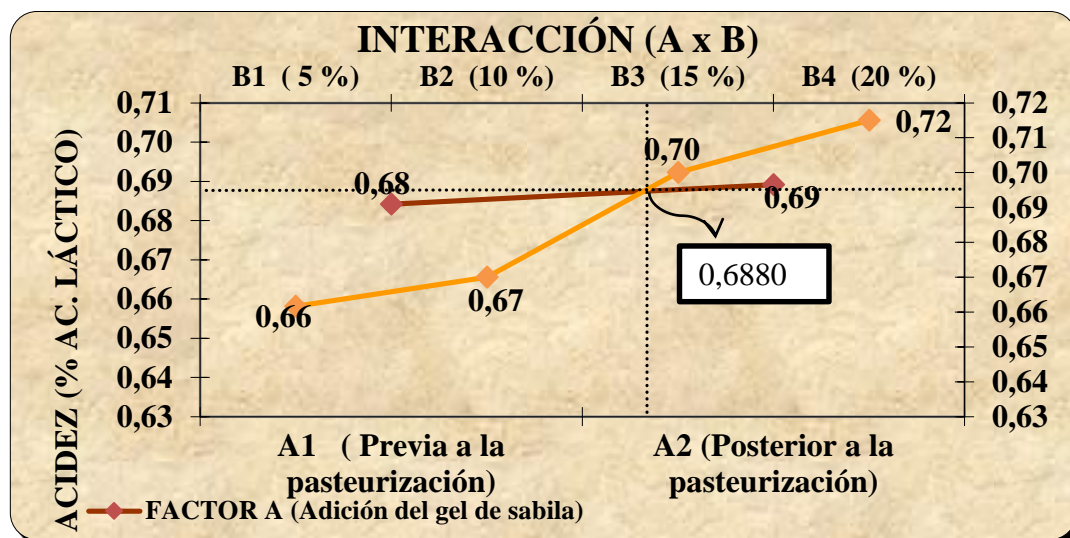


Gráfico 24. Interacción (A x B) para la variable acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento

Al realizar la interacción A x B para la variable acidez a los 11 días de almacenamiento del yogur, el punto óptimo está entre el porcentaje de gel de sábila (15%) y el momento de colocación del gel posterior a la pasteurización.

La interacción de los factores en estudio (Gráfico 24) indica que dependiendo del momento de la colocación y el porcentaje de gel de sábila, mayor será la acidez del yogur. Se observa que en el momento posterior a la pasteurización y la cantidad de 15% de gel, la acidez presenta un punto óptimo de 0,6880% de ácido láctico.

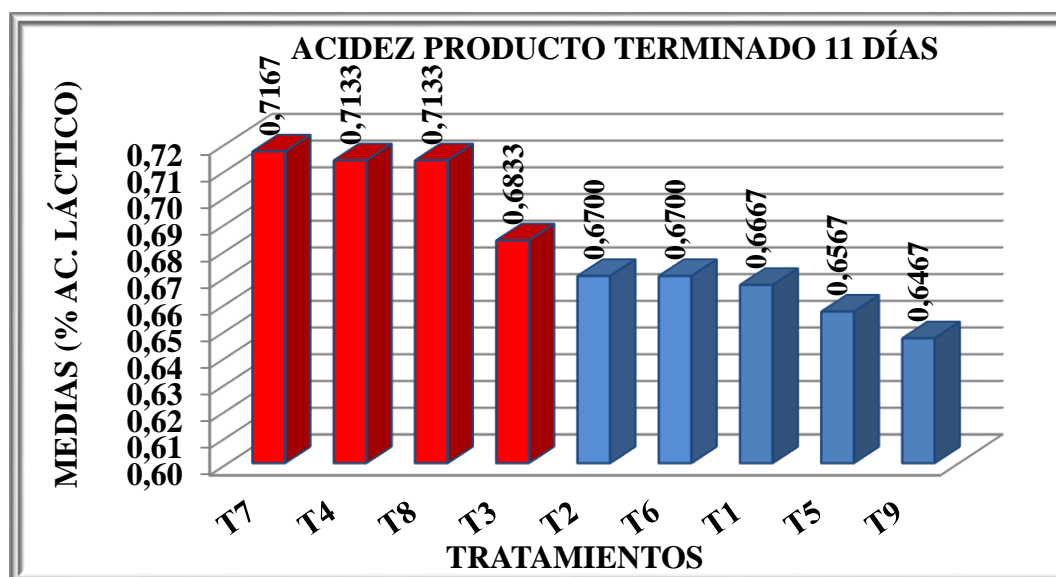


Gráfico 25. Comportamiento de los valores promedio de la acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento

En el gráfico 25, se determinó los valores promedio de la acidez del yogur a los 11 días de almacenamiento correspondiente a cada uno de los tratamientos en estudio, estableciendo los mejores a: T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización,) y T3 (15% de gel de sábila -previo a la pasteurización); es decir, la acidez del yogur a los 11 días depende tanto del momento de colocación y porcentaje del gel de sábila (*Aloe barbadenses Miller*).

4.8. Análisis de la acidez del yogur a los 16 días del almacenamiento

Cuadro 30. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 16 días de almacenamiento

Nº	COM. / REP.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	A1B1	0,7000	0,6700	0,6900	2,0600	0,6867
T2	A1B2	0,7000	0,7000	0,6800	2,0800	0,6933
T3	A1B3	0,7100	0,7000	0,7200	2,1300	0,7100
T4	A1B4	0,7300	0,7200	0,7600	2,2100	0,7367
T5	A2B1	0,6700	0,6600	0,6800	2,0100	0,6700
T6	A2B2	0,6900	0,7000	0,6700	2,0600	0,6867
T7	A2B3	0,7100	0,7600	0,7500	2,2200	0,7400
T8	A2B4	0,7600	0,7500	0,7600	2,2700	0,7567
T9	Testigo	0,6500	0,6700	0,6800	2,0000	0,6667
SUMA REP.		6,3200	6,3300	6,3900	19,0400	0,7052

Cuadro 31. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 16 días de almacenamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	Signif.	F. 5%	F. 1%
Total	26	0,0297					
Tratamientos	8	0,0253	0,0032	12,9242	**	2,5100	3,7100
FA	1	0,0003	0,0003	1,0909	NS	4,4100	8,2900
FB	3	0,0178	0,0059	24,3182	**	3,1600	5,0900
I (AX B)	3	0,0022	0,0007	2,9545	NS	3,1600	5,0900
Testigo vs Otros	1	0,0050	0,0050	20,4848	**	4,4100	8,2900
Error Exp.	18	0,0044	0,0002				

CV: 2,2171 %

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

En el análisis de varianza, se observa que existe alta significación estadística para tratamientos, factor B (cantidad de gel de sábila), por lo que son diferentes, determinando que existe la influencia tanto del momento de colocación del gel de sábila y el porcentaje añadido. Igualmente para el testigo vs otros existe alta significación estadística, es decir el yogur natural tiene un comportamiento diferente en cuanto a la acidez. El CV es de 2,2171% y tiene un promedio de 0,7052% de ácido láctico. Al existir diferencia estadística se realizó la respectiva prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para factor B.

Cuadro 32. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 16 días de almacenamiento

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T7	A2B3	0,7567	a
T4	A1B4	0,7400	a
T8	A2B4	0,7367	a
T3	A1B3	0,7100	a
T2	A1B2	0,6933	b
T6	A2B2	0,6867	b
T1	A1B1	0,6867	b
T5	A2B1	0,6700	b
T9	TESTIGO	0,6667	b

La prueba de Tukey al 5% para tratamientos, indica que la acidez a los 16 días, los tratamientos que ocupan el rango “a”, son los mejores valores siendo estos: T7 (15% gel de sábila a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T3 (15% gel de sábila -previo a la pasteurización) evidenciando un incremento de acidez.

Cuadro 33. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 16 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B3	0,7467	a
B4	0,7250	a
B2	0,6900	b
B1	0,6783	c

Al determinar la prueba DMS para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) se estableció que los niveles B3 (15% de gel de sábila), B4 (20% de gel de sábila) se encuentran en el rango “a”, considerando que la mejor media es del nivel B3 ya que con este porcentaje se obtiene un mejor valor de acidez.

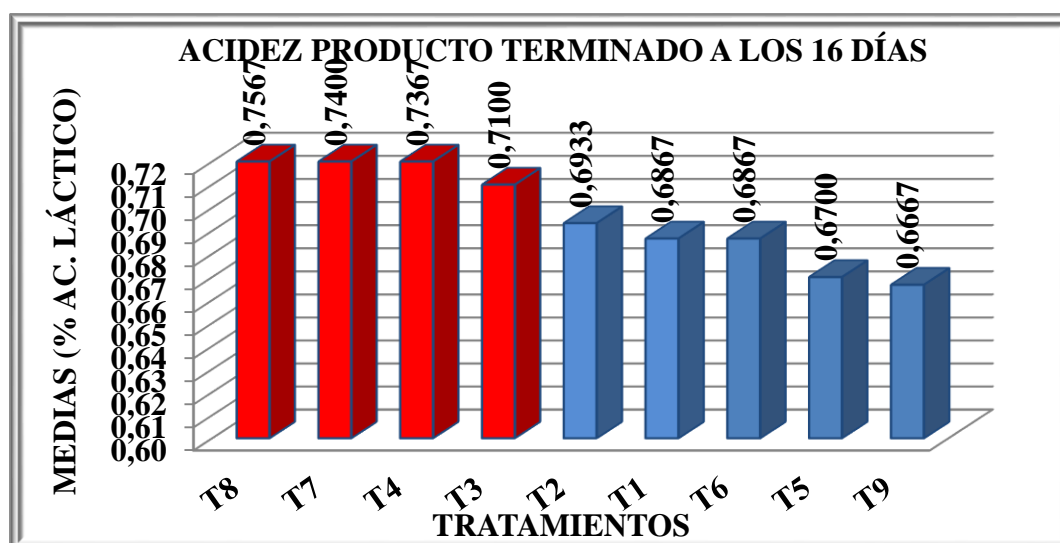


Gráfico 26. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del yogur a los 16 días de almacenamiento

En el gráfico 26, se determinó los valores promedios de acidez de yogur a los 16 días, los mejores tratamientos son: T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización) y T3 (15% gel de sábila -previo a la

pasteurización); es decir, la acidez del producto depende de los dos factores analizados.

4.9. Análisis de la acidez del yogur a los 21 días de almacenamiento

Cuadro 34. Valores obtenidos de la acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 21 días de almacenamiento

Nº	COM. / REP.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	A1B1	0,7200	0,6900	0,7200	2,1300	0,7100
T2	A1B2	0,7100	0,7200	0,7200	2,1500	0,7167
T3	A1B3	0,7500	0,7400	0,7500	2,2400	0,7467
T4	A1B4	0,7700	0,8000	0,7900	2,3600	0,7867
T5	A2B1	0,6800	0,6800	0,7000	2,0600	0,6867
T6	A2B2	0,7200	0,7300	0,6900	2,1400	0,7133
T7	A2B3	0,7500	0,7400	0,8000	2,2900	0,7633
T8	A2B4	0,7800	0,8000	0,7900	2,3700	0,7900
T9	Testigo	0,6800	0,6900	0,7100	2,0800	0,6933
SUMA REP.		6,5600	6,5900	6,6700	19,8200	0,7341

Cuadro 35. Análisis de varianza para la variable acidez del yogur a los 21 días de almacenamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	Signif.	F. 5%	F. 1%
Total	26	0,0415					
Tratamientos	8	0,0364	0,0045	16,1579	**	2,5100	3,7100
FA	1	0,0000	0,0000	0,0592	NS	4,4100	8,2900
FB	3	0,0295	0,0098	34,9539	**	3,1600	5,0900
I (AX B)	3	0,0013	0,0004	1,4803	NS	3,1600	5,0900
Testigo vs Otros	1	0,0056	0,0056	19,9013	**	4,4100	8,2900
Error Exp.	18	0,0051	0,0003				

CV: 2,2855%

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

En el análisis de varianza, se observa que existe alta significación estadística para tratamientos, factor B (% de gel de sábila). Es decir, todos los tratamientos son diferentes debido a las condiciones que presentan cada uno de los factores. A los 21 días de almacenamiento del yogur existe alta significación estadística para el testigo vs otros, debido a que los tratamientos con adición de gel de sábila, la acidez tiende a ser mayor a la de un yogur natural. Tiene un CV del 2,2855% y un promedio de acidez de 0,7341%. Al existir diferencia estadística se realizó la respectiva prueba de Tukey al 5% para tratamientos y DMS para el factor B.

Cuadro 36. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable acidez del yogur a los 21 días de almacenamiento

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T8	A2B4	0,7900	a
T4	A1B4	0,7867	a
T7	A2B3	0,7633	a
T3	A1B3	0,7467	a
T2	A1B2	0,7167	b
T6	A2B2	0,7133	b
T1	A1B1	0,7100	b
T9	TESTIGO	0,6933	b
T5	A2B1	0,6867	b

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, los que ocupan el rango “a”, son los que más se ajustan a los valores de acidez del yogur requeridos, siendo estos: T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización) y T3 (15% gel de sábila -previo a la pasteurización); el producto

después de 21 días de su elaboración sigue manteniéndose dentro del rango de acidez aceptable, este es menor a 1,5% de ácido láctico.

Cuadro 37. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable acidez (% de ácido láctico) del yogur a los 21 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B4	0,7883	a
B3	0,7550	a
B2	0,7150	b
B1	0,6893	c

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje), se observa que los niveles B4 (20% de gel de sábila) y B3 (15% de gel de sábila) se encuentran en el rango “a”, con valores de acidez altos, es decir, que el porcentaje de gel de sábila (*Aloe barbadenses Miller*) influye en la variable acidez del yogur.

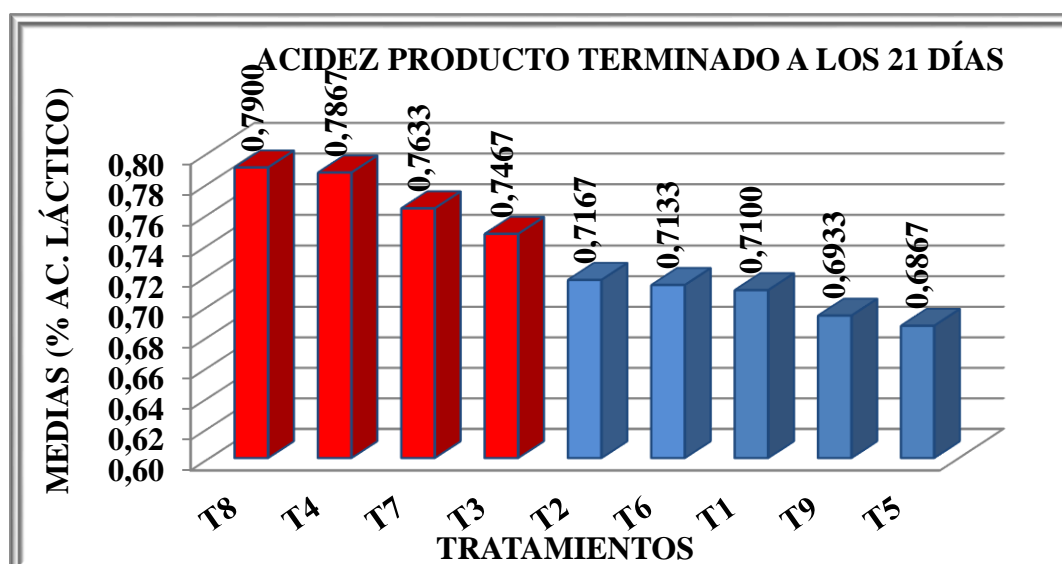


Gráfico 27. Comportamiento de los valores promedios de la acidez del yogur a los 21 días del almacenamiento

En el gráfico 27, se determinó los valores promedios de acidez a los 21 días de almacenamiento, los mejores tratamientos son: T8 (20% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T4 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización) y T3 (15% gel de sábila -previo a la pasteurización).

Una vez evaluado mediante análisis estadístico la variable acidez del yogur en su producción final, y en su tiempo de almacenamiento a los seis, once, dieciséis, y veintiún días; este parámetro cumple con los valores indicados en la norma del CODEX STAN 243-2003 para leches fermentadas. Donde se especifica que la acidez del yogur debe tener un porcentaje mínimo de 0,6% de ácido láctico.

Por los análisis estadísticos obtenidos sobre la acidez, se demuestra que la adición del gel de sábila interviene en la acidificación del yogur, este comportamiento se debe a la composición misma de la planta de donde se extrajo el gel, en ella presentan aminoácidos, vitaminas y minerales, que pueden influir para que el producto tenga variaciones de acidez. El gel de sábila alcanzó un pH de 3,66 con dicho valor se comprueba que este insumo es ácido y puede ser capaz de modificar la acidez del yogur.

A razón de lo señalado, la acidez del yogur a con adición de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), en sus diferentes porcentajes y momento de colocación, consiguen establecerse en los límites apropiados. Además, dicha acidez expuesta en los tratamientos puede ser favorable ya que genera un efecto conservador, de esta forma se prolonga la vida útil del producto.

En contradicción con lo mencionado por Longo y Bauman (2007), los tratamientos analizados consiguieron una acidez que está entre valores de 0,62 a 0,67% de ácido láctico a las cinco horas transcurridas de fermentación, tiempo que fue establecido para dicha finalidad. Entonces la acidez obtenida es menor a la señalada por estos investigadores (0,7 a 0,8%), sin embargo existe una mínima diferencia para hallarse este parámetro coincidente con lo señalado.

4.10. Análisis de la sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento

El desprendimiento de lacto suero en el producto se percibió desde los quince días de su almacenamiento, antes de este tiempo el yogur se mantuvo uniforme en su consistencia y no hubo presencia de sinéresis en los tratamientos analizados.

Cuadro 38. Valores obtenidos de la sinéresis (ml) del yogur a los 15 días de almacenamiento

Nº	COM. / REP.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	A1B1	11,0000	9,0000	10,0000	30,0000	10,0000
T2	A1B2	10,0000	14,0000	12,0000	36,0000	12,0000
T3	A1B3	13,0000	16,0000	12,0000	41,0000	13,6667
T4	A1B4	17,0000	20,0000	15,0000	52,0000	17,3333
T5	A2B1	5,0000	8,0000	7,0000	20,0000	6,6667
T6	A2B2	5,0000	4,0000	4,0000	13,0000	4,3333
T7	A2B3	15,0000	14,0000	12,0000	41,0000	13,6667
T8	A2B4	18,0000	16,0000	17,0000	51,0000	17,0000
T9	Testigo	5,0000	5,0000	6,0000	16,0000	5,3333
SUMA REP.		99,0000	106,0000	95,0000	300,0000	11,111

Cuadro 39. Análisis de varianza para la variable sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	Signif.	F. 5%	F. 1%
Total	26	606,6667					
Tratamientos	8	562,6667	70,3333	28,7727	**	2,5100	3,7100
FA	1	42,6667	42,6667	17,4545	**	4,4100	8,2900
FB	3	345,0000	115,0000	47,0455	**	3,1600	5,0900
I (AX B)	3	62,3333	20,7778	8,5000	**	3,1600	5,0900
Testigo vs Otros	1	112,6667	112,6667	46,0909	**	4,4100	8,2900
Error Exp.	18	44,0000	2,4444				

CV: 14,0712%

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

En el análisis de varianza, se observa que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (adición de gel de sábila), factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje), interacción A x B y Testigo vs otros; es decir, son diferentes por el momento de adición y cantidad del gel de sábila (*Aloe barbadenses Miller*), todos inciden en la producción de sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento. El CV es de 14,0712% y tiene un promedio de lacto suero de 11,1111 ml obtenido según la media del cuadro 39.

Al existir diferencia estadística se realizó la respectiva prueba de Tukey al 5% para tratamientos, DMS para factor A (adición de gel), B (cantidad de gel de sábila en porcentajes) y la respectiva gráfica para la interacción A x B. Para este análisis se requiere conseguir en el producto la menor cantidad posible de lacto suero desprendido del yogur.

Cuadro 40. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable sinéresis (ml) a los 15 días de almacenamiento

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T4	A1B4	17,3333	a
T8	A2B4	17,0000	a
T3	A1B3	13,6667	a
T7	A2B3	13,6667	a
T2	A1B2	12,0000	b
T1	A1B1	10,0000	b
T5	A2B1	6,6667	b
T9	TESTIGO	5,3333	b
T6	A2B2	4,3333	b

En la prueba de Tukey al 5%, se observa que existe dos rangos, donde los tratamientos que ocupan el rango “b”, son los mejores valores de sinéresis, siendo estos T2 (10% gel de sábila -previo a la pasteurización), T1 (5% gel de sábila -previo a la pasteurización), T5 (5% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T9 (yogur natural) y T6 (10% gel de sábila -posterior a la pasteurización).

Cuadro 41. Prueba DMS al 5% para el factor A (adición de gel de sábila) para la variable sinéresis (ml) a los 15 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
A1	13,2500	a
A2	10,4200	b

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor A (momento de adición de gel de sábila) se estableció que el mejor nivel para la variable sinéresis es A2 (adición del gel de sábila posterior a la pasteurización), presentado valor bajo de producción de lacto suero en el yogur.

Cuadro 42. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable sinéresis (ml) del yogur a los 15 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B4	17,1700	a
B3	13,6700	b
B1	8,3300	c
B2	8,1700	d

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) se determinó que el nivel B2 (10% de gel de sábila) presenta un rango “d” es decir es la media más baja, en este caso es el mejor nivel ya que produce menor cantidad de lacto suero en el yogur.

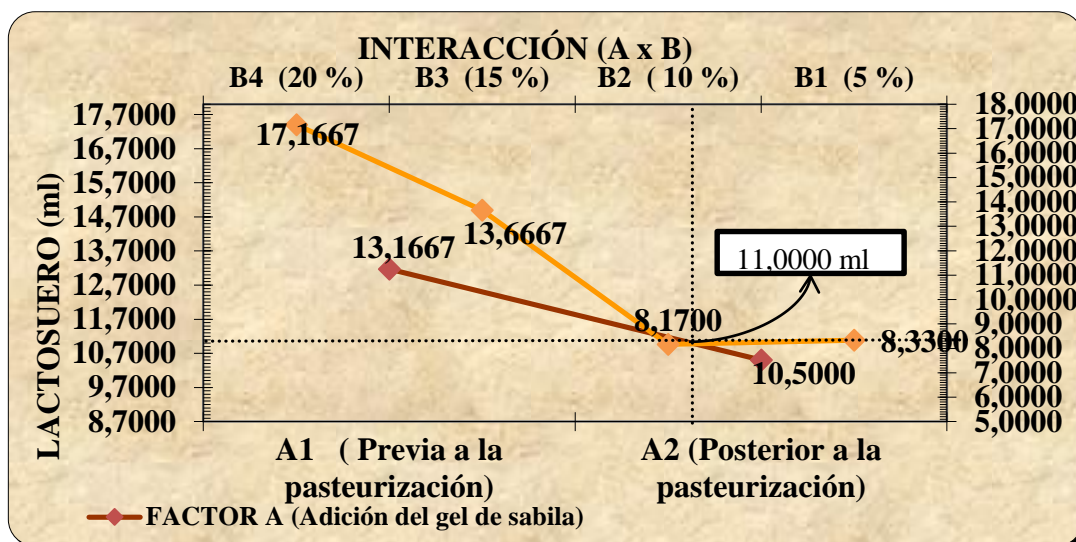


Gráfico 28. Interacción (A x B) para la variable sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento

Al realizar la interacción A x B para la variable sinéresis del producto terminado, se muestra que el punto óptimo está entre el 10% de gel de sábila y su adición posterior a la pasteurización. La interacción de los factores en estudio (Gráfico 28) indica que dependiendo del momento de adición del gel de sábila y cantidad del mismo obtenemos diferente cantidad de lacto suero; es decir, si mayor es el porcentaje de gel empleado mayor será la producción de lacto suero.

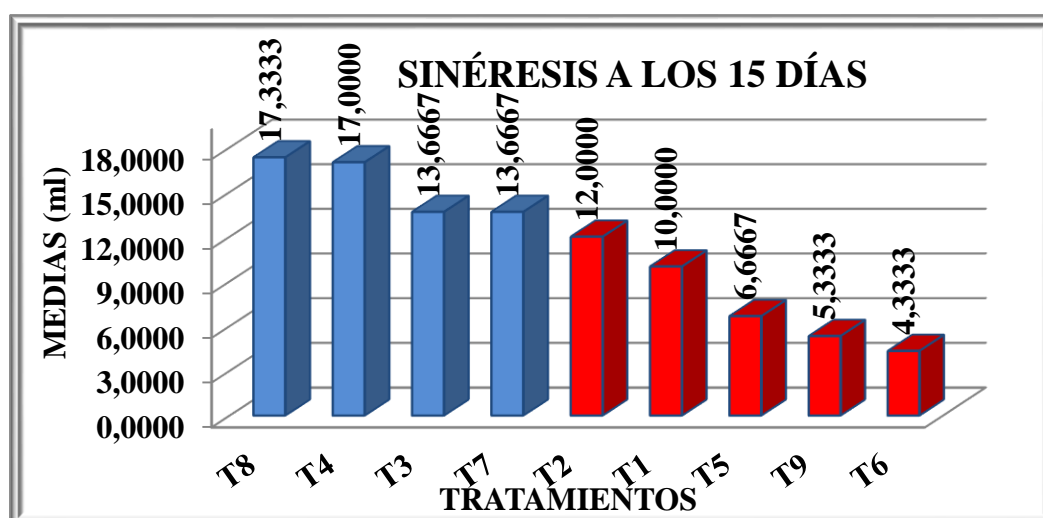


Gráfico 29. Comportamiento de los valores promedios de la sinéresis del yogur a los 15 días de almacenamiento

Se evidencia los mejores tratamientos: T2 (20% gel de sábila -previo a la pasteurización), T1 (5% de gel de sábila -previo a la pasteurización), T5 (5% de gel de sábila -posterior a la pasteurización), T9 (yogur natural) y T6 (10% gel de sábila -posterior a la pasteurización); con valores menores de producción de lacto suero a los 15 días de almacenamiento.

4.11. Análisis de la sinéresis del yogur a los 21 días de almacenamiento

Cuadro 43. Valores obtenidos de la sinéresis (ml) del yogur a los 21 días de almacenamiento

Nº	COM. / REP.	I	II	III	SUMA TRAT.	MEDIA
T1	A1B1	13,0000	11,0000	16,0000	40,0000	13,3333
T2	A1B2	15,0000	20,0000	17,0000	52,0000	17,3333
T3	A1B3	24,0000	23,0000	26,0000	73,0000	24,3333
T4	A1B4	29,0000	27,0000	30,0000	86,0000	28,6667
T5	A2B1	9,0000	13,0000	11,0000	33,0000	11,0000
T6	A2B2	8,0000	7,0000	7,0000	22,0000	7,3333
T7	A2B3	28,0000	25,0000	22,0000	75,0000	25,0000
T8	A2B4	27,0000	24,0000	26,0000	77,0000	25,6667
T9	Testigo	10,0000	9,0000	11,0000	30,0000	10,0000
SUMA REP.		163,0000	159,0000	166,0000	488,0000	18,0741

Cuadro 44. Análisis de varianza para la variable sinéresis (ml) del yogur a los 21 días de almacenamiento

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F. Cal.	Signif.	F.T 5%	F. 1%
Total	26	1297,8519					
Tratamientos	8	1231,8519	153,9815	41,9949	**	2,5100	3,7100
FA	1	80,6667	80,6667	22,0000	**	4,4100	8,2900
FB	3	1139,5000	379,8333	103,5909	**	3,1600	5,0900
I (AX B)	3	91,6667	30,5556	8,3333	**	3,1600	5,0900
Testigo vs Otros	1	220,0185	220,0185	60,0051	**	4,4100	8,2900
Error Exp.	18	66,0000	3,6667				

CV: 10,5945%

** : Altamente significativo

* : Significativo

NS: No significativo

En el análisis de varianza, se observa que existe alta significación estadística para tratamientos, factor A (adición del gel de sábila), factor B (cantidad del gel de sábila en porcentaje) e interacción A x B; es decir, todos son diferentes por el momento de adición y cantidad de gel de sábila empleado. La sinéresis en testigo vs otros de igual manera es altamente significativa debido a la producción de lacto suero del yogur, mientras mayor sea la adición de porcentaje de gel de sábila mayor producción de suero tendremos. El CV es de 10,5945% y tiene un promedio de sinéresis de 18,0741 ml. Al existir diferencia estadística se realizó la respectiva prueba de Tukey al 5% para tratamientos, DMS para factores A (adición del gel de sábila), B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) y la respectiva grafica para la interacción A x B.

Cuadro 45. Prueba de TUKEY al 5% para tratamientos de la variable sinéresis (g/ml) a los 21 días de almacenamiento

TRATAMIENTOS		MEDIAS	RANGOS
T4	A1B4	28,6700	a
T8	A2B4	25,6700	a
T7	A2B3	25,0000	a
T3	A1B3	24,3300	b
T2	A1B2	17,3300	b
T1	A1B1	13,3300	b
T5	A2B1	11,0000	b
T9	TESTIGO	10,0000	b
T6	A2B2	7,3300	b

Al realizar la prueba de Tukey al 5% para tratamientos, se observa que los tratamientos: T3 (previo a la pasteurización, 15% de gel de sábila), T2 (10% gel de sábila -previo a la pasteurización), T1 (5% gel de sábila -previo a la pasteurización), T5 (5% gel de sábila -posterior a la pasteurización), T9 (testigo) y T6 (10% gel de sábila -posterior a la pasteurización), son los mejores debido a la menor producción de lacto suero dada a los 21 días del almacenamiento.

Cuadro 46. Prueba DMS al 5% para el factor A (adición de gel de sábila) para la variable sinéresis (ml) a los 21 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
A1	20,9200	a
A2	17,9200	b

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor A (momento de adición del gel de sábila) se evidencia que el nivel A2 presenta una menor cantidad de lacto suero en el yogur debido al momento de colocación del gel que es posterior a la pasteurización.

Cuadro 47. Prueba DMS al 5% para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) para la variable sinéresis (ml) a los 21 días de almacenamiento

NIVEL	MEDIAS	RANGO
B4	27,1700	a
B3	24,6700	b
B1	12,3300	c
B2	12,1700	d

Al determinar la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) para el factor B (cantidad de gel de sábila en porcentaje) se determinó que el nivel B2 (10% de gel de sábila), presentó un menor valor de producción de lacto suero.

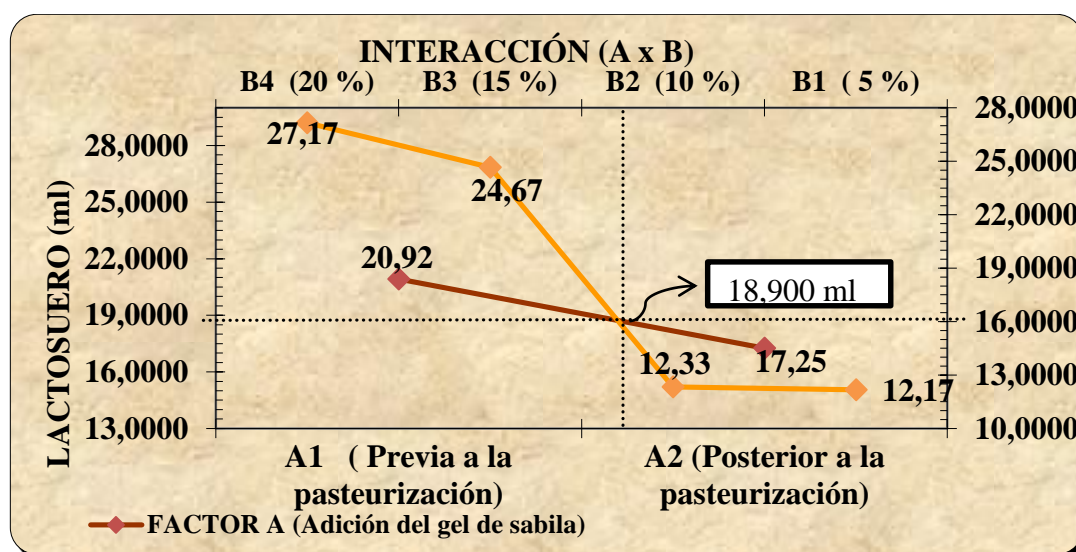


Gráfico 30. Interacción (A x B) para la variable sinéresis del yogur a los 21 días de almacenamiento

La interacción de los factores en estudio (Gráfico 30) se observa que el porcentaje de gel de sábila (10%) y la colocación del mismo posterior a la pasteurización, la sinéresis tiende a mantenerse, con un punto óptimo de 18,900 ml, se puede apreciar que mientras mayor sea la cantidad de gel de sábila añadida, mayor será la producción de lacto suero. También se puede estimar que si el gel de sábila es adicionado antes de la pasteurización la producción de lacto suero será mayor.

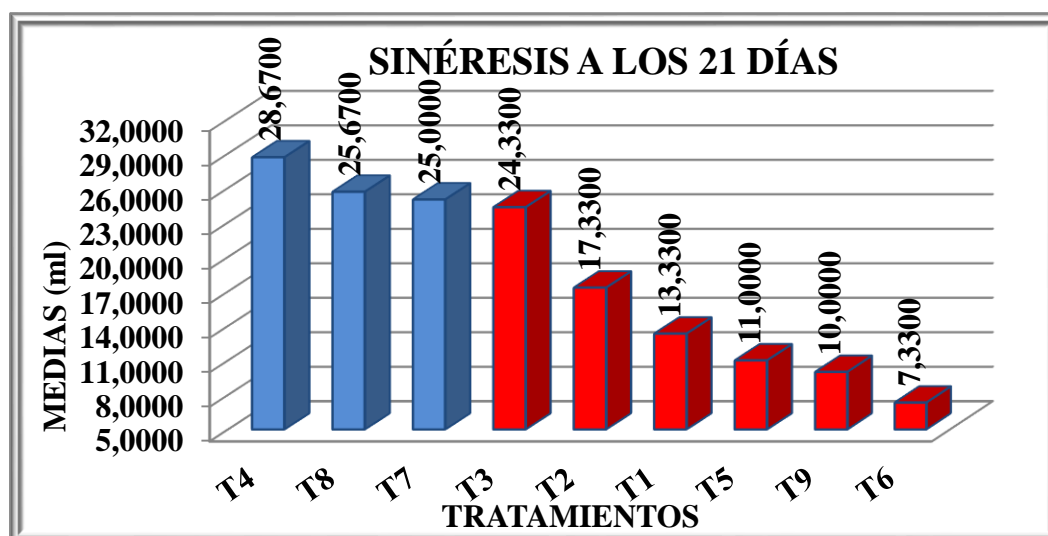


Gráfico 31. Comportamiento de los valores promedios de la sinéresis del yogur a los 21 días de almacenamiento

En el gráfico 31, se observa como los mejores tratamientos a los siguientes: T3 (15% de gel de sábila - previo a la pasteurización), T2 (10% de gel de sábila - previo a la pasteurización), T1 (5% de gel de sábila -previo a la pasteurización), T5 (5% de gel de sábila - posterior a la pasteurización), T9 (testigo) y T6 (10% de gel de sábila - posterior a la pasteurización); ya que presentan una menor producción de lacto suero a los 21 días de almacenamiento.

Es conveniente obtener menor cantidad de lacto suero en productos fermentados como este, ya que esta sustancia no le permite al yogur poseer estabilidad en su consistencia, perjudicando el producto, concordando con lo escrito por Tamine y Robinson (1991).

Tomando en cuenta lo detallado por Henning (1992), se deduce que la sinéresis en el yogur con gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), se produjo por la alteración del yogur al adicionar el gel, consecuentemente perdió estabilidad en su composición. De acuerdo con Tetra Pak Processing Systems AB (2003), el uso de estabilizantes para la elaboración de yogur es positivo, así se evitó mayores contenidos de lacto suero en el producto.

La producción del líquido lacto suero se dio en mayores cantidades cuando se adicionó el gel de sábila en porcentaje del 20% con relación a la leche, es decir que esta cantidad de gel desestabiliza la consistencia del producto final, y el uso del estabilizante no alcanzó el efecto requerido; por el contrario, para los demás tratamientos se verificó lo mencionado anteriormente, ya que el estabilizante cumplió con su propósito, presentando menores valores de lacto suero.

4.12. Análisis físico-químicos y microbiológicos del yogur

Cuadro 48. Resultados de los análisis físico - químicos y microbiológicos a los tres mejores tratamientos y el testigo

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado				NORMA INEN	
		T2	T6	T7	T9	m	M
Sólidos totales	g/100 ml	22,80	21,68	25,70	23,68	--	--
Proteína	g/100 ml	4,50	4,42	5,30	4,50	2,7 %	--
Extracto etéreo	g/100 ml	3,80	3,85	3,78	4,20	2,5 %	--
Viscosidad relativa	cP	12,81	12,64	18,72	20,20	--	--
Rec. Mohos	UFC/ml	250	300	150	100	200	500
Rec. Levaduras	UFC/ml	200	150	300	250	200	500
Coliformes totales	UFC/ml	0,00	0,00	0,00	0,00	10	100

La resultante de sólidos totales y proteína determinados para los tres mejores tratamientos según el recuento microbiano (T2, T6 y T7); se presenta que el tratamiento T7 tiene un valor más alto con respecto a los demás tratamientos analizados, inclusive se determina con mayor valor en comparación al Testigo T9. El incremento de estos constituyentes del yogur es muy importante para obtener un producto de mejores características, consistencia y viscosidad adecuadas. Además cada uno de los tratamientos analizados cumple con el mínimo establecido por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395: 2011. Leches Fermentadas, refiriéndose a la cantidad de proteína presente en el yogur.

Según el análisis de extracto etéreo, cada uno de los tratamientos cumple con la norma NTE INEN 2395: 2011 (Leches Fermentadas. Requisitos) por contener un valor mayor al mínimo requerido de este componente. El que presenta mayor contenido de grasa (extracto etéreo) es el tratamiento T9 con 4,2 g/100 ml. Se tomó en cuenta que al ser un yogur elaborado con leche entera su contenido de grasa apropiado debe indicar un valor alto; los tratamientos analizados presentaron un valor menor con referencia al testigo T9 por lo que se deduce que el gel de sábila (*Aloe barbadenses Miller*) añadido influye con relación a la materia grasa. El tratamiento T7, presenta una diferencia mínima de contenido de grasa frente a los demás tratamientos, pero este posee mejores cantidades de sólidos y proteína, por lo cual se lo toma en cuenta para ultimar que dicho tratamiento sería el mejor.

En cuanto a la viscosidad relativa uno de los mejores tratamientos analizados, resultó ser el T7, con su valor de 18,72 cP, por razones de adquirir mejor consistencia en la coagulación del yogur, consecuentemente representa mejores rendimientos, deduciendo que al colocar gel de sábila en el yogur en cantidad del 15% su valor de viscosidad tiende a aumentarse lo cual representa obtener un producto de mayor consistencia. El gel de sábila, por sus características de textura en forma de gel, valió para mejorar la viscosidad del yogur.

El gel de sábila añadido al producto, de forma previa o posterior al proceso de pasteurización, jugó su papel de actuar como sustrato para una mayor reproducción de microorganismos, esto se ve reflejado en los resultados obtenidos del recuento de dichos microorganismos, consiguiendo que el tratamiento T7, contenga un mayor cantidad con respecto a los demás tratamientos analizados.

Los análisis microbiológicos a los que se sometieron los diferentes tratamientos expuestos, resultaron aptos para el consumo humano, ya que sus valores de recuento de coliformes totales, mohos y levaduras, constan dentro de los límites establecidos por la norma NTE INEN 2395: 2011 (Leches Fermentadas. Requisitos), es decir su consumo no representa ningún riesgo para la salud.

4.13. Análisis de la lactosa con respecto al ácido láctico durante la fermentación del yogur para T7

Cuadro 49. Valores obtenidos de los resultados del porcentaje de ácido láctico y lactosa durante la fermentación del yogur para T7

Tiempo	Acidez	% Lactosa
Minutos	% de Ácido láctico	
0	0,35	4,75
45	0,36	4,73
90	0,41	4,65
135	0,45	4,50
180	0,53	4,35
225	0,62	4,00
270	0,65	3,85
315	0,66	3,84

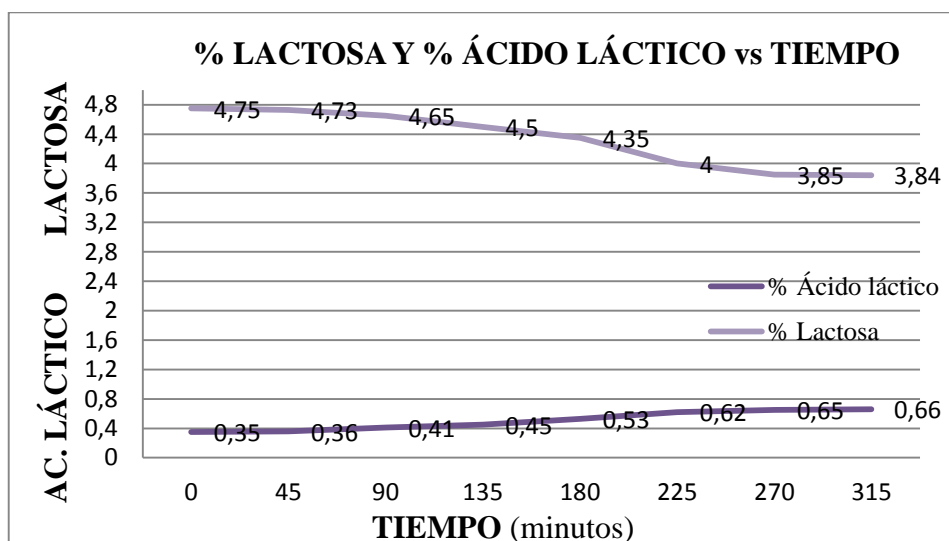


Gráfico 32. Variaciones de lactosa y ácido láctico durante la fermentación del yogur para T7

De acuerdo a Gil (2010), para obtener una leche fermentada como es el yogur, parte de la lactosa es transformada en ácido láctico, este proceso se distingue en la gráfica, conforme avanza el tiempo de fermentación el azúcar de la leche se convierte en ácido láctico y además otros compuestos como: anhídrido carbónico,

ácido acético, acetaldehído, diacetilo y otros; los cuales le proporcionan sus características organolépticas propias del producto según menciona dicho autor.

Como señala: Estrada (2009), para conseguir este producto fermentado es oportuna la intervención de los microorganismos: *streptococcus thermophilus* y *lactobacillus bulgaricus*, estas bacterias cubren sus requerimientos nutricionales y transforman los azúcares de la leche, hasta cambiar la estabilidad de la caseína; entonces se deduce que a medida que son consumidos estos azucares la producción de ácido láctico sigue desarrollándose y en consecuencia aumenta su población microbiana, la misma que resultó mayor a los demás tratamientos por la acción del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) en proporción del 15%.

Para Estrada (2009) y Gil (2010), el enriquecimiento de la leche es un factor fundamental ya que de esto depende la composición nutricional del yogur, las condiciones de fermentación del mismo e incluso con la cantidad de lactosa; en este caso la adición del gel de Aloe vera cuenta con este requerimiento, así entonces se obtuvo un producto con características diferentes al yogur natural (Testigo), produciendo niveles de ácido láctico y lactosa diferentes.

4.14. Análisis comparativo de la leche, gel de sábila y producto final

Cuadro 50. Valores obtenidos de los resultados de sólidos totales, proteína, grasa y viscosidad de la leche, gel de sábila y producto final

Parámetro Analizado	Materia Prima (leche)	Insumo añadido (gel de sábila)	Producto final (yogur + gel de sábila)
Sólidos totales (g/100ml)	13,30	4,23	25,7
Proteína (g/100ml)	3,38	0,14	5,30
Grasa (g/100ml)	4,08	--	3,78
viscosidad (cP)	2,10	30,02	18,72

Los sólidos totales presentes en el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), su cantidad fue mínima con respecto a la leche; esto se debe a la constitución de la planta misma, ya que se compone de agua en su mayoría, como menciona Gampel (2010). La influencia del gel de sábila en el yogur surtió efecto para los sólidos totales obtenidos en el mismo, principalmente para el tratamiento T7 con 4,23 g/100 ml, tienen la capacidad de aumentar la cantidad de sólidos totales en el yogur.

De acuerdo a Luquet (1993), los sólidos de la leche y la adición de sustancias que mejoren su proporción (gel de sábila) son un factor importante en la fabricación del yogur, condicionan la consistencia y viscosidad del producto.

Conforme a lo mencionado por Estrada (2009), la concentración de proteínas de la leche y el enriquecimiento de la misma con gel de sábila, dieron lugar a porcentaje mayor de proteína en el producto final. La cantidad de proteína resultante para yogur con Aloe vera es superior a la cantidad mencionada por la Fundación Universitaria Iberoamericana, cuyo valor es de 3,80%.

Analizando la materia grasa del yogur con Aloe vera, este valor resultó menor al de la leche con la que fue elaborado, esto se debe a que se dio una disolución de la materia prima con la cantidad de gel de sábila adicionado al yogur durante su proceso de elaboración. De acuerdo a NTE INEN Leches Fermentadas. El yogur debe tener mínimo 2,5% de materia grasa. El producto se encuentra dentro de este intervalo.

Para la viscosidad del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) la cual tuvo un valor de 30,02 cP, es decir 0,302 g/ (cm.s), su efecto fue favorable en proporción de 15% añadido al yogur. Al igual que para Tamine y Robinson (1991), la consistencia y viscosidad del producto están relacionadas a la concentración de proteínas, intervienen en la formación del coágulo y por tanto de la porción de proteínas dependió la viscosidad del yogur, se obtuvo un producto más viscoso si este fue provisto de gel de sábila, como se indica su valor de 18,72 cP.

4.15. Características organolépticas

La evaluación sensorial se realizó con el propósito de evaluar las características organolépticas: color, olor, sabor, consistencia y aceptabilidad del producto elaborado; que se encuentran descritos en la hoja de registro de los resultados de la evaluación sensorial. El formato del test de degustación se encuentra en el ANEXO 3.

El análisis organoléptico se realizó con la intervención de diez panelistas a quienes se explicó cómo realizar la evaluación, se identificó las características organolépticas más relevantes del producto. La valoración del test de degustación estuvo definida por una escala hedónica de 10, 7, 4.

Para determinar si existe o no significación estadística en las variables de la evaluación sensorial anteriormente descritas, se realizó el análisis de Friedman al 5%.

$$x^2 = \frac{12}{rxt(t+1)} \sum R^2 - 3r(t+1)$$

Dónde:

X^2 = Chi Cuadrado.

r = Número de degustadores

t = Tratamientos

ΣR^2 = Sumatoria de los rangos al cuadrado

4.15.1. Valoración de las características organolépticas

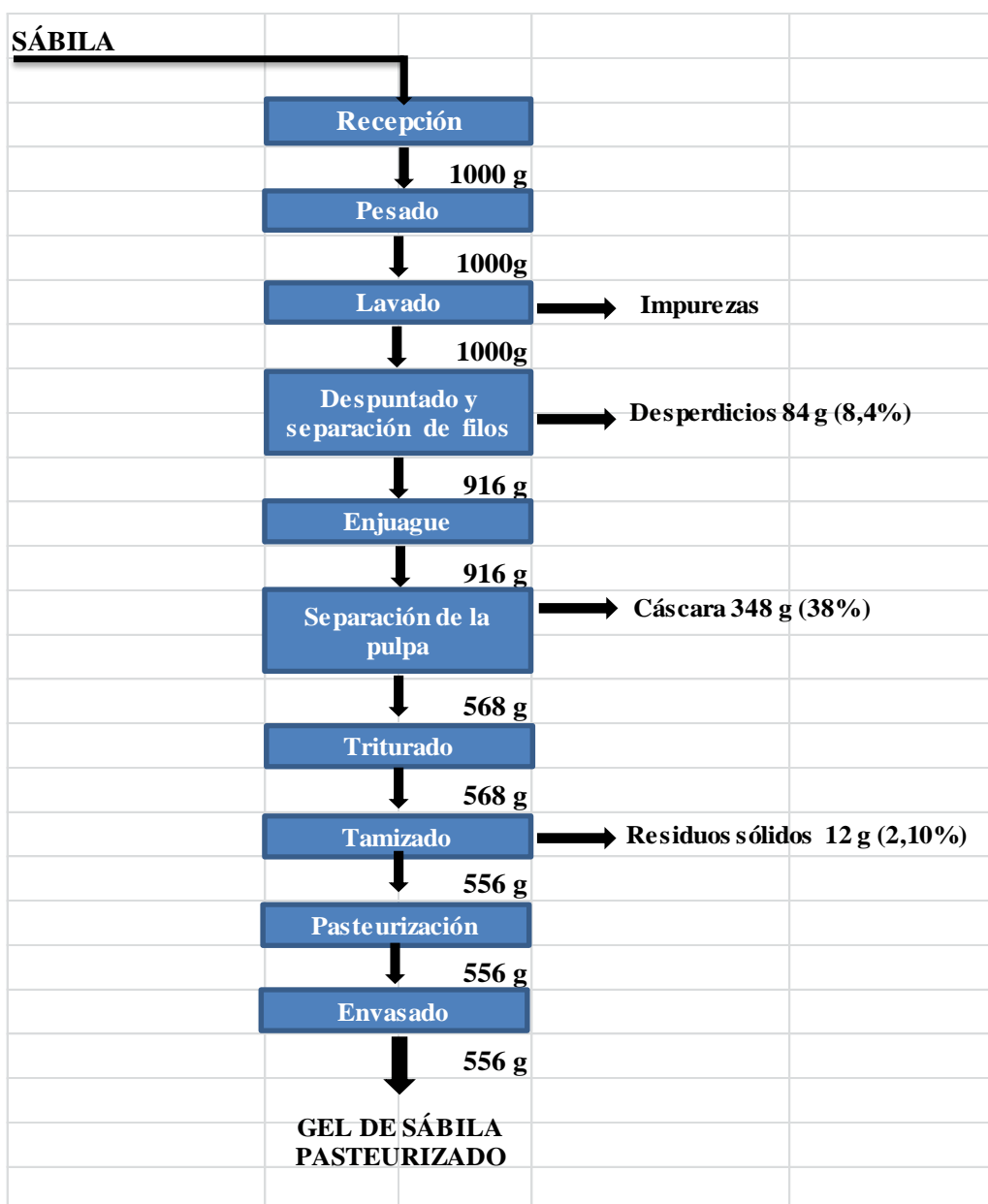
Cuadro 51. Resumen de significación para variables organolépticas

Variable	Valor Calculado X^2	Valor Tabular		Tratamientos
		5%	1%	
Color	4,05 NS	15,51	20,10	T9. T6, T7
Olor	2,77 NS	15,51	20,10	T1, T8,T5
Sabor	4,98 NS	15,51	20,10	T7,T9,T5
Consistencia	10,13 NS	15,51	20,10	T5,T7,T9
Aceptabilidad	3,59 NS	15,51	20,10	T5,T1,T2

Como se puede apreciar en el análisis de Friedman para las variables paramétricas de la evaluación sensorial: color, olor, sabor, consistencia y aceptabilidad no presentaron significancia, lo que demuestra que no se detectó cambios de estas variables entre una muestra y otra, lo cual indica que estadísticamente las muestras son iguales, por tanto, los tratamientos tuvieron una aceptabilidad igual para cada panelista, sin embargo hay tratamientos que sobresalen sobre los demás como son el T1, T5, T7 y T9 (testigo, yogur natural). Los resultados obtenidos de la prueba de degustación se encuentran en ANEXO 4.

Para los tratamientos T1, T5 y T7 se puede decir que en los mismos no se percibió el sabor desagradable de la sábila en el yogur; el aromatizante y edulcorante adicionado en el yogur cubrieron este requerimiento para ser aceptados por el panel de degustación.

4.16. Balance de materiales para obtención de gel de Sábila (Aloe vera)

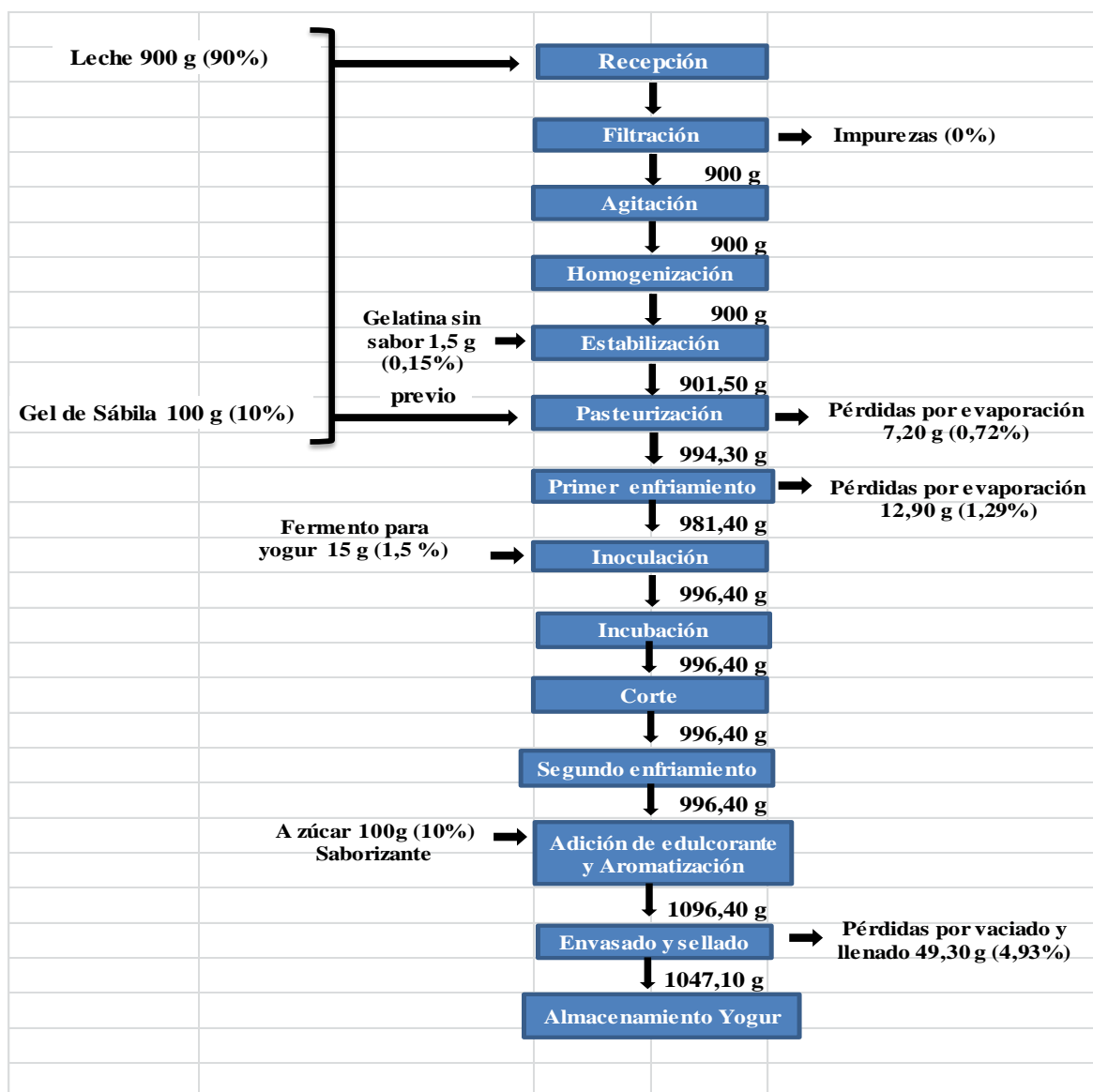


$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso final del gel de sábila pasteurizado}}{\text{peso inicial de la materia prima (pulpadesábila)}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{556g}{1000g} \times 100 = 55,60\%$$

4.17. Balance de materiales para los tres mejores tratamientos T2, T6 y T7

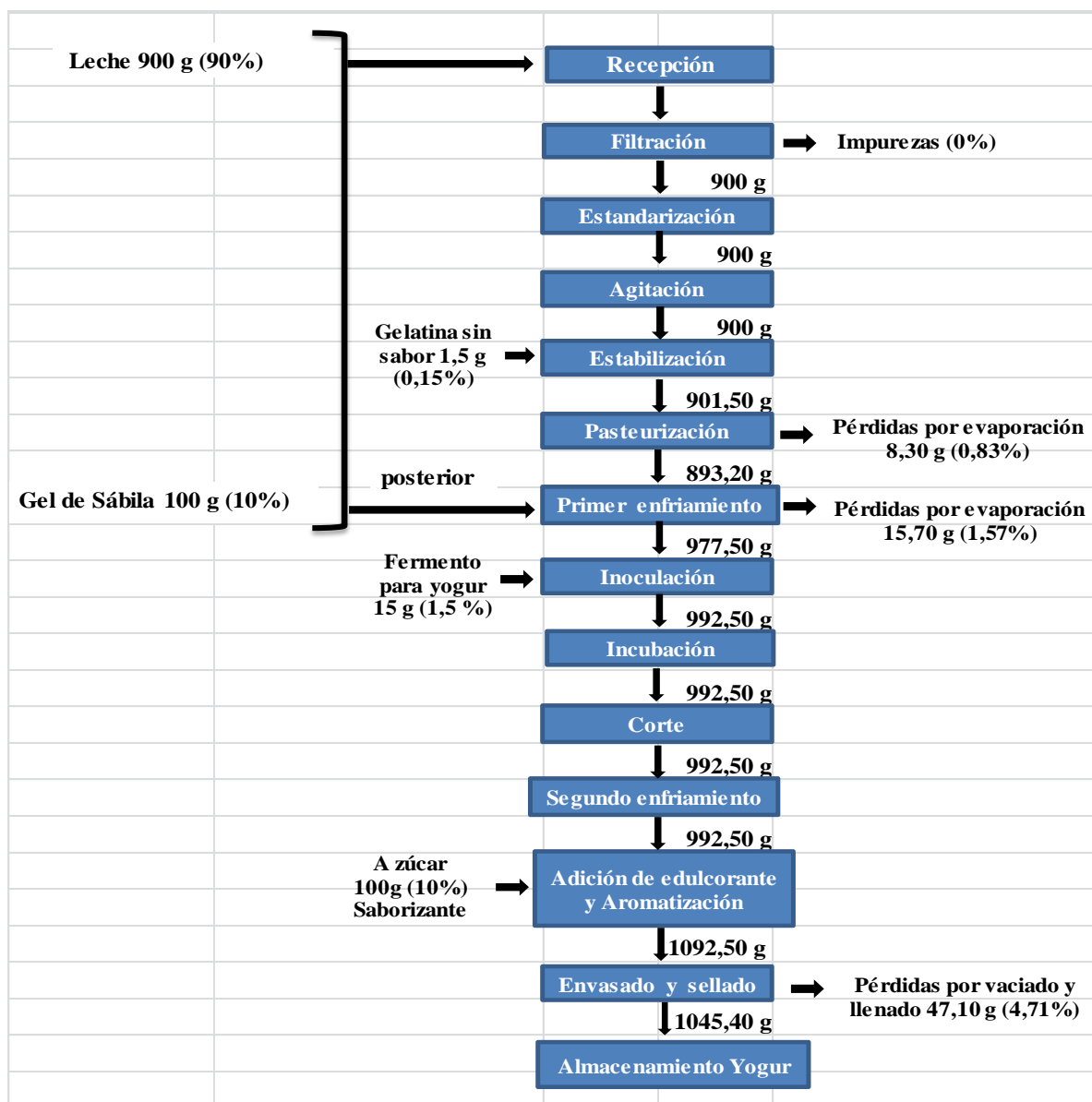
4.17.1. Balance de materiales tratamiento T2 (10% gel de sábila -previo a la pasteurización)



$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso final del yogur}}{\text{peso inicial de la dosificación}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1047,10\text{g}}{1116,5\text{g}} \times 100 = 93,78\%$$

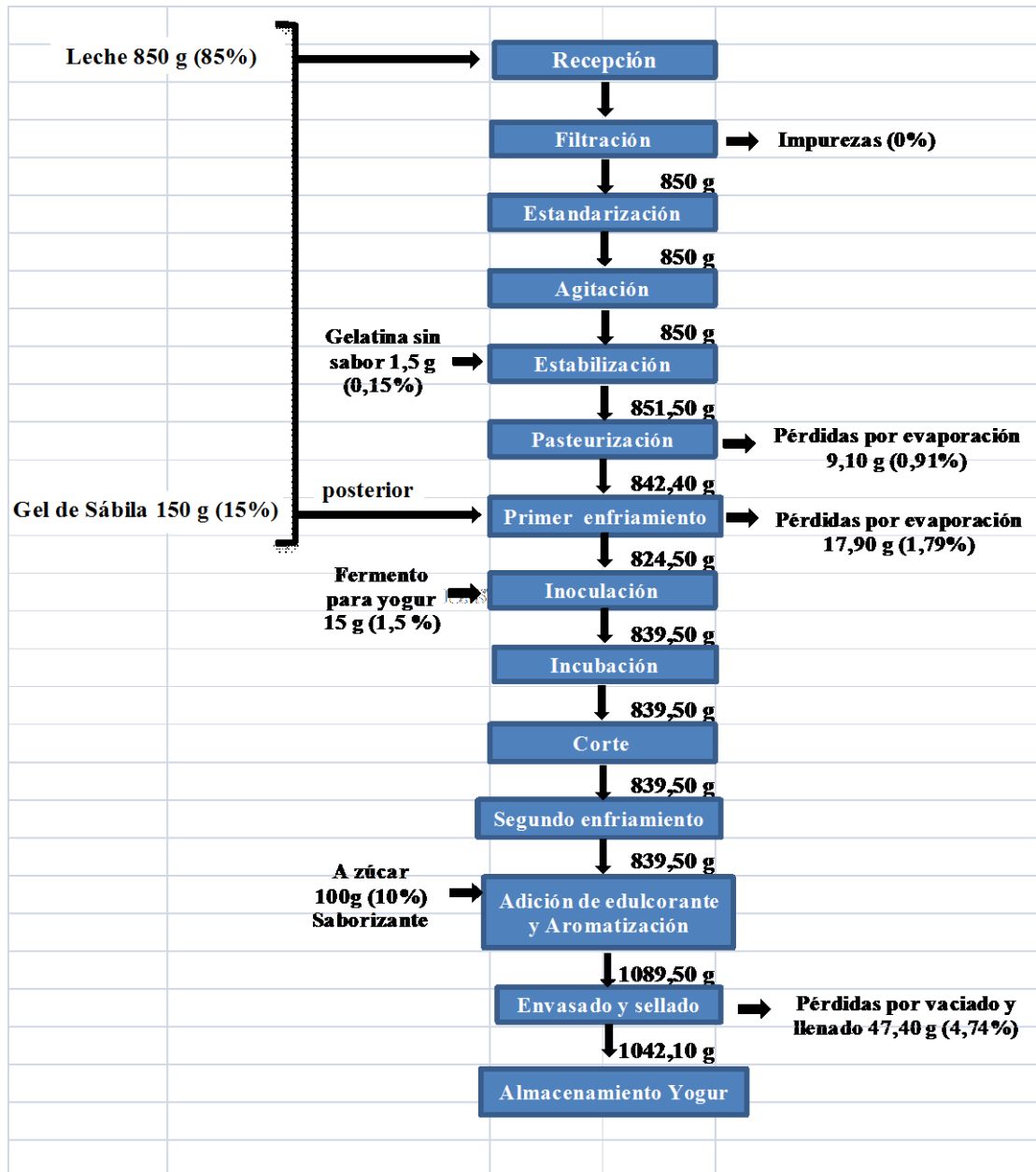
4.17.2. Balance de materiales tratamiento T6 (10% gel de sábila -posterior a la pasteurización)



$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso final del yogur}}{\text{peso inicial de la dosificación}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1045,40g}{1116,5g} \times 100 = 93,63\%$$

4.17.3. Balance de materiales tratamiento T7 (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización)



$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{peso final del yogur}}{\text{peso inicial de la dosificación}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{1042,10g}{1116,5g} \cdot 100 = 93,33\%$$

4.18. Costos de producción

El análisis de costos para la producción del yogur con gel de Aloe vera, se realizó para los tres mejores tratamientos (T2, T6 y T7), estimados previamente mediante la evaluación organoléptica del producto final; los cuales se tomaron como referencia para dicha finalidad.

Cuadro 52. Resumen de costos de los tres mejores tratamientos

COSTO DE LOS TRES MEJORES TRATAMIENTOS					
TRATAMIENTOS	UNIDAD	PESO	TOTAL USD	NÚMERO DE ENVASES (1 litro)	COSTO USD/litro
T2	g	1047,10	1,59	1	1,52
T6	g	1045,40	1,59	1	1,52
T7	g	1042,10	1,71	1	1,64

En el resumen de costos para los tres mejores tratamientos se aprecia que el tratamiento **T2** (10% gel de sábila -previo a la pasteurización), presenta un costo de 1,59 USD la cantidad de 1047,10 g; el tratamiento **T6** (10% gel de sábila - posterior a la pasteurización), tiene un costo de 1,59 USD la cantidad de 1045,40 g y el tratamiento **T7** (15% gel de sábila -posterior a la pasteurización), presenta un costo de 1,71 USD la cantidad de 1042,10 g; como indica el Cuadro 52.

Después de examinar los costos de los tres mejores tratamientos se estableció que los tratamientos **T2** y **T6** presentan un menor costo de producción y entre ambos existe una mínima diferencia en cuanto a rendimientos, dándose las cantidades de 1047,10 g y 1045,40 g respectivamente para cada tratamiento. Con dichos valores obtenidos se concluye que cada litro de yogur tiene un costo de 1,52 USD para T2; el tratamiento T6 con un costo igual de 1,52 USD y para T7 se obtuvo el costo de 1,64 USD.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después de haber realizado la investigación acerca de la elaboración de yogur batido adicionando cuatro concentraciones de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) se llega a las siguientes conclusiones.

- Se estableció que el mejor proceso para la elaboración de yogur batido con adición de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), es con el tratamiento **T7** constituido por el 15% de gel de sábila y 85% de leche, el momento de adición del gel es después de la pasteurización de la misma, alcanzando los mejores resultados en la variables acidez (de acuerdo a la norma CODEX STAN 2343-2013). Además dicho tratamiento resultó el mejor frente a las requerimientos de los objetivos propuestos.
- El momento ideal para la adición del gel de sábila es posterior a la pasteurización ya que así se logra una mejor combinación del yogur con el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*), evitando pérdida de los componentes del mismo al no someterlo a este proceso térmico en la producción del yogur.
- Las pruebas físico-químicas indican que el mejor tratamiento es el **T7**, debido a que presenta valores superiores de proteína y sólidos totales en comparación con el testigo y los demás tratamientos analizados. Además los análisis microbiológicos muestran que este se encuentra dentro de los parámetros permitidos por la Norma INEN 2395:2011. Leches fermentadas; lo que significa que el producto es apto para el consumo humano.

- En cuanto al análisis de vida útil del yogur con adición de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) se concluye que el tratamiento **T6** (10% gel de sábila - posterior a la pasteurización), responde de una buena manera a la variable sinéresis es decir, produce menor cantidad de lacto suero en un tiempo determinado de 21 días. Para el tratamiento **T7**, la cantidad de lacto suero presente aumentó pero también se puede considerar como uno de los mejores para esta variable por no presentar un valor excesivo con respecto a los demás.
- Se determinó la población microbiana durante los diferentes periodos de incubación, los microorganismos se desarrollaron favorablemente aumentando su cantidad, en los tratamientos: T2, T6 y T7; con respecto al testigo T9 (yogur natural) en el cual existe una cantidad menor de estos microorganismos. Deduciendo que el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*) actuó como sustrato promoviendo el crecimiento de dichos microorganismos, al aportar con los nutrientes presentes en su composición: alto contenido de aminoácidos, vitaminas, enzimas y minerales.
- Se aceptó la hipótesis alternativa, propuesta al inicio de la investigación, es decir, la adición del gel de sábila en la elaboración del yogur batido influye en el crecimiento de la población microbiana.
- El tratamiento **T7** generó mayor cantidad de microorganismos entre los tratamientos analizados, por lo se considera como el mejor.
- Basándose en los datos obtenidos para las variables de población microbiana, acidez y pH durante la fermentación; resulta que se puede obtener similares valores a los del yogur natural con menor tiempo de fermentación que el requerido para este, en los tratamientos: T2, T6 y T7, es decir; el gel de sábila añadido en la elaboración del yogur consigue disminuir el tiempo de esta operación.

5.2. Recomendaciones

- Evaluar la producción de un alimento fermentado utilizando sábila combinada con otra variedad de suculentas como el nopal, o a su vez sábila con frutas, provenientes de la zona de Imbabura y que no hayan sido sometidos a procesos industriales de alimentos.
- Investigar a profundidad cuales son los componentes de la sábila que intervienen específicamente durante el proceso de fermentación del yogur.
- Realizar una investigación sobre las características de la sábila mantenidas en el yogur luego de su obtención.
- Se recomienda que para endulzar el yogur se pruebe con otros tipos de edulcorantes bajos en calorías para de esta manera sumar ventajas en cuanto a sus propiedades funcionales y nutricionales.
- Realizar un estudio de mercado para el yogur con gel de Sábila (*Aloe barbadensis Miller*), promoviendo así el consumo de este alimento con propiedades benéficas.

Bibliografía citada

1. Alais, C. (1996). *Ciencia de la leche*. México. Ediciones Continental.
2. Barcroft, A. (2010). *Aloe Vera*. Recuperado de <http://www.buenastareas.com/ensayos/Aloe-Vera/231295.html>
3. Bastidas, O. (2011). *Technical Note - NeubauerChamberCellCounting - Conteo Celular con Hematocitómetro*. Recuperado de www.celeromics.com
4. Castillo, M. (2004). *Influencia de estabilizante sobre las propiedades reológicas del yogurt*. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/23854/1/articulo7.pdf>
5. Chemikalien, C. (2006). *El sano yogurt*. Recuperado de http://www.vinodefruta.com/el_sano_yogurt.htm
6. Collazos, A. (2005). *Estudio técnico económico para la producción de alimentos deslactosados en Santander*. Tesis de Ingeniería Química. Universidad Industrial de Santander. Recuperado de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/6905/2/118187.pdf>
7. Contreras, P. et al. (2007). *Aloe vera como sustrato para el crecimiento de lactobacillus plantarum y l. casei*. Ciencia y Tecnología Alimentaria. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/724/72411971009.pdf>
8. De la Fuente, N. et al. (2003): *Procesamiento y evaluación sensorial de un alimento funcional (yogurt) con gel de sábila (Aloe vera)*. Recuperado de www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/puertovallarta03/.../CVI-38.pdf

9. Departamento de Bioquímica del Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán. (2011). *Producción y estandarización de yogurt adicionado con extracto de Aloe vera*. Recuperado de www.smbb.com.mx/congresos/CIII-88.pdf
10. Domínguez, I. et al. (2009). Revista Mexicana de Ingeniería Química. *El Gel de Aloe vera*. Recuperado de <http://rmiq.org/new%20page/Pdfs/Vol.%2011,%20No.%201/3.pdf>
11. Edward, F. (2010). *Propiedades curativas de la Sábila (Aloe Vera)*. Salud Natural. Recuperado de <http://www.oxypowder.net/saludnatural/sabila.html>
12. ERFCL-FAO (Equipo Regional de Fomento y Capacitación de Lechería - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2006). Fichas técnicas. Alimentos Lácteos.
13. Estrada, E. (2009). *Biología, Microbiología y Parasitología*. Chiclayo. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/22527183/Fundamentos-y-Microbiologia-Del-Yogur-Mblgo-Erick-Estrada-Huancas>
14. Fox, B. y Cameron, A. (1997). *Ciencia de los alimentos, Nutrición y salud*. México. Limusa Noriega Editores.
15. Fundación Universitaria Iberoamericana. (2005). Base de Datos Internacional de Composición de Alimentos. Recuperado de <http://composicionnutricional.com/alimentos/YOGUR-NATURAL-NESTLE>
16. Gage, D. (1998). *La Sábila (Aloe vera): suavizante y curativo natural*. México, D. F. InnerTraditionsLasserPress.

17. García, M. et al. (2009). *Aloe vera. Medios de Cultivo*. Universidad de Pinar del Río. Recuperado de <http://issuu.com/sandokike/docs/aloe-vera-medios-de-cultivo>
18. García, M. et al. (2004). *Biotecnología Alimentaria*. México, D. F. Limusa Noriega Editores.
19. Gampel, R. (2010). *Aloe vera o Sábila*. Recuperado de <http://www.herbogeminis.com/Aloe-vera-o-Sabila>
20. Gil, A. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. Madrid España. Médica Panamericana D. L.
21. Henning, N. (1992). *Ingredientes Funcionales: su influencia en la calidad del yogurt*. Chile. Industria Alimenticia 2.
22. Hernández, F. (2006). *Beneficios del Aloe vera*. Recuperado de <http://www.infored.com.mx/a/beneficios-del-aloe-vera-1.html>
23. Hughes, C. (1994). *Guía de Aditivos*. España. Acribia, S.A.
24. Linaje, M. et al. (2008). *Yogur: Sábila y Nopal (Alimentos Probióticos)*. Universidad Autónoma de Coahuila. Recuperado de www.postgradoeinvestigacion.uadec.mx/.../CC18/cc18yogurth.html
25. Longo, E. y Bauman, G. (2007). *Revista Food Today*. Instituto Politécnico Superior Gral. San Martín. Rosario, Argentina. Recuperado de www.pes.fvet.edu.uy/publicaciones/haccp.htm
26. Luquet, F. (1991). *Leche y productos lácteos. Vaca – Oveja – Cabra*. Zaragoza España. Editorial Acribia, S.A.

27. Madrid, A. (1999). *Confitería y Pastelería: Manual de Formación*. Madrid España. Mundi – Prensa Ediciones, S.A.
28. Moreno, A. et al. (2012). *Aloe vera (Sábila): cultivo y utilización*. Madrid España. Ediciones Mundi – Prensa.
29. Muller, H. (1978). *Introducción a la Reología de los Alimentos*. España. Editorial Acribia
30. Munuera, J. y Rodríguez, A. (2007). *Estrategias de marketing: un enfoque basado en el proceso de dirección*. Madrid España. ESIC Editorial.
31. Neil, S. (2006). *Aloe Vera Sábila*. Málaga España. Editorial SIRIO, S.A.
32. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395: 2011. Segunda Revisión. Leches Fermentadas. Requisitos.
33. Norma del CODEX para Leches Fermentadas. CODEX STAN 243-2003.
34. Quezada, W. (2004). *Separata de tecnología grasas, aceites y jabones*. Ibarra. Universidad Técnica del Norte.
35. Romero del Castillo, S. y Mestres, J. (2004). *Productos Lácteos Tecnología*. Madrid España. Edicions UPC.
36. Spoerke. et al. (2000). *Caracterización físico-química de la hoja de Sábila*. Recuperado de http://catarina.udlap.mx/udla/tales/documentos/lbi/martinez_r_l/capitulo7.pdf
37. Spreer, E. y Sutherland, S. (1991). *Lactología Industrial - Productos Lácteos Fermentados – Yogur*. Recuperado de <http://www.textoscientificos.com/alimentos/yogur/bacterias>

38. Tamine y Robinson. (2001). *Información Tecnológica CIT (Centro de Información Tecnológica)*. La Serena Chile. Editorial del Norte.
39. Tamine y Robinson. (1991). *Yogur Ciencia y Tecnología*. Acribia, S. A.
40. Tellechea, J. (2003). *Semana Verde de Berlín*. Recuperado de www.swissinfo.ch/.../Expositores_suizos_en_la_Semana_Verde_de_berlin
41. Tetra Pak Processing Systems AB (2003). *Manual de Industrias Lácteas*. Madrid España. Editorial Tetra Pak Hispania, S. A.
42. Tola, F. (2006). *Determinación de la vida útil del yogurt*. Tesis de ingeniería Química. Recuperado de <http://tesis.dpicuto.edu.bo/facultad-nacional-de-ingenieria/carrera-de-ingenieria-quimica/338-determinacion-de-la-vida-util-del-yogurt.html>
43. Valderrama, J. et al., (2001). *Información Tecnológica CIT Centro de Información Tecnológica*. La Serena Chile. Editorial del Norte.
44. Vega, A. et al (2005). *El Aloe vera (Aloe Barbadensis Miller) como componente de alimentos funcionales*. Revista chilena de nutrición. Universidad de La Serena. Recuperado de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S071775182005000300005&script=sci_a
45. Villalobos, C. (2006). *El yogur un aliado de la salud*. Recuperado de www.dospinos.com/app/cms/www/index.php?id_menu=178
46. Zambrano, G. (2008). *Evaluación de la calidad de yogurt tipo II elaborado con leche concentrada por microfiltración tangencial utilizando diferentes tipos de grasas y estabilizante*. Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Ibarra. Universidad Técnica del Norte.

ANEXOS

ANEXO 1. Gráficos de las variaciones de acidez para cada tratamiento durante la fermentación

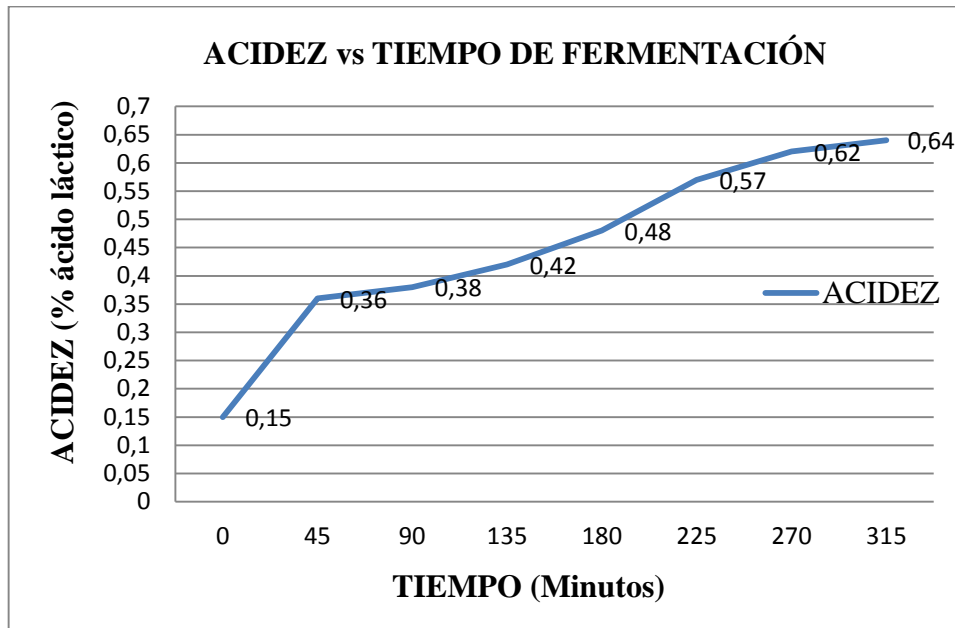


Gráfico 33. Variaciones de acidez durante la fermentación para T1

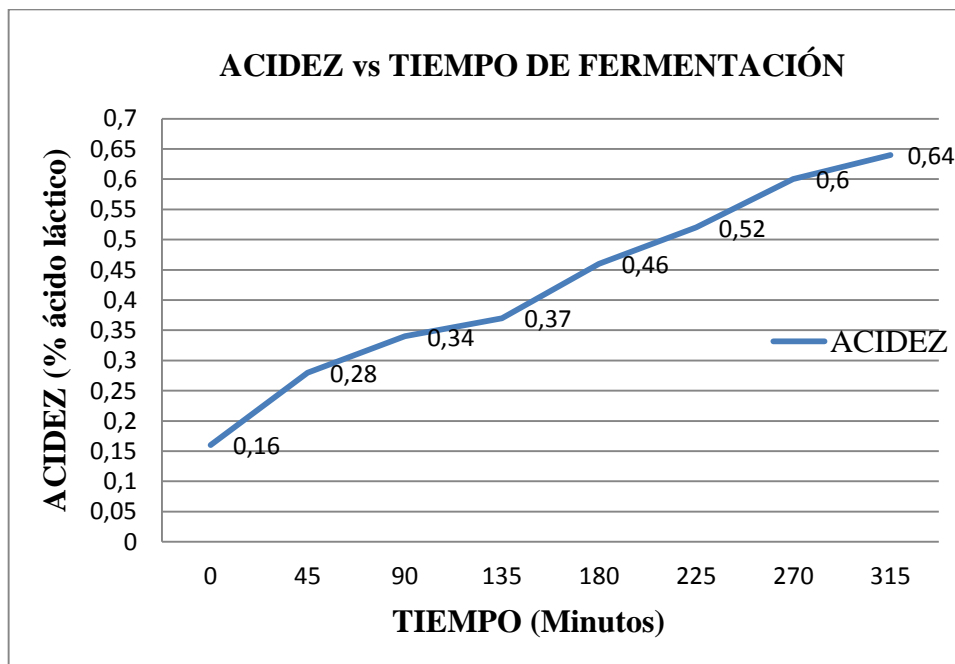


Gráfico 34. Variaciones de acidez durante la fermentación para T2

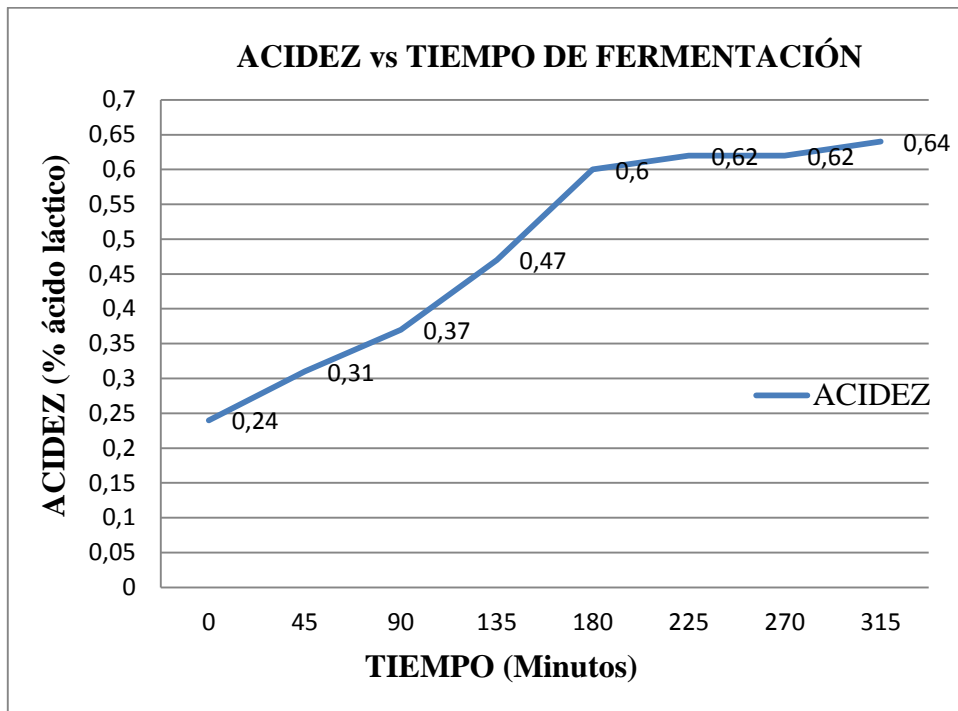


Gráfico 35. Variaciones de acidez durante la fermentación para T3

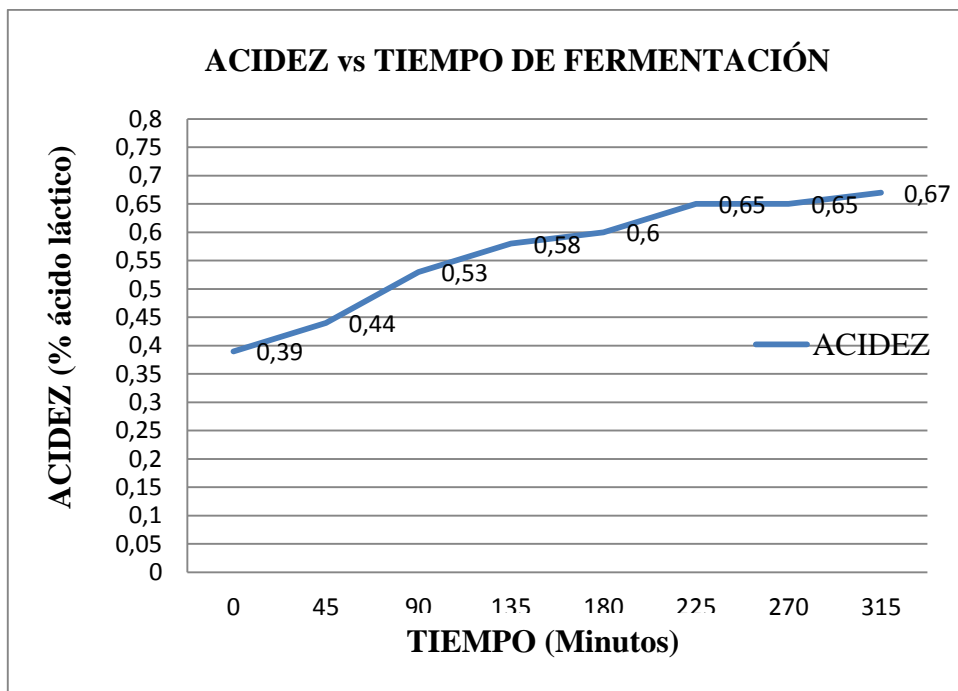


Gráfico 36. Variaciones de acidez durante la fermentación para T4

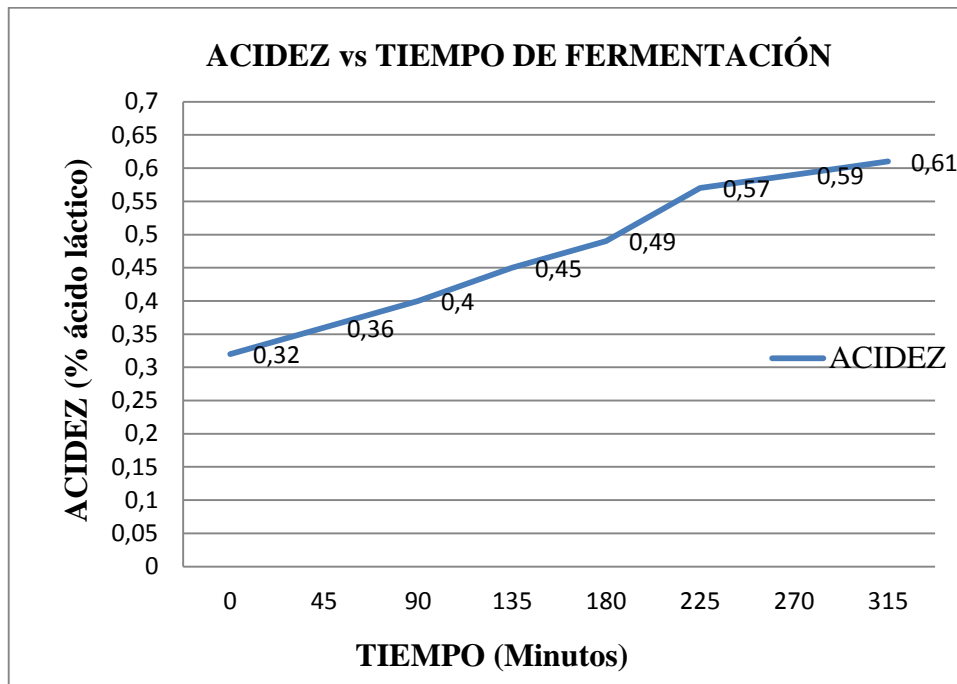


Gráfico 37. Variaciones de acidez durante la fermentación para T5

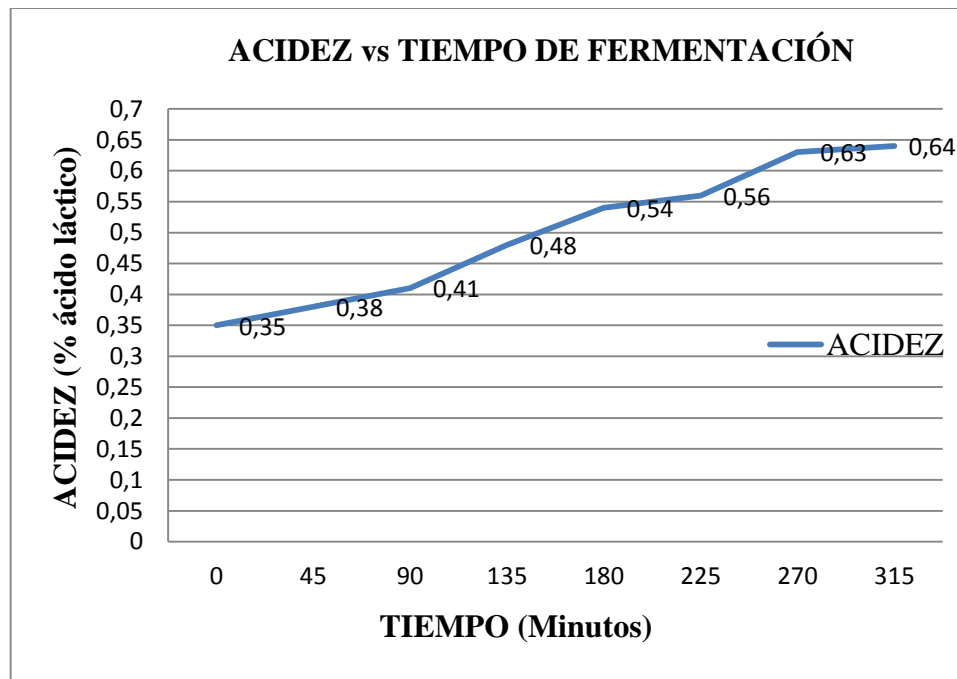


Gráfico 38. Variaciones de acidez durante la fermentación para T6

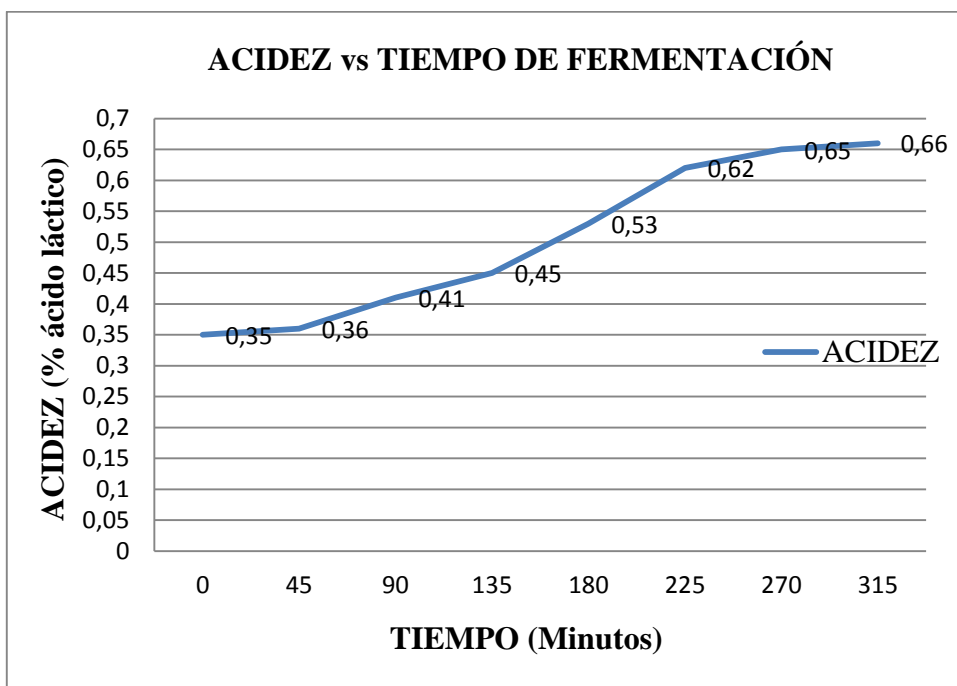


Gráfico 39. Variaciones de acidez durante la fermentación para T7

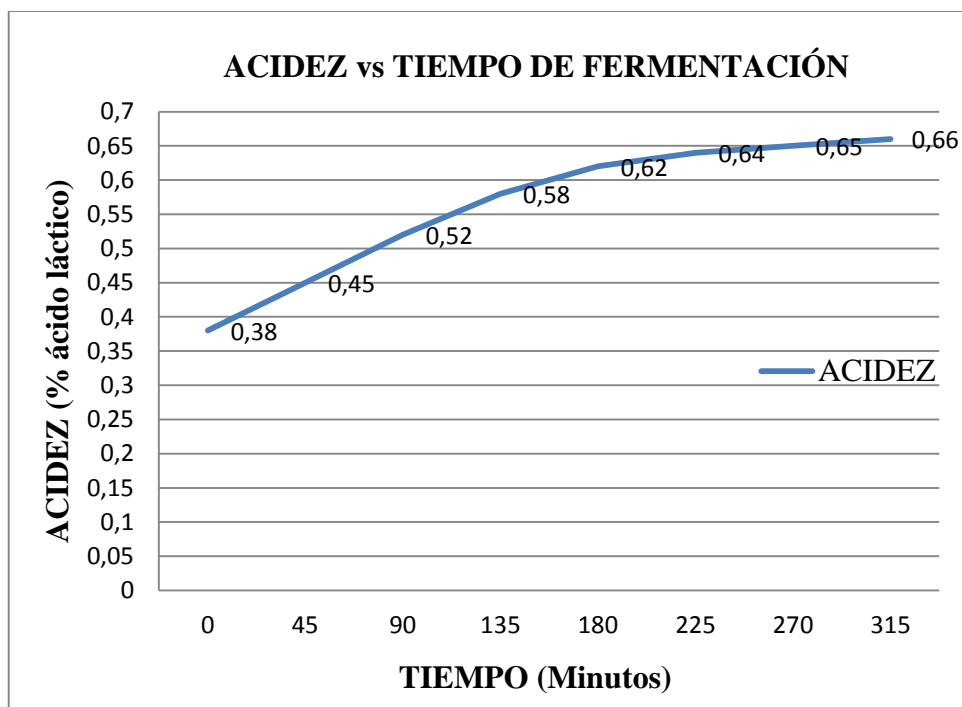


Gráfico 40. Variaciones de acidez durante la fermentación para T8

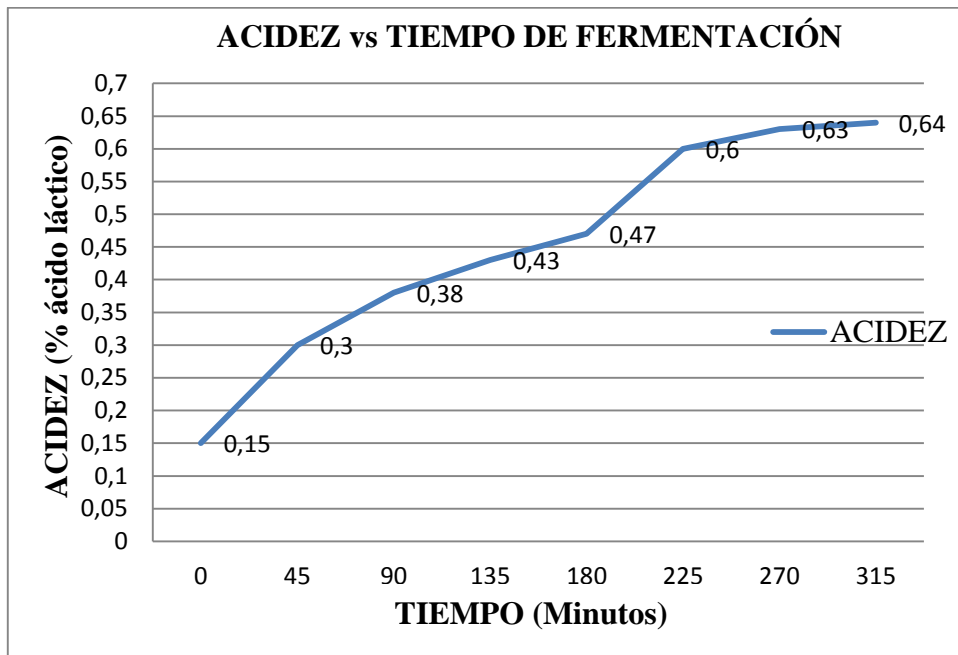


Gráfico 41. Variaciones de acidez durante la fermentación para T9

ANEXO 2. Gráficos de las variaciones de pH para cada tratamiento durante la fermentación

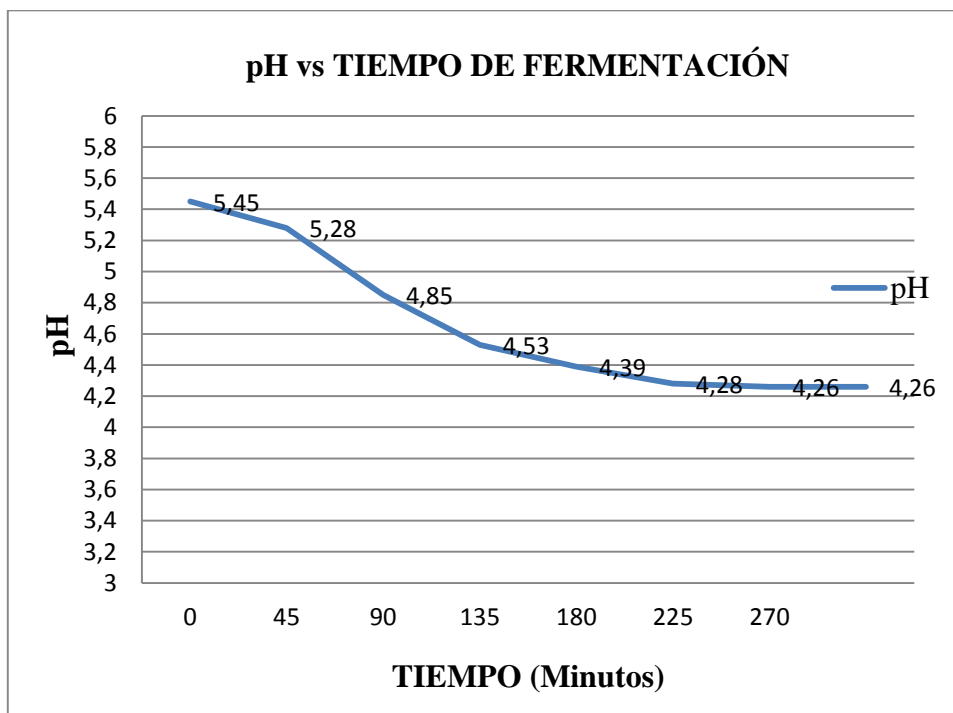


Gráfico 42. Variaciones de pH durante la fermentación para T1

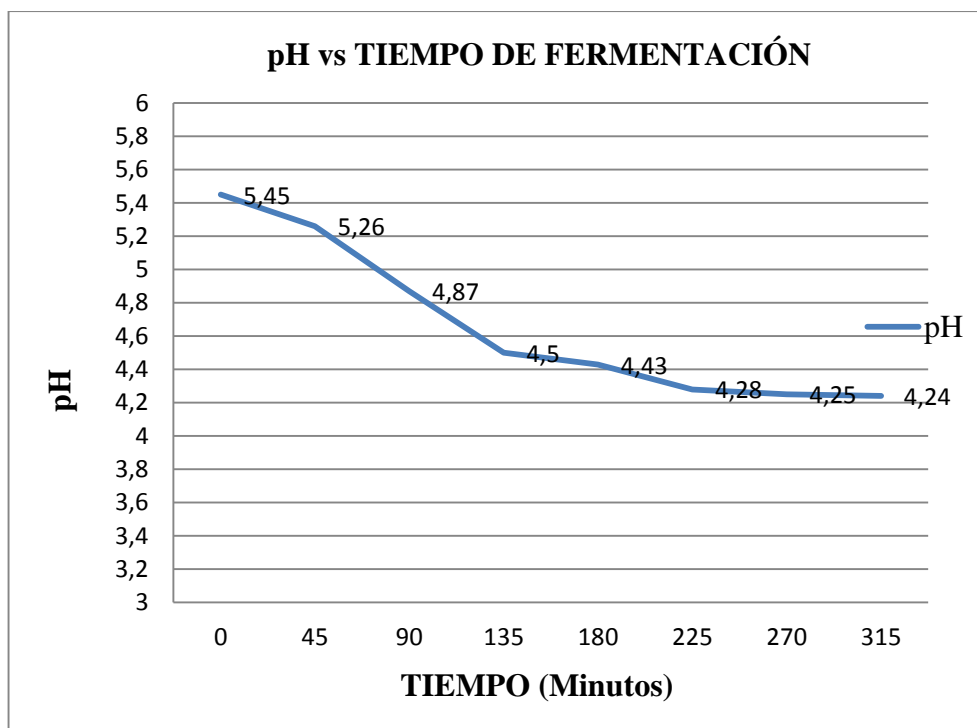


Gráfico 43. Variaciones de pH durante la fermentación para T2

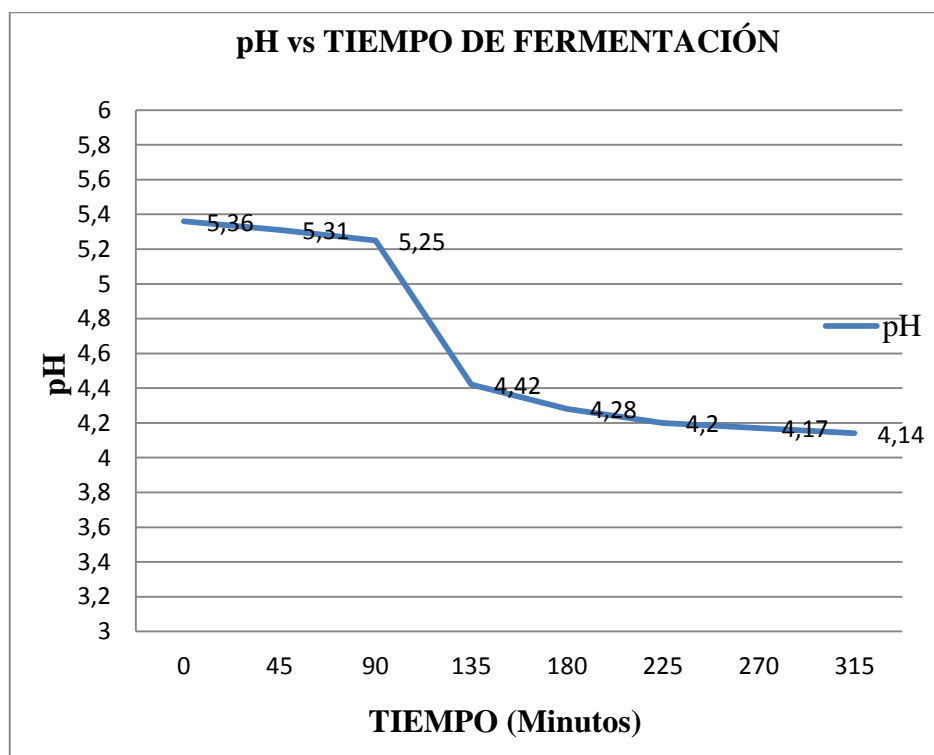


Gráfico 44. Variaciones de pH durante la fermentación para T3

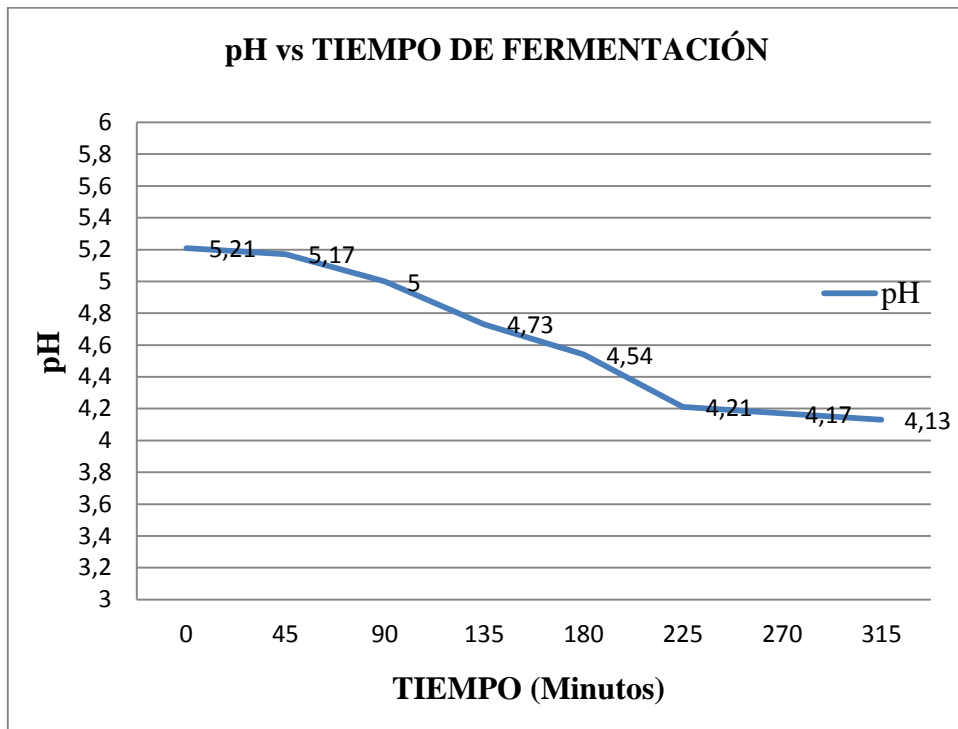


Gráfico 45. Variaciones de pH durante la fermentación para T4

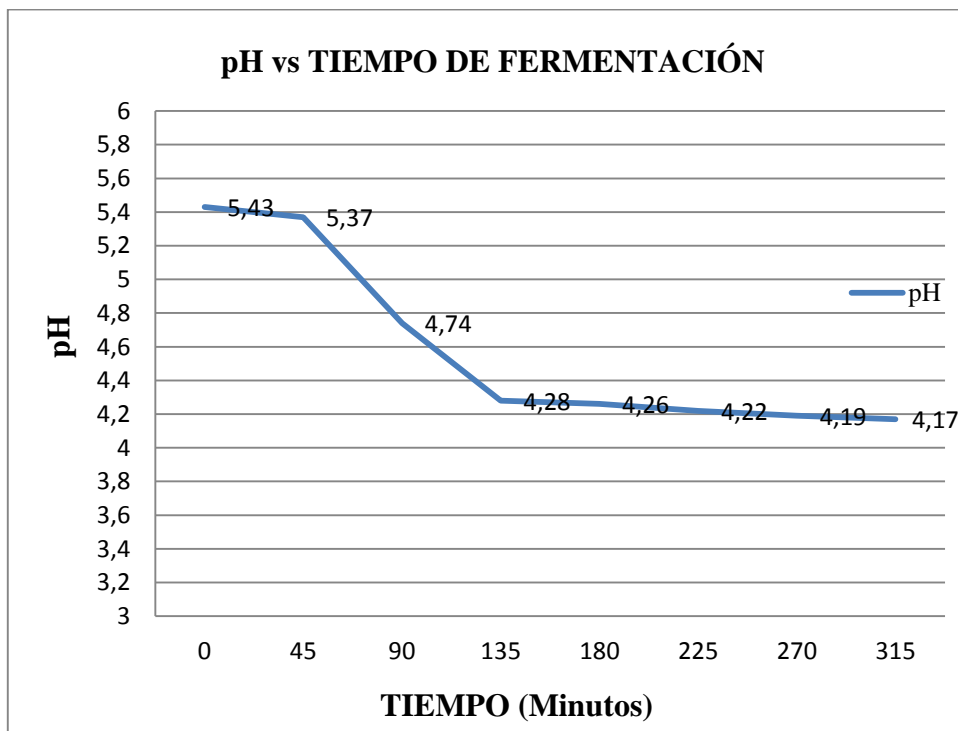


Gráfico 46. Variaciones de pH durante la fermentación para T5

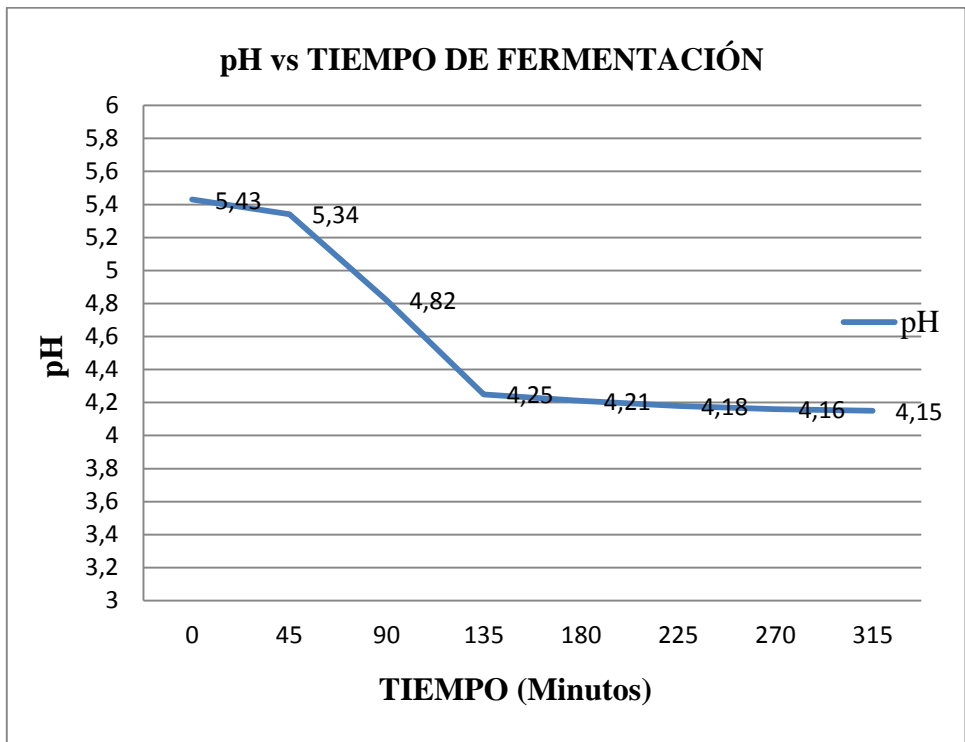


Gráfico 47. Variaciones de pH durante la fermentación para T6

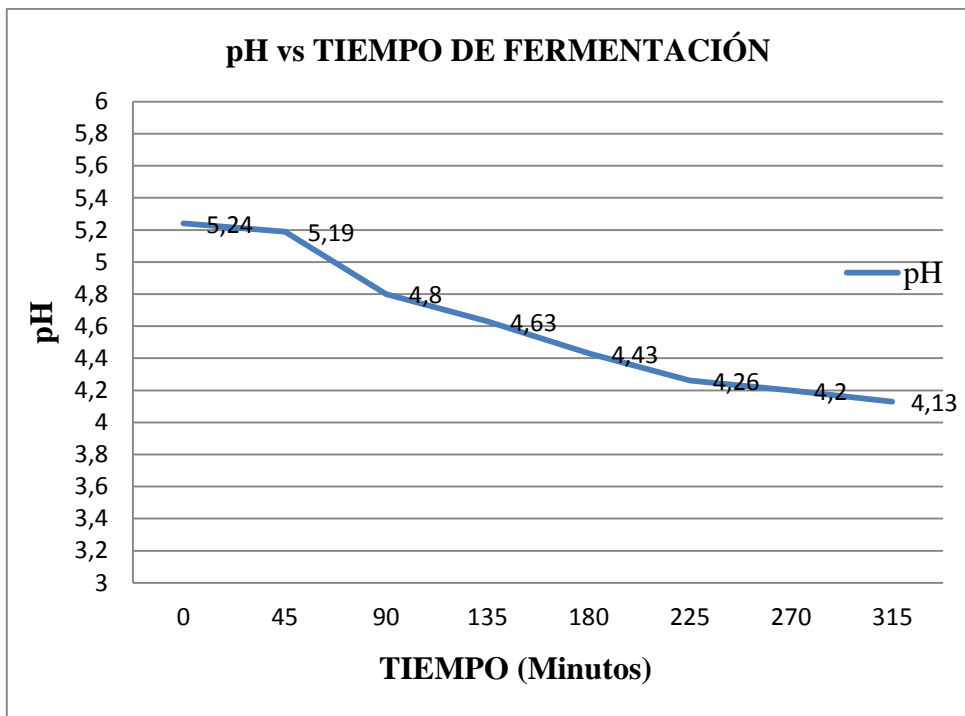


Gráfico 48. Variaciones de pH durante la fermentación para T7

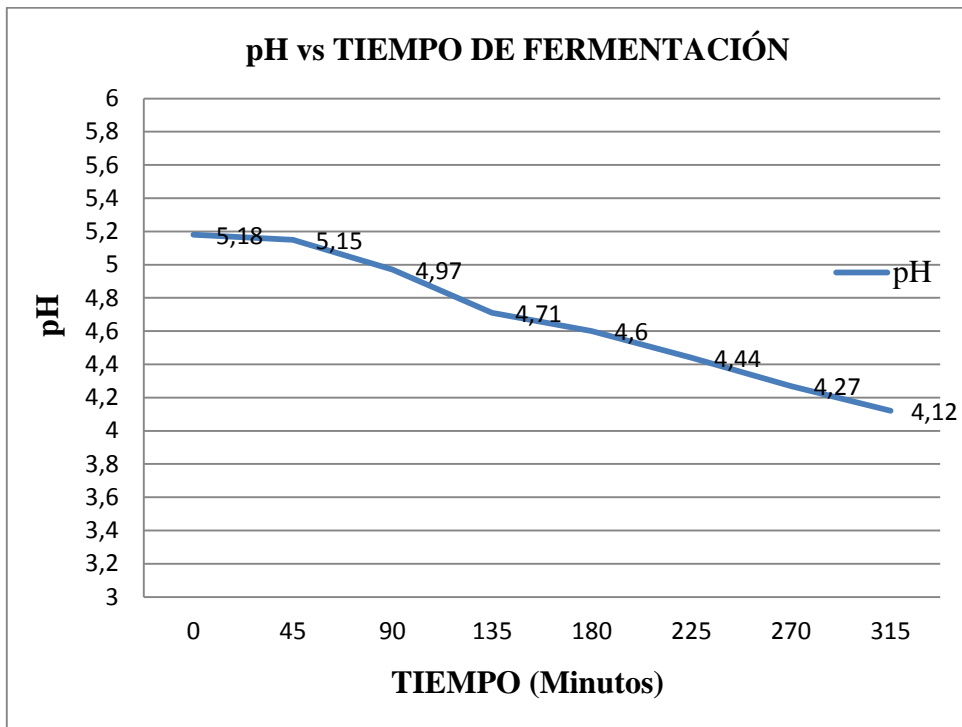


Gráfico 49. Variaciones de pH durante la fermentación para T8

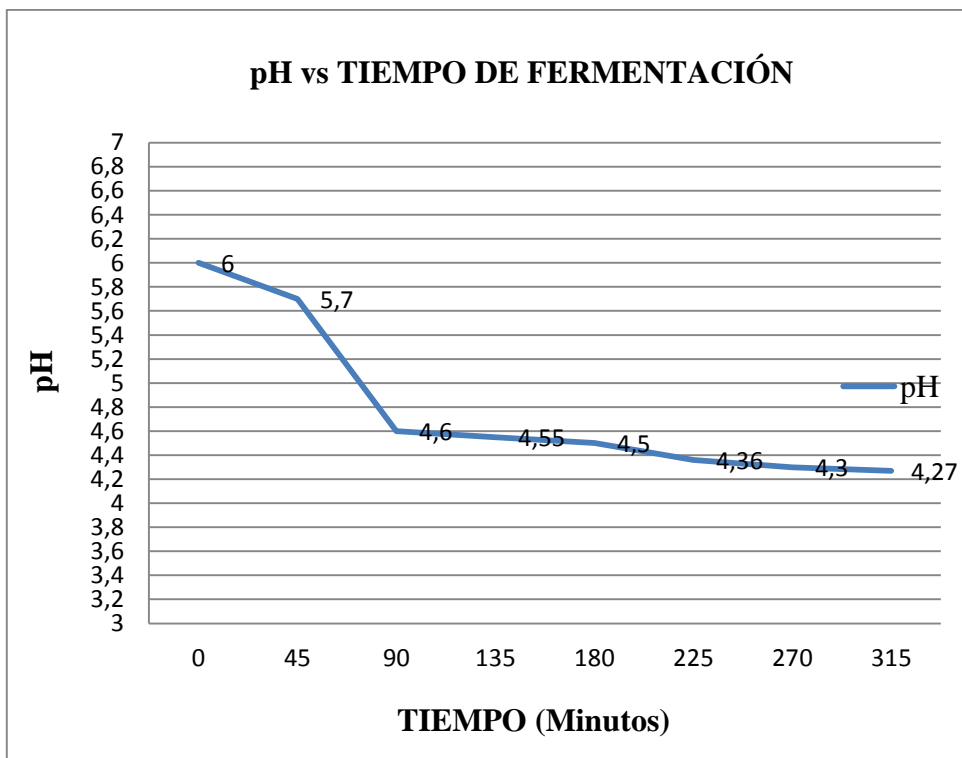


Gráfico 50. Variaciones de pH durante la fermentación para T9

ANEXO 3. Hojas de encuesta: Guía instructiva para la evaluación sensorial y aceptabilidad del “Yogur batido con adición de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*)”

La evaluación sensorial permite medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor. Además se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de productos alimenticios existentes, y para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos.

INSTRUCCIONES

1. Evalúe las MUESTRAS DE YOGUR de izquierda a derecha y califique con una (X) conforme a las opciones planteadas.
2. Antes de empezar la degustación y luego de evaluar cada muestra, realizar un enjuague del paladar con agua.

CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

- **COLOR:** Se evaluará conforme a la impresión visual, considerando el color característico del yogur natural.
- **OLOR:** El olor debe ser característico (lácteo ácido), sin olor desagradable (olor a levadura, a cocido o extraño).
- **SABOR:** El yogur debe tener sabor (lácteo ácido), agradable al paladar.
- **CONSISTENCIA:** El yogur debe poseer una consistencia cremosa-viscosa y no presentar grumos en su estructura.
- **ACEPTABILIDAD:** En esta característica interviene el sentido del gusto acorde a su preferencia, es la aceptación o rechazo en la escala establecida.

Evaluación sensorial de yogur batido con adición de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*)

DEGUSTADOR:.....

FECHA:.....

PARÁMETROS	ALTERNATIVAS	MUESTRAS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
COLOR	BLANCO									
	BLANCO-CREMA									
	COLOR CREMA									
	CREMA OSCURO									
OLOR	LIGERAMENTE PERCEPTIBLE (lácteo ácido)									
	NORMAL CARACTERÍSTICO (lácteo ácido)									
	MUY BUENO CARACTERÍSTICO (lácteo ácido)									
	DESAGRADABLE (olor a levadura, a cocido o extraño (lácteo ácido)									
SABOR	LIGERAMENTE PERCEPTIBLE (lácteo ácido)									
	NORMAL CARACTERÍSTICO (lácteo ácido)									
	MUY BUENO CARACTERÍSTICO (lácteo ácido)									
	DESAGRADABLE (sabor amargo, rancio, podrido, metálico, demasiado ácido)									
CONSISTENCIA	LIGERAMENTE (cremoso - viscoso)									
	NORMAL CARACTERÍSTICO (cremoso - viscoso)									
	MUY BUENO CARACTERÍSTICO (cremoso - viscoso)									
	PASTOSO									
	GUSTA POCO									

ANEXO 4. Resultados de la evaluación sensorial y aceptabilidad del “Yogur batido con adición de gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*)”

Color del yogur

PANELISTA		TRATAMIENTOS									
↓	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA	MEDIAS
P1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	5,00
P2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	1,00	9,00	45,00	1,67
P4	4,50	4,50	4,50	1,00	4,50	4,50	4,50	8,50	8,50	45,00	1,67
P5	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P6	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P7	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P8	7,50	4,00	4,00	1,50	1,50	7,50	7,50	4,00	7,50	45,00	1,67
P9	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P10	3,50	3,50	3,50	3,50	8,00	8,00	3,50	3,50	8,00	45,00	1,67
ΣX	50,50	47,00	47,00	41,00	49,00	55,00	50,50	47,00	63,00	450,00	20,00
ΣX ²	2550,25	2209,00	2209,00	1681,00	2401,00	3025,00	2550,25	2209,00	3969,00	202500,00	400,00

Olor del yogur

PANELISTA		TRATAMIENTOS									
↓	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA	MEDIAS
P1	6,50	2,00	2,00	6,50	6,50	6,50	2,00	6,50	6,50	45,00	5,00
P2	9,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	45,00	1,67
P3	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	9,00	1,00	45,00	1,67
P4	1,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,50	6,00	6,00	45,00	1,67
P5	7,50	3,00	7,50	3,00	3,00	3,00	7,50	3,00	7,50	45,00	1,67
P6	6,50	2,00	6,50	6,50	6,50	2,00	2,00	6,50	6,50	45,00	1,67
P7	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P8	4,00	8,00	4,00	8,00	4,00	4,00	8,00	4,00	1,00	45,00	1,67
P9	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P10	7,00	2,50	2,50	2,50	7,00	7,00	2,50	7,00	7,00	45,00	1,67
ΣX	57,00	43,00	48,00	52,00	52,50	48,00	43,00	56,50	50,00	450,00	20,00
ΣX ²	3249,00	1849,00	2304,00	2704,00	2756,25	2304,00	1849,00	3192,25	2500,00	202500,00	400,00

Sabor del yogur

PANELISTA		TRATAMIENTOS									
↓	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA	MEDIAS
P1	8,50	5,00	1,50	1,50	5,00	5,00	5,00	5,00	8,50	45,00	5,00
P2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P3	7,00	7,00	2,50	2,50	7,00	7,00	2,50	2,50	7,00	45,00	1,67
P4	8,00	4,50	1,50	4,50	1,50	4,50	8,00	4,50	8,00	45,00	1,67
P5	3,00	3,00	7,50	3,00	7,50	7,50	3,00	3,00	7,50	45,00	1,67
P6	6,00	6,00	6,00	1,50	1,50	6,00	6,00	6,00	6,00	45,00	1,67
P7	6,50	6,50	2,50	6,50	9,00	2,50	6,50	2,50	2,50	45,00	1,67
P8	2,50	6,00	8,50	2,50	6,00	2,50	8,50	6,00	2,50	45,00	1,67
P9	4,00	4,00	4,00	8,50	4,00	4,00	8,50	4,00	4,00	45,00	1,67
P10	3,00	3,00	7,50	3,00	7,50	7,50	7,50	3,00	3,00	45,00	1,67
ΣX	53,50	50,00	46,50	38,50	54,00	51,50	60,50	41,50	54,00	450,00	20,00
ΣX ²	2862,25	2500,00	2162,25	1482,25	2916,00	2652,25	3660,25	1722,25	2916,00	202500,00	400,00

Consistencia del yogur

PANELISTA		TRATAMIENTOS									
↓	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA	MEDIAS
P1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	40,00	4,44
P2	2,50	6,50	6,50	2,50	6,50	2,50	6,50	6,50	6,50	40,00	1,48
P3	2,50	2,50	7,00	7,00	7,00	2,50	7,00	7,00	7,00	42,50	1,57
P4	2,50	2,50	2,50	7,00	7,00	7,00	7,00	2,50	7,00	38,00	1,41
P5	7,00	2,50	7,00	2,50	7,00	2,50	7,00	2,50	7,00	38,00	1,41
P6	3,00	3,00	3,00	7,50	7,50	3,00	7,50	7,50	3,00	42,00	1,56
P7	7,50	4,00	4,00	4,00	7,50	4,00	4,00	4,00	4,00	39,00	1,44
P8	4,50	8,50	4,50	1,00	4,50	4,50	4,50	4,50	8,50	36,50	1,35
P9	8,00	4,50	4,50	4,50	8,00	4,50	1,50	8,00	1,50	43,50	1,61
P10	4,00	8,50	4,00	8,50	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	41,00	1,52
ΣX	46,50	47,50	48,00	49,50	64,00	39,50	54,00	51,50	53,50	400,50	17,80
ΣX ²	2162,25	2256,25	2304,00	2450,25	4096,00	1560,25	2916,00	2652,25	2862,25	160400,25	316,71

Aceptabilidad del yogur

PANELISTA		TRATAMIENTOS									
↓	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	SUMA	MEDIAS
P1	8,50	4,50	1,00	4,50	4,50	4,50	4,50	4,50	8,50	45,00	5,00
P2	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P3	6,00	6,00	6,00	2,00	9,00	2,00	6,00	2,00	6,00	45,00	1,67
P4	4,00	4,00	4,00	8,50	4,00	8,50	4,00	4,00	4,00	45,00	1,67
P5	7,00	2,50	7,00	2,50	7,00	2,50	7,00	2,50	7,00	45,00	1,67
P6	6,00	6,00	1,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	1,50	45,00	1,67
P7	4,50	4,50	4,50	4,50	9,00	4,50	4,50	4,50	4,50	45,00	1,67
P8	5,00	9,00	5,00	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
P9	4,50	8,50	4,50	4,50	4,50	1,00	4,50	8,50	4,50	45,00	1,67
P10	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	45,00	1,67
ΣX	55,50	55,00	43,50	43,50	59,00	44,00	51,50	47,00	51,00	450,00	20,00
ΣX ²	3080,25	3025,00	1892,25	1892,25	3481,00	1936,00	2652,25	2209,00	2601,00	202500,00	400,00

ANEXO 5. Costos de producción para el tratamiento T2: (5% de gel de sábila - previo a la pasteurización)

COSTOS DE PRODUCCIÓN T2				
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL(USD)
MATERIA PRIMA E INSUMOS				
Leche	kg	0,9000	0,45	0,41
Gel de sábila	kg	0,1000	2,83	0,28
Gelatina sin sabor	kg	0,0015	3,72	0,01
Fermento	kg	0,0150	8,00	0,12
Azúcar	kg	0,1000	1,05	0,11
Saborizante	kg	0,0004	12,80	0,005
Subtotal				0,94
MATERIALES				
Envases	litro	1	0,40	0,40
Etiquetas	u	1	0,25	0,25
Gas	kg	0,0007	2,50	0,0018
Subtotal				0,65
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO				1,59

ANEXO 6. Costos de producción para el tratamiento T6: (10% gel de sábila – posterior a la pasteurización)

COSTOS DE PRODUCCIÓN T6				
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL(USD)
MATERIA PRIMA E INSUMOS				
Leche	kg	0,9500	0,45	0,41
Gel de sábila	kg	0,0500	2,83	0,28
Gelatina sin sabor	kg	0,0015	3,72	0,01
Fermento	kg	0,0150	8,00	0,12
Azúcar	kg	0,1000	1,05	0,11
Saborizante	kg	0,0004	12,80	0,005
Subtotal				0,94
MATERIALES				
Envases	litro	1	0,40	0,40
Etiquetas	u	1	0,25	0,25
Gas	kg	0,0007	2,50	0,0018
Subtotal				0,65
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO				1,59

ANEXO 7. Costos de producción para el tratamiento T7: (15% gel de sábila - posterior a la pasteurización)

COSTOS DE PRODUCCIÓN T7				
DESCRIPCIÓN	UNIDADES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	TOTAL(USD)
MATERIA PRIMA E INSUMOS				
Leche	kg	0,8500	0,45	0,38
Gel de sábila	kg	0,1500	2,83	0,43
Gelatina sin sabor	kg	0,0015	3,72	0,01
Fermento	kg	0,0150	8,00	0,12
Azúcar	kg	0,1000	1,05	0,11
Saborizante	kg	0,0004	12,80	0,005
Subtotal				1,06
MATERIALES				
Envases	litro	1	0,40	0,40
Etiquetas	u	1	0,25	0,25
Gas	kg	0,0007	2,50	0,0018
Subtotal				0,65
COSTO TOTAL POR TRATAMIENTO				1,71

ANEXO 8. Resultados de los análisis de recuento de la población microbiana durante el proceso de fermentación



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 185-2013 Ibarra, 21 de noviembre de 2013
 Análisis solicitado por: Srta. Gabriela Trejo
 Número de muestras : Nueve, Yogur con sábila
 Fecha de recepción de las muestras: 07 de octubre de 2013
 Método de ensayo: Contaje en cámara de Neubauer

TIEMPO		TRATAMIENTO									
		T1		T2		T3		T4		T5	
Hora	Min.	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10
0	0	2,000E+04	4,301	8,913E+03	3,950	1,600E+04	4,204	1,021E+04	4,009	2,500E+04	4,398
0,75	45	2,999E+04	4,477	1,259E+04	4,100	2,249E+04	4,352	1,581E+04	4,199	3,199E+04	4,505
1,5	90	5,000E+04	4,699	3,162E+04	4,500	4,436E+04	4,647	2,630E+04	4,420	7,499E+04	4,875
2,25	135	7,345E+04	4,866	6,607E+05	5,820	4,236E+05	5,627	2,000E+05	5,301	8,995E+05	5,954
3	180	4,276E+06	6,631	7,079E+06	6,850	2,761E+06	6,441	1,778E+06	6,250	4,276E+06	6,631
3,75	225	4,446E+07	7,648	1,000E+07	7,000	2,118E+07	7,326	7,079E+06	6,850	6,353E+07	7,803
4,5	270	6,095E+07	7,785	6,310E+07	7,800	2,780E+07	7,444	9,550E+06	6,980	8,091E+07	7,908
5,25	315	6,902E+07	7,839	1,000E+08	8,000	3,119E+07	7,494	1,119E+07	7,049	8,710E+07	7,940

TIEMPO		TRATAMIENTO									
		T6		T7		T8		T9			
Hora	Min.	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10	# Bact.	Log base 10
0	0	1,959E+04	4,292	2,399E+04	4,380	2,553E+04	4,407	2,698E+04	4,431		
0,75	45	3,289E+04	4,517	4,797E+04	4,681	5,000E+04	4,699	5,200E+04	4,716		
1,5	90	5,585E+04	4,747	6,998E+04	4,845	7,194E+04	4,857	7,396E+04	4,869		
2,25	135	6,668E+05	5,824	1,050E+06	6,021	2,992E+05	5,476	8,492E+04	4,929		
3	180	3,972E+06	6,599	5,702E+06	6,756	1,300E+06	6,114	2,979E+05	5,474		
3,75	225	8,851E+07	7,947	3,698E+08	8,568	3,936E+07	7,595	4,198E+06	6,623		
4,5	270	1,140E+08	8,057	4,699E+08	8,672	5,395E+07	7,732	6,194E+06	6,792		
5,25	315	1,271E+08	8,104	5,200E+08	8,716	6,295E+07	7,799	7,603E+06	6,881		

Nota: Los resultados corresponden exclusivamente para la muestra analizada.

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 9. Resultados de los análisis físico-químicos y microbiológicos del producto terminado



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0186 - 2013

Ibarra, 21 de noviembre de 2013

Análisis solicitado por:

Srta. Gabriela Trejo

Número de muestras :

Cuatro, yogur

Fecha de recepción de las muestras:

07 de octubre de 2013

Parámetro Analizado	Unidad	Resultados				Metodo de ensayo
		T2	T6	T7	T9	
Sólidos Totales	g / 100 ml	22,8	21,68	25,7	23,68	AOAC 925.10
Proteína	g / 100 ml	4,5	4,42	4,3	4,50	AOAC 920.87
Extracto etéreo	g / 100 ml	3,8	3,85	3,78	4,2	AOAC 920.85
Viscosidad relativa	cP	12,81	12,64	18,72	20,20	Visco. Oswald
Recuento total de bacterias	UFC/ml	1×10^8	$1,27 \times 10^8$	$5,2 \times 10^8$	$7,6 \times 10^6$	Cám. Neubauer
Recuento de coliformes	UFC/ml	0	0	0	0	AOAC 989.10
Recuento de Mohos	UFC/ml	250	300	150	100	AOAC 995.21
Recuento de Levaduras	UFC/ml	200	150	300	250	

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utr@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 10. Resultados de los análisis de lactosa y ácido láctico para T7



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 – CONEA – 2010 – 129 – DC.

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0187 - 2013

Ibarra, 21 de noviembre de 2013

Análisis solicitado por: Srta. Gabriela Trejo

Número de muestras : Una, yogur

Fecha de recepción de las muestras: 07 de octubre de 2013

Tiempo Minutos	Acidez % de Ácido láctico	% Lactosa
0	0,35	4,75
45	0,36	4,73
90	0,41	4,65
135	0,45	4,5
180	0,53	4,35
225	0,62	4
270	0,65	3,85
315	0,66	3,84

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional

La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia institucionales.

Av. 17 de Julio S-21 y José María
Córdova Barrio El Olivo
Teléfono: (06)2997800
Fax: Ext. 7711.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 11. Resultados de los análisis de viscosidad, proteína y sólidos totales en el gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*)

 **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**
UNIVERSIDAD ACREDITADA RESOLUCIÓN 002 - CONEA - 2010 -129 - DC.

Laboratorio de Análisis Físicos, Químicos y Microbiológicos

Informe N°: 0015 - 2013 Ibarra, 14 de enero de 2013

Análisis solicitado por:
Número de muestras : Uno, gel de sábila
Fecha de recepción de las muestras: 16 de enero de 2013

Parámetro Analizado	Unidad	Resultado	Método de ensayo
Viscosidad relativa	cP	30,02	Visco. Oswald
Proteína	g/100 g	0,14	AOAC 920.87
Sólidos Totales	g/100 g	4,23	AOAC 925.10

Los resultados obtenidos pertenecen exclusivamente para las muestras analizadas

Atentamente:

Bioq. José Luis Moreno
Técnico de Laboratorio



Visión Institucional
La Universidad Técnica del Norte en el año 2020, será un referente en ciencia, tecnología e innovación en el país, con estándares de excelencia internacionales.

Av. 17 de Julio s-21 y José María Córdova. Barrio El Olivo.
Teléfono:(06)2997800
Fax:Ext: 7011.
Email: utn@utn.edu.ec
www.utn.edu.ec
Ibarra - Ecuador

ANEXO 12. Ficha Técnica Fermento para yogur DRI-SET 438

Dri Set BIOFLORA ABY
CULTIVO LÁCTICO LIOFILIZADO



La serie VIVOLAC Dri Set BIOFLORA ABY 400 de inoculación directa, es un cultivo concentrado liofilizado para la producción de helado, yogurt o para la cuenta de bacterias. Estos cultivos contienen múltiples cepas específicas de *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus* y *Bifidobacterium ssp.* Que proveen una alta cuenta bacteriana en el producto final. Con la serie VIVOLAC BIOFLORA ABY 400 se obtiene un producto con típico sabor a yogurt y la viscosidad deseada según el número de su elección.

SERIE DE CULTIVOS Dri Set BIOFLORA ABY 400

CULTIVO	DESCRIPCIÓN	INOCULACIÓN	PARÁMETROS DE INCUBACIÓN
ABY 403, 410, 427, 438, 442 y 489	Liofilizado de cepas de <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> y <i>Bifidobacterium ssp.</i> para uso en la elaboración diaria de productos probióticos.	1000 LU/1000L 500 LU/500 L 200 LU/200 L 100 LU/100 L	35-44°C Por 4-8 horas (El tiempo varía según la aplicación)

ESPECIFICACIONES DEL PRODUCTO

Nombre del producto: *Vivolac Dri Set BIOFLORA ABY Serie 400*

Ingredientes: *Leche en polvo sin grasa, bacterias ácido lácticas, y agentes frío-protectores.*

Apariencia: *Polvo fino color café.*

Conteo láctico: *Coliformes* < 1 CFU/g
E. col. Negativo
Salmonella Negativo
Staphylococcus (Coagulasa +) Negativo
Levaduras y hongos < 10 UFC/g

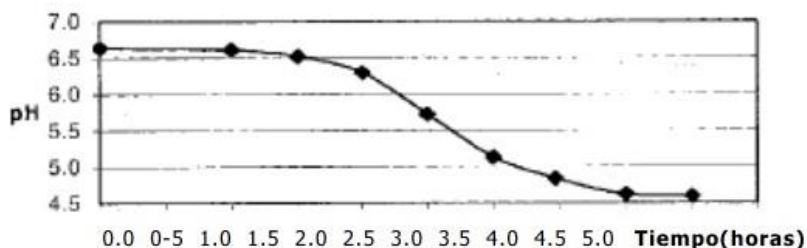
Análisis microbiológico: *No mayor a 1.0×10^{11} UFC/g.*

Empaque/transporte: *< 30°C / 12 meses*

Almacenamiento y Vida de anaquel: *Scbres de aluminio sellados a temperatura aprobados por la FCA. Transportados en contenedores de unicel con hielo seco y/o gel refrigerants.*

Perfil de desarrollo de acidez

Dri Set Bioflora ABY 400 's



ANEXO 13. Fotografías



Fotografía 1. Análisis de densidad, grasa, temperatura y sólidos de la leche



Fotografía 2. Equipo de análisis de leche Milkotester



Fotografía 3. Control de temperatura en la pasteurización de la leche



Fotografía 4. Medición del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*)



Fotografía 5. Adición del gel de sábila (*Aloe barbadensis Miller*)



Fotografía 6. Caja de fermentación para yogur



Fotografía 7. Incubación del yogur



Fotografía 8. Control de temperatura durante la fermentación



Fotografía 9. Análisis de pH del yogur



Fotografía 10. Análisis de acidez del yogur



Fotografía 11. Colocación de la muestra de cultivo en la cámara de Neubauer



Fotografía 12. Vista de los microorganismos en el microscopio



Fotografía 13. Refrigeración del producto terminado

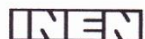


Fotografía 14. Medición de lacto suero en el yogur (Sinéresis)



Fotografía 15. Evaluación sensorial del producto

ANEXO 14. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2385:2011 Leches fermentadas. Requisitos



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 2395:2011
Segunda revisión

LECHES FERMENTADAS. REQUISITOS.

Primera Edición

FERMENTE MILKS. REQUIREMENTS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos procesados, leches fermentadas, requisitos.
AL 03.01-442
CDU: 637.146
CIU: 3112
ICS: 67.100.01

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	LECHES FERMENTADAS. REQUISITOS	NTE INEN 2395:2011 Segunda revisión 2011-07
<p style="text-align: center;">1. OBJETO</p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las leches fermentadas, destinadas al consumo directo.</p> <p style="text-align: center;">2. ALCANCE</p> <p>2.1 Esta norma se aplica a las leches fermentadas naturales; yogur, kéfir, kumis, leche cultivada o acidificada; leches fermentadas con ingredientes y leches fermentadas tratadas térmicamente.</p> <p>2.2 No se aplican a las bebidas de leches fermentadas</p> <p style="text-align: center;">3. DEFINICIONES</p> <p>3.1 Para efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 Leche Fermentada natural. Es el producto lácteo obtenido por medio de la fermentación de la leche, elaborado a partir de la leche por medio de la acción de microorganismos adecuados y teniendo como resultado la reducción del pH con o sin coagulación (precipitación isoelectrica). Estos cultivos de microorganismos serán viables, activos y abundantes en el producto hasta la fecha de vencimiento. Si el producto es tratado térmicamente luego de la fermentación, no se aplica el requisito de microorganismos viables. Comprende todos los productos naturales, incluida la leche fermentada líquida, la leche acidificada y la leche cultivada y al yogur natural, sin aromas ni colorantes.</p> <p>3.1.2 Producto natural. Es el producto que no está aromatizado, no contiene frutas, hortalizas u otros ingredientes que no sean lácteos, ni está mezclado con otros ingredientes que no sean lácteos.</p> <p>3.1.3 Yogur. Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> y <i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i>, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto. Puede ser adicionado o no de los ingredientes y aditivos indicados en esta norma.</p> <p>3.1.4 Kéfir. Es una leche fermentada con cultivos ácido lácticos elaborados con granos de kéfir, <i>Lactobacillus kéfir</i>, especies de géneros <i>Leuconostoc</i>, <i>Lactococcus</i> y <i>Acetobacter</i> con producción de ácido láctico, etanol y dióxido de carbono. Los granos de kéfir están constituidos por levaduras fermentadoras de lactosa (<i>Kluyveromyces marxianus</i>) y levaduras no fermentadoras de lactosa (<i>Saccharomyces omnisporus</i>, <i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>Saccharomyces exiguus</i>), <i>Lactobacillus casei</i>, <i>Bifidobacterium sp</i> y <i>Streptococcus salivarius subs. Thermophilus</i>, por cuales deben ser viables y activos durante la vida útil del producto.</p> <p>3.1.5 Kumis. Es una leche fermentada con <i>Lactococcus Lactis subsp cremoris</i> y <i>Lactococcus Lactis subsp lactis</i>, los cuales deben ser viables y activos en el producto hasta el final de su vida útil, con producción de alcohol y ácido láctico.</p> <p>3.1.6 Leche cultivada, o acidificada. Es una leche fermentada por la acción de <i>Lactobacillus acidophilus</i> (leche acidificada) o <i>Bifidobacterium sp.</i>, u otros cultivos lácticos inocuos apropiados, los cuales deben ser viables y activos durante la vida útil del producto.</p> <p>3.1.7 Leche fermentada tratada térmicamente. Es el producto definido en el numeral 3.1.1 y 3.1.9, que ha sido sometido a tratamiento térmico, después de la fermentación. Los cultivos de microorganismos no serán viables ni activos en el producto final.</p> <p style="text-align: right;">(Continúa)</p> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos procesados, leches fermentadas, requisitos</p>		

Instituto Ecuatoriano de Normalización, INEN – Casilla 17-01-3999 – Baquerizo Moreno EB-29 y Almagro – Quito-Ecuador – Prohibida la reproducción

3.1.8 Leche fermentada con ingredientes. Son productos lácteos compuestos, que contienen un máximo del 30 % (m/m) de ingredientes no lácteos (tales como edulcorantes, frutas y verduras así como jugos, purés, pastas, preparados y conservantes derivados de los mismos, cereales, miel, chocolate, frutos secos, café, especias y otros alimentos aromatizantes naturales e inoocuos) y/o sabores. Los ingredientes no lácteos pueden ser añadidos antes o luego de la fermentación.

3.1.9 Leche fermentada concentrada. Es una leche fermentada cuya proteína ha sido aumentada antes o luego de la fermentación a un mínimo del 5,6%. Las leches fermentadas concentradas incluyen productos tradicionales tales como Stragisto (yogur colado), Labneh, Ymer e Ylette.

3.1.10 Leche fermentada adicionada con microorganismos probióticos. Es el producto definido en el numeral 3.1.1 al cual se le han adicionado bacteria vivas benéficas, que al ser ingeridas favorecen la microflora intestinal.

3.1.11 Microorganismo probiótico. Microorganismo vivo, que suministrado en la dieta e ingerido en cantidad suficiente ejerce un efecto benéfico sobre la salud, más allá de los efectos nutricionales.

4. CLASIFICACIÓN

4.1 De acuerdo a sus características las leches fermentadas, se clasifican de la siguiente manera:

4.1.1 Según el contenido de grasa en:

- a) Entera.
- b) Semidescremada (parcialmente descremada).
- c) Descremada.

4.1.2 De acuerdo a los ingredientes en:

- a) Natural,
- b) Con ingredientes,

4.1.3 De acuerdo al proceso de elaboración en:

- a) Batido,
- b) Coagulado o aflanado,
- c) Tratado térmicamente
- d) Concentrado,
- e) Deslactosado.

4.1.4 De acuerdo al contenido de etanol, el Kéfir se clasifica en:

- a) suave
- b) fuerte

5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS

5.1 La leche que se utilice para la elaboración de leches fermentadas debe cumplir con la NTE INEN 09, y posteriormente ser pasteurizada (ver NTE INEN 10) o esterilizada (ver NTE INEN 701) y debe manipularse en condiciones sanitarias según el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura del Ministerio de Salud Pública.

(Continúa)

5.2 Se permite el uso de otras leches diferentes a las de vaca, siempre que en la etiqueta se declare de que mamífero procede.

5.3 Las leches fermentadas, deben presentar aspecto homogéneo, el sabor y olor deben ser característicos del producto fresco, sin materias extrañas, de color blanco cremoso u otro propio, resultante del color de la fruta o colorante natural añadido, de consistencia pastosa; textura lisa y uniforme.

5.4 A las leches fermentadas pueden agregarse, durante el proceso de fabricación, crema previamente pasteurizada, leche en polvo, leche evaporada, grasa láctea anhidra y proteínas lácteas.

5.5 Los residuos de medicamentos veterinarios y sus metabolitos no deben superar los límites establecidos por el Codex Alimentario CAC/LMR 2 en su última edición.

5.6 Los residuos de plaguicidas, pesticidas y sus metabolitos, no deben superar los límites establecidos por el Codex Alimentario CAC/LMR 1 en su última edición.

5.7 Se permite el uso de vitaminas, minerales y otros nutrientes específicos, de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 1334-2.

6. REQUISITOS

6.1 Requisitos específicos

6.1.1 A las leches fermentadas podrán añadirse: azúcares o edulcorantes permitidos, frutas frescas enteras o en trozos, pulpa de frutas, frutas secas y otros preparados a base de frutas. El contenido de fruta adicionada no debe ser inferior al 5 % (m/m) en el producto final.

6.1.2 Se permite la adición de otros ingredientes como: hortalizas, miel, chocolate, cacao, coco, café, cereales, especias y otros ingredientes naturales. Cuando se utiliza café el contenido máximo de cafeína será de 200 mg/kg, en el producto final. El peso total de las sustancias no lácteas agregadas a las leches fermentadas no será superior al 30% del peso total del producto.

6.1.3 La leche fermentada con frutas u hortalizas, al realizar el análisis histológico deben presentar las características propias de la fruta u hortaliza adicionada.

6.1.4 Las leches fermentadas, ensayadas de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con lo establecido en la tabla 1.

TABLA 1. Especificaciones de las leches fermentadas

REQUISITOS	ENTERA		SEMIDESCREMADA		DESCREMADA		METODO DE ENSAYO
	Min %	Max %	Min %	Max %	Min %	Max %	
Contenido de grasa	2,5	---	1,0	<2,5	---	<1,0	NTE INEN 12
Proteína, % m/m							
En yogur, kéfir, kumis, leche cultivada	2,7	--	2,7	--	2,7	--	NTE INEN 16
Alcohol etílico, % m/v							
En kéfir suave	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	NTE INEN 379
En kéfir fuerte	--	3,0	--	3,0	--	3,0	
Kumis	0,5	---	0,5	---	0,5	---	
Presencia de adulterantes ¹⁾	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Grasa Vegetal	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 1500
Suero de Leche	Negativo		Negativo		Negativo		NTE INEN 2401

1) Adulterantes: Harina y almidones (excepto los almidones modificados) soluciones salinas, suero de leche, grasas vegetales.

(Continúa)

6.1.5 Las leches fermentadas deben cumplir con los requisitos del contenido mínimo del cultivo del microorganismo específico (*Lactobacillus delbruekii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus salivaris* subsp. *thermophilus*; *Lactobacillus acidophilus*, según sea el caso), y de bacterias prebióticas, hasta la fecha de vencimiento, de acuerdo con lo indicado en la tabla 2.

TABLA 2. Cantidad de microorganismos específicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación

PRODUCTO	Yogur, kumis, kéfir, leche cultivada, leches fermentadas con ingredientes y leche fermentada concentrada Mínimo	kéfir y kumis Mínimo
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido para cada producto	10 ⁷ UFC/g	
Bacterias probióticas	10 ⁶ UFC/g	
Levaduras		10 ⁴ UFC/g

6.1.6 Requisitos microbiológicos

6.1.6.1 Al análisis microbiológico correspondiente las leches fermentadas deben dar ausencia de microorganismos patógenos, de sus metabolitos y toxinas.

6.1.6.2 Las leches fermentadas, ensayadas de acuerdo con las normas ecuatorianas correspondientes deben cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos en leche fermentada sin tratamiento térmico posterior a la fermentación

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

En donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

6.1.6.3 Cuando se analicen muestras individuales se tomaran como valores máximos los expresados en la columna m.

6.1.6.4 Las leches fermentadas tratadas térmicamente y envasadas asépticamente deben demostrar esterilidad comercial de acuerdo a NTE INEN 2335

6.1.7 Aditivos. Se permite el uso de los aditivos establecidos en la NTE INEN 2074 para estos productos

6.1.8 Contaminantes. El límite máximo de contaminantes no deben superar los límites establecidos por el Codex Stan 193-1995

6.2 Requisitos complementarios

6.2.1 Las leches fermentadas, siempre que no se hayan sometido al proceso de esterilización, deben mantenerse en refrigeración durante toda su vida útil.

(Continúa)

6.2.2 Las unidades de comercialización de este producto debe cumplir con lo dispuesto en la Ley 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.

7. INSPECCIÓN

7.1 Muestreo. El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 04.

7.2 Aceptación o rechazo. Se acepta el lote si cumple con los requisitos establecidos en esta norma; caso contrario se rechaza.

8. ENVASADO Y EMBALADO

8.1 Las leches fermentadas deben expendirse en envases asépticos, y herméticamente cerrados, que aseguren la adecuada conservación y calidad del producto.

8.2 Las leches fermentadas deben acondicionarse en envases cuyo material, en contacto con el producto, sea resistente a su acción y no altere las características organolépticas del mismo.

8.3 El embalaje debe hacerse en condiciones que mantenga las características del producto y aseguren su inocuidad durante el almacenamiento, transporte y expendio.

9. ROTULADO

9.1 El Rotulado debe cumplir con los requisitos establecidos en el RTE INEN 022

(Continúa)

APÉNDICE Z

Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 4	<i>Leche y productos lácteos. Muestreo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9	<i>Leche cruda. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 10	<i>Leche pasteurizada. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 12	<i>Leche. Determinación del contenido de grasa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 13	<i>Leche. Determinación de la acidez titulable.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 16	<i>Leche. Determinación de la proteína</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 19	<i>Leche. Ensayo de fosfatasa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 379	<i>Conservas vegetales. Determinación de alcohol etílico.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 701	<i>Leche larga vida. Requisitos</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1334-2	<i>Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1500	<i>Leche. Métodos de ensayo cualitativos para la determinación de la calidad.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-7	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de microorganismos coliformes por la técnica del recuento de colonias.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-8	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y escherichia coli.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-10	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de mohos y levaduras viables.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2335	<i>Leche larga vida. Método para control de la esterilidad comercial</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2401	<i>Leche determinación de suero de quesería en leche fluida y en polvo. Método de cromatografía líquida de alta eficacia.</i>
Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 022	<i>Rotulado de productos alimenticios procesados, envasados y empaquetados del Sistema Ecuatoriano de la Calidad. Publicado en el Registro Oficial No. 26 de 2007-02-22.</i>
Ley 2007-76	<i>Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para Alimentos Procesados, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002</i>
Decreto Ejecutivo 3253	<i>Lista de límites máximos para residuos de plaguicidas en los alimentos.</i>
Codex Alimentarius CAC/MRL 1	<i>Lista de límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios.</i>
Codex Alimentarius CAC/MRL 2	
Codex Stan 193-1995	<i>Norma General del Codex para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos.</i>

Z.2 BASES DE ESTUDIO

Norma Andina. NA 078:2009 *Leches fermentadas. Requisitos.* Comunidad Andina, Lima 2009

Norma Técnica Colombiana NCT 805 *Productos Lácteos. Leches Fermentadas.* Bogotá 2000.

Programa Conjunto FAO – OMS *Norma del Codex para leches fermentadas.* Codex Stan 243-2003. Adoptado 2003. Revisión 2008, 2010

(Continúa)

Ministerio de Agricultura y de Abastecimiento del Brasil. Resolución No. 5 de 13 de noviembre del 2000. *Especificaciones para las leches fermentadas.*

Secretaría de Salud. Norma Mexicana NOM 185-SSA1-2002 *Productos y servicios. Mantequilla, cremas, producto lácteo condensado azucarado, productos lácteos fermentados y acidificados, dulces a base de leche. Especificaciones sanitarias.* México 2002.

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 2395	TÍTULO: LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS	Código: AL 03.01-442
Segunda revisión		

ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo 2008-11-28 Oficialización con el Carácter de Voluntaria por Resolución No 150-2009 2009-01-29 publicado en el Registro Oficial No. 519 de 2009-02-02 Fecha de iniciación del estudio:
--	--

Fechas de consulta pública: de _____ a _____

Subcomité Técnico: LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS Fecha de iniciación: 2010-10-14 Integrantes del Subcomité Técnico:	Fecha de aprobación: 2011-01-13
---	---------------------------------

NOMBRES:

Dr. Rafael Vizcarra (Presidente)
 Ing. Julio Gutiérrez
 Ing. Juan Carlos Romero
 Dra. Teresa Rodríguez
 Dra. Indira Delgado
 Dra. Mónica Sosa
 Dr. Alexander Salazar
 Ing. Paola Simbaña
 Ing. Noela Bautista

Tlga. Tatiana Gallegos
 Ing. Gustavo Navarro
 Sr. Rodrigo Gómez de la Torre
 Ing. Leonardo Baño
 Ing. Julio Vera
 Dr. Galo Izurieta
 Ing. Lourdes Reinoso
 Ing. Daniel Tenorio
 Ing. Luis Sánchez

Ing. Rocio Contero
 Dr. David Villegas
 Dra. Katya Yépez
 Dr. Darío Solórzano
 Ing. Daniel Tenorio
 Dra. Mónica Quinatoa

Dr. Paúl Fuertes
 Dr. Rodrigo Dueñas
 Dra. Cecilia Zamora
 Dra. Ma. Isabel Salazar
 Ing. Jorge Chávez
 Dra. Verónica Iniguez
 Ing. Santiago Tinajero
 Ing. María E. Dávalos (Secretaría Técnica)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

CENTRO DE LA INDUSTRIA LÁCTEA
 UTA - FACULTAD DE ALIMENTOS
 LACTEOS SAN ANTONIO
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Guayaquil
 ALPINA ECUADOR S.A.
 INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Quito
 REYBANPAC - LACTEOS
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA -
 ECOLAC
 MINISTERIO DE SALUD - SISTEMA ALIMENTOS
 HOLSTEIN
 PRODUCTORES DE LECHE
 AVELINA S.A.
 LA HOLANDESA
 PATEURIZADORA QUITO
 SFG - MAGAP
 AILACCEP
 DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE
 PICHINCHA
 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
 MIPRO
 NESTLÉ ECUADOR
 NESTLÉ ECUADOR
 AILACCEP
 DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE
 PICHINCHA
 BUSTAMANTE & BUSTAMANTE
 REYBANPAC
 INDUSTRIAS LÁCTEAS TONI S.A.
 INDUSTRIAS LÁCTEAS TONI S.A.
 MAGAP
 ALIMEC S.A.
 MAGAP
 INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 2395:2011 (Segunda Revisión), reemplaza a la NTE INEN 2395:2009 (Primera Revisión)

La Subsecretaría de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria Por Resolución No. 11 150 de 2011-05-20
 Registro Oficial No. 484 de 2011-07-05