



Universidad Autónoma Juan Misael Saracho

Departamento de Biotecnología y Ciencia de los Alimentos

Carrera de Ingeniería de Alimentos

“Elaboración de Yogur Probiótico Enriquecido con Omega-3”

Por:

Carolina Aranibar Vaca

Trabajo final de grado presentado a consideración de la Universidad Autónoma Juan Misael Saracho, como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos.

Junio, 2011

Tarija-Bolivia

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

DEDICATORIA.

*Quiero dedicar este trabajo:
A mis padres Gonzalo Aranibar y Delby
Vaca, ya que ellos son mi ejemplo a
seguir, siempre me animaron a luchar
por mis sueños confiando en Dios.*

AGRADECIMIENTOS.

A Dios por ser mi preceptor y guía en este proyecto de investigación.

A mis profesores guía Ing. Erick Ramírez e Ing. Johnny Mercado por su dedicación y orientación en la realización de este trabajo de investigación.

A todos los docentes de la carrera de Ing. de Alimentos por haber podido compartir con ellos la experiencia de aprender.

A mi familia por todo su amor y apoyo incondicional.

A mi novio por sus consejos y su gran ayuda.

Y a todos aquellos que de alguna manera han colaborado en la realización de este proyecto.

Así que ni el que planta es algo, ni el que riega, sino Dios, que da el crecimiento. (1Corintios 3,7).

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece. (Filipenses 4,13).

ÍNDICE

	Página
Advertencia	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Pensamiento	iv
Resumen	v

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo general	4
1.3.2. Objetivos específicos	4
1.4. Formulación del problema	5
1.5. Formulación de la hipótesis general	5

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Características generales de la leche	6
2.1.1. Características organolépticas de la leche	6
2.1.2. Propiedades físicas de la leche	7
2.1.3. Propiedades químicas de la leche	9
2.1.4. Composición fisicoquímica de la leche	10
2.1.5. Microbiología de la leche	16
2.1.6. Tipos de leche	17
2.2. Características de la leche fermentada	18
2.2.1. Clasificación del yogur	18
2.2.2. Valor nutricional del yogur	19
2.2.3. Fermentación	20
2.2.3.1. Fermentación ácido láctica	20

2.2.4.	Tecnología de elaboración del yogur	21
2.2.5.	Problemas durante la elaboración del yogur	25
2.2.5.1.	Defectos del aspecto y textura	25
2.2.5.2.	Defectos del sabor	25
2.2.5.3.	Modificaciones físicas y químicas durante la fermentación	26
2.3.	Yogur probiótico	27
2.3.1.	Información nutricional del yogur probiótico	27
2.4.	Origen de las bacterias probióticas	28
2.4.1.	Características generales de los probióticos	28
2.4.2.	Beneficios de las bacterias probióticas en el ser humano	30
2.4.2.1.	Refuerzan las defensas del organismo	30
2.4.2.2.	Contribuyen a la degradación de la lactosa	30
2.4.2.3.	Previene la diarrea	31
2.4.2.4.	Estreñimiento y exceso de gases	31
2.4.2.5.	Disminuye el riesgo cardiovascular y la diabetes	31
2.4.3.	Algunas bacterias probióticas y los efectos reportados	31
2.5.	Tipos de leches fermentadas probióticas	32
2.6.	Insumos y aditivos para la elaboración de yogur probiótico	33
2.6.1.	Cultivos iniciadores	34
2.6.2.	Saborizantes	36
2.6.3.	Edulcorantes	37
2.6.4.	Colorantes	37
2.6.5.	Conservantes	37
2.7.	Origen de la semilla de chía	38
2.7.1.	Botánica de la semilla de chía	38
2.7.2.	Semilla de chía	38
2.7.3.	Información nutricional de la semilla de chía	39
2.7.3.1.	Beneficios del aceite Omega-3	40
2.7.4.	Beneficios de la semilla de chía	40

CAPÍTULO III METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.1.	Introducción	42
3.2.	Descripción de equipos y materiales de laboratorio	42
3.2.1.	Equipos	42
3.2.2.	Instrumentos de laboratorio	43
3.2.3.	Materiales de laboratorio	45
3.2.4.	Materia prima	45
3.2.5.	Insumos químicos	45
3.2.6.	Reactivos de laboratorio	46
3.3.	Metodología del proceso de elaboración	46
3.3.1.	Descripción técnica del proceso	47
3.3.1.1	Recepción y control de materias primas	48
3.3.1.2.	Dosificación	48
3.3.1.3.	Filtración	48
3.3.1.4.	Enriquecimiento	49
3.3.1.5	Tratamiento térmico	49
3.3.1.6.	Enfriamiento	49
3.3.1.7.	Adición del cultivo probiótico	50
3.3.1.8.	Incubación	50
3.3.1.9.	Enfriamiento	50
3.3.1.10.	Aromatizado y saborizado	51
3.3.1.11.	Envasado	51
3.3.1.12.	Almacenamiento	51
3.4.	Metodología para la obtención de resultados	52
3.4.1.	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del producto	52
3.4.1.1	Normas y métodos para las propiedades fisicoquímicas	53
3.4.2.	Normas y métodos análisis microbiológico	53
3.4.3.	Análisis sensorial	54
3.4.3.1.	Evaluación sensorial para determinar el proceso de dosificación inicial...	55
3.4.3.2.	Evaluación sensorial para determinar el proceso de dosificación final	55

3.4.3.3.	Evaluación sensorial para determinar el proceso de fermentación inicial ..	55
3.4.3.4.	Evaluación sensorial para determinar el proceso de fermentación intermedio	56
3.4.3.5.	Evaluación sensorial para determinar el proceso de fermentación final	56
3.4.3.6.	Evaluación sensorial del atributo sabor para seleccionar el saborizante del yogur probiótico	56
3.4.3.7	Evaluación sensorial del producto final	57
3.4.4.	Degustación y encuesta del producto final	57
3.4.5.	Diseño experimental	57
3.4.5.1	Diseño experimental en la etapa de dosificación	58
3.4.5.2.	Diseño experimental en la etapa de fermentación	59

CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.	Características fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima ...	60
4.2.	Determinación inicial del grado de dulzor y sabor de la leche	61
4.2.1.	Evaluación sensorial inicial en el proceso de dosificación para determinar el grado de dulzor de la leche	61
4.2.2.	Evaluación sensorial inicial en el proceso de dosificación para determinar el atributo sabor de la leche	63
4.2.3.	Determinación final del grado de dulzor y sabor de la leche	64
4.2.3.1.	Evaluación sensorial final en el proceso de dosificación para determinar el grado de dulzor de la leche	65
4.2.3.2.	Evaluación sensorial final en el proceso de dosificación para determinar el atributo sabor de la leche	66
4.3.	Diseño experimental para determinar las variables del proceso de dosificación	67
4.4.	Determinación inicial de los atributos sensoriales del yogur en el proceso de fermentación.....	69
4.4.1.	Evaluación sensorial inicial en el proceso de fermentación para determinar el atributo aroma.....	70

4.4.1.1.	Prueba de Duncan inicial para el atributo aroma en el proceso de fermentación.....	70
4.4.2.	Evaluación sensorial inicial en el proceso de fermentación para determinar el atributo sabor	72
4.4.2.1.	Prueba de Duncan inicial para el atributo sabor en el proceso de fermentación.....	72
4.4.3.	Evaluación sensorial inicial en el proceso de fermentación para determinar el atributo acidez	74
4.4.3.1.	Prueba de Duncan inicial para el atributo acidez en el proceso de fermentación	74
4.4.4.	Evaluación sensorial inicial en el proceso de fermentación para determinar el atributo textura	76
4.4.4.1.	Prueba de Duncan inicial para el atributo textura en el proceso de fermentación	76
4.4.5.	Determinación intermedia de atributos sensoriales del yogur en el proceso de fermentación	78
4.4.5.1.	Evaluación sensorial intermedia en el proceso de fermentación para determinar el atributo aroma	78
4.4.5.2.	Evaluación sensorial intermedia en el proceso de fermentación para determinar el atributo sabor	80
4.4.5.2.1	Prueba de Duncan intermedia para el atributo sabor en el proceso de fermentación	80
4.4.6.	Evaluación sensorial intermedia en el proceso de fermentación para determinar el atributo acidez	81
4.4.6.1.	Prueba de Duncan intermedia para el atributo acidez en el proceso de fermentación	82
4.4.7.	Evaluación sensorial intermedia en el proceso de fermentación para determinar el atributo textura	82
4.4.8.	Determinación final de los atributos sensoriales del yogur en el proceso de fermentación	84
4.4.8.1.	Evaluación sensorial final en el proceso de fermentación para	

	determinar el atributo aroma	84
4.4.8.2.	Evaluación sensorial final en el proceso de fermentación para determinar el atributo sabor	86
4.4.8.3.	Evaluación sensorial final en el proceso de fermentación para determinar el atributo acidez	87
4.4.8.4.	Evaluación sensorial final en el proceso de fermentación para determinar el atributo textura	88
4.5.	Diseño experimental para determinar las variables del proceso de fermentación.....	90
4.6.	Control de acidez y ph en el proceso de elaboración de yogur probiótico enriquecido con omega-3	91
4.6.1.	Control de acidez en el proceso de fermentación	92
4.6.2.	Control de pH en el proceso de fermentación	93
4.7.	Saborización del yogur probiótico	95
4.7.1.	Evaluación sensorial del atributo sabor para seleccionar el saborizante en el yogur probiótico	95
4.8	Características del producto terminado	97
4.8.1.	Análisis fisicoquímico del producto terminado	97
4.8.2.	Análisis microbiológico del producto terminado	98
4.8.3.	Evaluación sensorial del producto terminado	99
4.8.4.	Control de ph del producto saborizado durante el almacenamiento	100
4.8.5.	Degustación y encuesta del producto final sabor frutilla	103
4.9.	Balance de materia	106
4.9.1.	Balance de materia en el proceso de dosificación	108
4.9.2.	Balance de materia en el proceso de higienización	109
4.9.3.	Balance de materia en el enriquecimiento	109
4.9.4.	Balance de materia en el proceso de pasteurización	110
4.9.5.	Balance de materia en el proceso de inoculación	111
4.9.6.	Balance de materia en el proceso de saborización	111
4.10.	Balance de energía	112
4.10.1.	Balance de energía en el proceso de pasteurización	113

4.10.1.1.	Cantidad de calor para calentar el agua a 90°C	113
4.10.1.2.	Cantidad de calor para la pasteurización a 85°C	114
4.10.1.3.	Cantidad de calor para todo el proceso de pasteurización	115
4.10.2.	Cantidad de energía para el proceso de fermentación	115

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones	116
5.2.	Recomendaciones	119
	Bibliografía.....	120
	Anexos	

Índice de tablas y/o cuadros

		Página
Tabla II.1	Composición de la leche de diferentes especies	11
Tabla II.2	Concentraciones minerales y vitamínicas en la leche	13
Tabla II.3	Contenido nutricional del yogur de leche pasteurizada	19
Tabla II.4	Información nutricional del yogur probiótico	27
Tabla II.5	Información nutricional de la semilla de chía	39
Tabla III.1	Materiales para la elaboración de yogur probiótico	45
Tabla III.2	Insumos utilizados en la elaboración del producto	46
Tabla III.3	Reactivos utilizados en la elaboración del producto	46
Tabla III.4	Análisis fisicoquímico de la materia prima y producto	53
Tabla III.5	Normas y métodos análisis fisicoquímico	53
Tabla III.6	Normas y métodos análisis microbiológico	54
Tabla III.7	Variación de factores en el proceso de dosificación	58
Tabla III.8	Diseño factorial en la etapa de dosificación	58
Tabla III.9	Diseño factorial en la etapa de fermentación	59
Tabla III.10	Diseño experimental del proceso	59
Tabla IV.1	Composición fisicoquímica y microbiológica de la leche pasteurizada y semilla de chía	60
Tabla IV.2	Valores promedio de la evaluación sensorial para determinar el grado de dulzor y sabor de la leche	61
Tabla IV.3	Análisis de varianza del atributo grado de dulzor en el proceso de dosificación inicial	62
Tabla IV.4	Análisis de varianza del atributo sabor en el proceso de dosificación inicial	64
Tabla IV.5	Valores promedio en el proceso de dosificación final	64
Tabla IV.6	Análisis de varianza para el grado de dulzor en el proceso de dosificación final	65
Tabla IV.7	Análisis de varianza del atributo sabor en el proceso de dosificación final	67
Tabla IV.8	Sólidos solubles del grado de dulzor en la dosificación	68

Tabla IV.9	Análisis de varianza para las variables de la dosificación	68
Tabla IV.10	Valores promedio de evaluación sensorial en el proceso de fermentación inicial	69
Tabla IV.11	Prueba de Duncan para el atributo aroma en el proceso de fermentación inicial	71
Tabla IV.12	Prueba de Duncan para el atributo sabor en el proceso de fermentación inicial	73
Tabla IV.13	Prueba de Duncan para el atributo acidez en el proceso de fermentación inicial	75
Tabla IV.14	Prueba de Duncan para el atributo textura en el proceso de fermentación inicial	77
Tabla IV.15	Valores promedio de la evaluación sensorial en el proceso intermedio de fermentación	78
Tabla IV.16	Análisis de varianza para el atributo aroma en el proceso intermedio de fermentación	79
Tabla IV.17	Prueba de Duncan para el atributo sabor en el proceso intermedio de fermentación	81
Tabla IV.18	Prueba de Duncan para el atributo acidez en el proceso intermedio de fermentación	82
Tabla IV.19	Análisis de varianza para el atributo textura en el proceso intermedio de fermentación	83
Tabla IV.20	Valores promedio de la evaluación sensorial en el proceso de fermentación final	84
Tabla IV.21	Análisis de varianza para el atributo aroma en el proceso de fermentación final	85
Tabla IV.22	Análisis de varianza para el atributo sabor en el proceso de fermentación final	86
Tabla IV.23	Análisis de varianza del atributo acidez en el proceso de fermentación final	88
Tabla IV.24	Análisis de varianza para el atributo textura en el proceso de fermentación final	89

Tabla IV.25	Ácido láctico expresado en °Dornic en la fermentación	90
Tabla IV.26	Análisis de varianza para las variables de la fermentación	91
Tabla IV.27	Variación de ácido láctico (° Dornic) en la fermentación	92
Tabla IV.28	Variación de pH en el proceso de fermentación	94
Tabla IV.29	Muestras Saborizadas	95
Tabla IV.30	Evaluación sensorial del atributo sabor del yogur probiótico saborizado.....	96
Tabla IV.31	Análisis de varianza del atributo sabor del yogur probiótico saborizado	97
Tabla IV.32	Resultado del análisis fisicoquímico del producto terminado	98
Tabla IV.33	Análisis microbiológico del producto terminado	98
Tabla IV.34	Evaluación sensorial de los atributos sensoriales del producto terminado	99
Tabla IV.35	Análisis de varianza de los cuatro atributos del yogur probiótico sabor frutilla	100
Tabla IV.36	Resultados de la degustación y encuesta del producto final sabor frutilla	103
Cuadro IV-1	Valores de pH del yogur probiótico con semillas de chía y yogur tradicional	101

Índice de figuras

	Página
Fig. 2-1	Compuestos del sabor y aroma de leches fermentadas 36
Fig. 3-1	Estufa 42
Fig. 3-2	Balanza Analítica 43
Fig. 3-3	Refractómetro 44
Fig. 3-4	Termómetro 44
Fig. 3-5	pH-metro de bolsillo 44
Fig. 3-6	Diagrama del proceso de elaboración del producto 47
Fig. 4-1	Valores del atributo grado de dulzor en el proceso de dosificación inicial 62
Fig. 4-2	Valores promedio del atributo sabor en el proceso de dosificación inicial 63
Fig. 4-3	Valores promedio del grado de dulzor en la dosificación final 65
Fig. 4-4	Valores promedio del atributo sabor en la dosificación final 66
Fig. 4-5	Valores promedio del atributo aroma en el proceso de fermentación inicial 70
Fig. 4-6	Valores promedio del atributo sabor en el proceso de fermentación inicial 72
Fig. 4-7	Valores promedio del atributo acidez en el proceso de fermentación inicial 74
Fig. 4-8	Valores promedio del atributo textura en el proceso de fermentación inicial 76
Fig. 4-9	Valores promedio del atributo aroma en el proceso intermedio de fermentación 79
Fig. 4-10	Valores promedio del atributo sabor en el proceso intermedio de fermentación 80
Fig. 4-11	Valores promedio del atributo acidez en el proceso intermedio de fermentación 81
Fig. 4-12	Valores promedio del atributo textura en el proceso intermedio de fermentación 83

Fig. 4-13	Valores promedio del atributo aroma en el proceso de fermentación final	85
Fig. 4-14	Valores promedio del atributo sabor en el proceso de fermentación final	86
Fig. 4-15	Valores promedio del atributo acidez en el proceso de fermentación final	87
Fig. 4-16	Valores promedio del atributo textura en el proceso de fermentación final	88
Fig. 4-17	Variación de acidez (°Dornic) en el proceso de fermentación.....	93
Fig. 4-18	Variación de pH en el proceso de fermentación.....	94
Fig. 4-19	Valores promedio del atributo sabor en la saborización	96
Fig. 4-20	Valores promedio de los atributos sensoriales del yogur probiótico sabor frutilla	99
Fig. 4-21	Control de pH en el proceso de almacenamiento del yogur	102
Fig. 4-22	Resultados de la pregunta 1 en el producto final sabor frutilla	103
Fig. 4-23	Resultados de la pregunta 2 en el producto final sabor frutilla	104
Fig. 4-24	Resultados de la pregunta 3 en el producto final sabor frutilla	104
Fig. 4-25	Resultados de la pregunta 4 en el producto final sabor frutilla	105
Fig. 4-26	Resultados de la pregunta 5 en el producto final sabor frutilla	105
Fig. 4-27	Resultados de la pregunta 5 en el producto final sabor frutilla	106
Fig. 4-28	Proceso de elaboración de yogur probiótico con Omega-3.....	107
Fig. 4-29	Proceso de dosificación	108
Fig. 4-30	Proceso de higienización	109
Fig. 4-31	Proceso de enriquecimiento	109
Fig. 4-32	Proceso de pasteurización	110
Fig. 4-33	Proceso de inoculación	111
Fig. 4-34	Proceso de saborización	111
Fig. 4-35	Resumen del balance de materia del proceso de elaboración de yogur probiótico enriquecido con Omega-3	112