

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA CARRERA:
INGENIERÍA DE ALIMENTOS



**“ELABORACIÓN DE YOGURT AFLANADO ENRIQUECIDO
CON LECHE DE TARWI”**

POR:

PAULA XIMENA MARTÍNEZ CHUMACERO

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

OCTUBRE 2021
TARIJA-BOLIVIA

Dedicatoria

A Dios por estar siempre en todo momento de mi vida, y por ser quien guía mis pasos.

A mi padre y madre por haberme dado siempre sus palabras de aliento y su apoyo incondicional. Aunque ya no estén en este plano, su amor seguirá conmigo todos los días, a mis hermanas Marcela y Cindell por brindarme su apoyo en todo momento y no dejarme caer ante las circunstancias, a mi esposo por sus palabras y su confianza, por su amor y por brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente, a mi hijito Matías por ser quien me impulsa a ser mejor cada día, a mis amigos, compañeros y todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para el logro de mis objetivos

Agradecimiento

Al L.T.A., y al personal del área de lácteos por haberme permitido realizar la parte experimental y el apoyo profesional de mi trabajo de grado.

Al docente guía Ing. Erick Ramírez, por sus conocimientos impartidos y la paciencia con la que nos colaboró para concluir el presente trabajo.

A todos los docentes de la carrera de ingeniería de alimentos por la sabiduría y consejos para mi formación académica.

A mi querida madre, padre y hermanas por su constante apoyo y comprensión durante todo este tiempo.

A mi querido esposo e hijo por brindarme su constante apoyo y colaboración

PENSAMIENTO

“Se firme en tus actitudes perseverante en tu ideal. Pero se paciente, no pretendiendo que todo llegue de inmediato. Haz tiempo para todo, y todo lo que es tuyo, vendrá a tus manos en el momento oportuno”.

M. Gandhi

ÍNDICE

	Pag
RESUMEN	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes 1
1.2	Justificación 2
1.3	Objetivos 2
1.3.1	Objetivo General..... 2
1.3.2	Objetivos específicos..... 3
1.4	Objeto de estudio 4
1.5	Campo de acción 4
1.5.1	Espacial 4
1.5.2	Temporal 4
1.5.3	Institución 4
1.6	Situación problemática..... 4
1.7	Formulación del problema..... 5
1.8	Hipótesis 5
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1	Origen del yogurt afluado..... 6
2.2	Definición del yogurt afluado 6
2.3	Clasificación del yogurt..... 7
2.3.1	De acuerdo a su composición 7
2.3.2	De acuerdo al proceso de elaboración 7
2.3.3	De acuerdo a los componentes añadidos en el proceso de Elaboración 8
2.4	Composición nutricional de yogurt natural 9
2.4.1	Hidratos de carbono 9
2.4.2	Vitaminas..... 10
2.4.3	Proteínas 10
2.4.4	Grasas 10

2.5	Propiedades fisicoquímicas del yogurt natural	10
2.5.1	Acidez	11
2.5.2	pH	11
2.5.2	Cenizas	11
2.5.3	Sólidos totales	11
2.6	Beneficios del yogurt para la salud del ser humano	12
2.7	Fermentación láctica	13
2.7.1	Producción de ácido láctico	14
2.7.2	Las bacterias lácticas streptococcus thermophilus y lactobacillus bulgaricus	14
2.8	Planta de tarwi	16
2.9	Composición química y valor nutricional	16
2.10	Eliminación de alcaloides del tarwi.....	17
2.10.1	Métodos de desamargado	18
2.10.2	Propiedades nutricionales del tarwi para la salud del ser humano	19
2.11	Materia prima e insumos para la elaboración del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	20
2.11.1	Leche de vaca entera	20
2.11.1.1	Composición química de la leche de vaca entera	21
2.11.1.2	Propiedades químicas de la leche de vaca entera.....	21
2.11.1.3	Propiedades nutricionales de la leche de vaca	22
2.12	Insumos para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	22
2.12.1	Leche de tarwi	23
2.12.1.1	Propiedades físicas de la leche de tarwi	23
2.12.2	Cultivos lácticos.....	24
2.12.3	Azúcar blanco	24
2.12.4	Leche en polvo	25
2.12.5	Conservante sorbato de potasio.....	25

CAPÍTULO III. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1	Desarrollo de la parte experimental	25
3.2	Descripción de los equipos, instrumentos de laboratorio, materiales, utensilios de cocina y reactivos químicos de laboratorio.....	25
3.2.1	Equipos de proceso	25
3.2.1.1	Licadora mixer	25
3.2.1.2	Cocina industrial	26
3.2.1.3	Termostato eléctrico (baño maría)	26
3.2.1.4	Freezer	27
3.2.2	Instrumentos de laboratorio	27
3.2.2.1	Balanza digital	27
3.2.2.2	Balanza analítica	28
3.2.2.3	pH-metro	28
3.2.2.4	Viscosímetro rotacional.....	29
3.2.2.5	Refractómetro de bolsillo	29
3.2.2.6	Termómetro de alcohol	29
3.2.3	Material de laboratorio	30
3.2.4	Utensilios de cocina	30
3.2.5	Reactivos químicos de laboratorio	31
3.3	Materia prima e insumos alimentarios para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con tarwi.....	31
3.3.1	Materia prima (leche de tarwi y leche de vaca entera	32
3.3.2	Insumos y conservantes alimentarios	32
3.4	Metodología para la obtención de resultados.....	33
3.4.1	Análisis fisicoquímico de leche de vaca entera	33
3.4.1.1	Análisis de micronutrientes de leche de vaca entera.....	34
3.4.2	Análisis microbiológico leche de vaca entera	34
3.4.3	Análisis fisicoquímico de leche de tarwi.....	35
3.4.3.1	Análisis de micronutrientes de leche de tarwi	35
3.4.3.2	Análisis microbiológico de leche de tarwi.....	36

3.4.4	Diagrama de flujo del proceso para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	36
3.4.4.1	Control de calidad de la leche.....	38
3.4.4.2	Calentamiento.....	38
3.4.4.3	Dosificación.....	38
3.4.4.4	Homogenización.....	38
3.4.4.5	Filtración.....	39
3.4.4.6	Pasteurización.....	39
3.4.4.7	Atemperado.....	39
3.4.4.8	Adición de conservantes.....	39
3.4.4.9	Inoculación.....	40
3.4.4.10	Lavado de envases.....	40
3.4.4.11	Esterilización de envases.....	40
3.4.4.12	Envasado.....	40
3.4.4.13	Fermentación.....	40
3.4.4.14	Corte de la fermentación.....	40
3.4.4.15	Almacenamiento.....	41
3.4.5	Análisis sensorial de los alimentos.....	41
3.4.6	Diseño experimental.....	42
3.4.6.1	Diseño Factorial 2^3	42
3.4.6.1.1	Diseño factorial 2^3 en el proceso de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	43
3.4.7	Caracterización del producto terminado.....	45
3.4.7.1	Análisis fisicoquímico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	45
3.4.7.2	Análisis microbiológico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	45

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1	Caracterización de leche entera de vaca y leche de tarwi.....	48
4.1.1	Parámetros de control de calidad de leche entera de vaca.....	48

4.1.2	Análisis fisicoquímico de leche entera de vaca.....	48
4.1.2.1	Análisis de micronutrientes de leche entera de vaca.....	49
4.1.2.2	Análisis microbiológico de leche entera de vaca	50
4.1.3	Parámetro de control de calidad de leche de tarwi	50
4.1.3.1	Análisis fisicoquímico de la leche de tarwi.....	50
4.1.3.2	Análisis de micronutrientes de leche tarwi.....	51
4.1.3.3	Análisis microbiológico de leche de tarwi.....	52
4.2	Caracterización de las variables del proceso de elaboración de yogurt aflanado.....	52
4.2.1	Pruebas preliminares para la elaboración de yogurt aflanado.....	52
4.2.2	Selección de la muestra preliminar de yogurt aflanado.....	55
4.2.2.1	Estadístico caja y bigote para selección de muestra preliminar de yogurt aflanado	55
4.2.2.2	Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de muestra preliminar de yogurt aflanado	56
4.2.2.3	Estadístico de Tukey del atributo consistencia para la selección de muestra preliminar de yogurt aflanado.....	57
4.2.2.4	Estadístico de Tukey del atributo color para la selección de muestra preliminar de yogurt aflanado.....	58
4.2.3	Adición de leche de tarwi en el proceso para la selección de prueba Ideal de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	58
4.2.3.1	Pruebas iniciales para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	60
4.2.3.2	Estadístico de caja y bigote para las pruebas iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	61
4.2.3.3	Estadístico de Tukey para atributo sabor en la selección de muestra inicial de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	62
4.2.3.4	Estadístico de Tukey para atributo acidez en la selección de muestra inicial de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	62
4.2.3.5	Estadístico de Tukey para atributo viscosidad en la selección	

	muestra iniciales de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	63
4.2.4	Selección de prueba ideal final de yogurt aplanado con leche de Tarwi	64
4.2.4.1	Estadístico de caja y bigote para selección de prueba ideal final yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.	64
4.2.4.2	Estadístico de Tukey para atributo textura en la selección de pruebas final de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	65
4.3	Diseño factorial 2^3 de las variables en la etapa de fermentación del yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi	66
4.3.1	Variable respuesta acidez (ácido láctico) en la etapa de fermentación de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi	66
4.3.2	Variable respuesta (pH) en la etapa de fermentación para yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi	69
4.3.3	Control del parámetro viscosidad de las pruebas experimentales del yogurt aplanado con leche de tarwi	73
4.3.4	Selección de muestra experimental de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	74
4.3.5	Estadístico caja y bigote para la selección de muestras experimental de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	75
4.4	Control de los parámetros acidez, pH en la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi	76
4.4.1	Control de acidez en la etapa de fermentación del yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi	76
4.4.2	Control de pH en la etapa de fermentación del yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi	78
4.5	Caracterización del producto final yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	79
4.5.1	Análisis fisicoquímico de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	79

4.5.2	Análisis microbiológico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	80
4.5.3	Control de parámetros acidez y pH durante el almacenamiento del producto final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	81
4.5.4	Control de acidez durante el almacenamiento del producto final yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	81
4.5.5	Control de pH durante el almacenamiento del productor final de yogurt yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	83
4.6	Balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	85
4.6.1	Balance de materia en la etapa de calentamiento	87
4.6.2	Balance de materia en la etapa de dosificación	89
4.6.3	Balance de materia en la etapa de filtración	90
4.6.4	Balance de materia en la etapa de pasteurización	91
4.6.5	Balance de materia en la etapa de adición de conservante	92
4.6.6	Balance de materia en la etapa de inoculación	94
4.6.7	Resumen general del balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	95
4.6.8	Rendimiento del proceso de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	96
4.7	Balance de energía en la etapa de pasteurización de leche	96
4.7.1	Ecuaciones para el balance de energía en el proceso de pasteurización.....	96
4.7.2	Balance de energía en la etapa de pasteurización de leche entera de vaca y leche de tarwi.....	101

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOENDACIONES

5.1	Conclusiones.....	104
5.2	Recomendaciones	106

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Composición nutricional del yogurt natural.....	8
-----------	---	---

Tabla 2.2	Contenido de aminoácidos en el tarwi, soya, frejol (expresado en g/19g de N).....	16
Tabla 2.3	Composición química leche entera	19
Tabla 2.4	Valores físicos y químicos de la leche de vaca	20
Tabla 2.5	Comparativa nutricional de la leche de tarwi en 100g	21
Tabla 2.6	Valores físicos y químicos de la leche de tarwi	21
Tabla 3.1	Material de laboratorio	30
Tabla 3.2	Utensilios utilizados para la parte experimental	31
Tabla 3.3	Reactivos químicos de laboratorio.....	31
Tabla 3.4	Material de laboratorio.....	33
Tabla 3.5	Análisis fisicoquímico de leche entera de vaca	34
Tabla 3.6	Análisis de micronutrientes de leche entera de vaca	34
Tabla 3.7	Análisis de microbiológico de leche entera de vaca	35
Tabla 3.8	Análisis de fisicoquímico de leche de tarwi	35
Tabla 3.9	Análisis de micronutrientes de leche de tarwi	36
Tabla 3.10	Análisis de microbiológico de leche de tarwi	36
Tabla 3.11	Factores en la etapa de fermentación	44
Tabla 3.12	Niveles de variación de los factores aplicado en la etapa de fermentación	44
Tabla 3.13	Matriz de variables del diseño factorial en el proceso de fermentación.....	44
Tabla 3.14	Análisis fisicoquímico del yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi.....	45
Tabla 3.15	Análisis microbiológico del yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi.....	46
Tabla 3.16	Operacionalización de variables en la elaboración de yogurt afluado enriquecido con leche de tarwi	46
Tabla 4.1	Parámetros de control de calidad de la leche entera	48
Tabla 4.2	Análisis fisicoquímico de la leche entera	49
Tabla 4.3	Análisis de los micronutrientes en la leche entera	49
Tabla 4.4	Análisis microbiológico de leche entera	50

Tabla 4.5	Parámetros de control de calidad de la leche de tarwi	50
Tabla 4.6	Análisis fisicoquímico de la leche de tarwi	51
Tabla 4.7	Análisis de micronutrientes de la leche de tarwi	51
Tabla 4.8	Análisis microbiológico de la leche de tarwi.....	52
Tabla 4.9	Variación en la dosificación para pruebas preliminares en yogurt	53
Tabla 4.10	Estadístico de Tukey del atributo sabor para la selección de muestra preliminar de yogurt aflanado	57
Tabla 4.11	Estadístico de Tukey del atributo consistencia para la selección de muestra preliminar de yogurt aflanado	57
Tabla 4.12	Estadístico de Tukey del atributo acidez para la selección de muestra preliminar de yogurt aflanado.....	58
Tabla 4.13	Variación en la dosificación adicionando leche de tarwi en el proceso de yogurt aflanado	59
Tabla 4.14	Estadístico de Tukey para atributo sabor en la selección de muestra inicial	62
Tabla 4.15	Estadístico de Tukey para atributo acidez en la selección de prueba inicial	63
Tabla 4.16	Estadístico de Tukey para atributo viscosidad en la selección de muestra inicial de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	63
Tabla 4.17	Estadístico de Tukey para atributo viscosidad en la selección de pruebas finales	65
Tabla 4.18	Análisis de varianza de la variable respuesta acidez en la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	67
Tabla 4.19	Análisis de varianza de la variable pH en la etapa de fermentación para la elaboración de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	70
Tabla 4.20	Viscosidad de muestras experimentales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	73

Tabla 4.21	Control de acidez en la etapa de fermentación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	77
Tabla 4.22	Control de pH en la etapa de fermentación del yogurt enriquecido con leche de tarwi	78
Tabla 4.23	Análisis fisicoquímico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	80
Tabla 4.24	Análisis microbiológico del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	80
Tabla 4.25	Control de acidez durante el almacenamiento del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	82
Tabla 4.26	Control del pH durante la conservación del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	84
Tabla 4.27	Control de acidez durante el almacenamiento del yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	81
Tabla 4.28	Capacidad calorífica en función a la composición de los alimentos.....	98
Tabla 4.29	Resultado de la composición fisicoquímica de la leche entera	99
Tabla 4.30	Capacidad calorífica del agua y el acero inoxidable	100
Tabla 4.31	Entalpias de vaporización del agua saturada	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Clasificación del yogurt de acuerdo a su composición	7
Figura 2.2	Clasificación del yogurt de acuerdo al proceso de elaboración	7
Figura 2.3	Componentes añadidos en el proceso de elaboración	8
Figura 2.4	Transformación de la glucosa en ácido láctico	13
Figura 2.5	Taxonomía de la planta de tarwi	15
Figura 3.1	Licadora mixer	25
Figura 3.2	Cocina industrial	26
Figura 3.3	Termostato eléctrico	26
Figura 3.4	Freezer	27
Figura 3.5	Balanza digital	28
Figura 3.6	Balanza analítica	28
Figura 3.7	pH-metro.....	28

Figura 3.8	Viscosímetro rotacional.....	29
Figura 3.9	Refractómetro de bolsillo	29
Figura 3.10	Termómetro de alcohol.....	30
Figura 3.11	Leche de tarwi y leche de vaca	32
Figura 3.12	Insumos alimentarios.....	33
Figura 3.13	Conservantes alimentarios	33
Figura 3.14	Diagrama de flujo obtención de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	37
Figura 3.15	Evaluaciones sensoriales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	42
Figura 4.1	Pruebas preliminares para la obtención de prueba ideal de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	52
Figura 4.2	Dosificación preliminar de yogurt aflanado	53
Figura 4.3	Resultado de la valoración de yogurt aflanado	53
Figura 4.4	Selección de prueba preliminar de yogurt aflanado	54
Figura 4.5	Caja y bigote para la selección de prueba preliminar de yogurt aflanado.....	55
Figura 4.6	Porcentaje en la variación de leche de tarwi para la obtención de prueba ideal.....	58
Figura 4.7	Valoración de las pruebas en la dosificación adicionando leche de tarwi	59
Figura 4.8	Pruebas iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	60
Figura 4.9	Caja y bigote para las pruebas iniciales de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	60
Figura 4.10	Selección final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi.....	63
Figura 4.11	Estadístico de caja de bigote para selección de prueba ideal final de yogurt aflanado enriquecido con leche de tarwi	64
Figura 4.12	Efectos principales para acidez	66
Figura 4.13	Interacción para acidez	67
Figura 4.14	Diagrama de Pareto estandarizada para acidez	68

Figura 4.15	Efectos principales para pH.....	70
Figura 4.16	Interacciones de los factores con relación al pH.....	70
Figura 4.17	Diagrama de Pareto estandarizada para pH.....	71
Figura 4.18	Control de viscosidad en función de la temperatura de muestras experimentales	73
Figura 4.19	Selección de muestra experimental de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	74
Figura 4.20	Estadístico caja y bigote para la selección de muestra ideal de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi	74
Figura 4.21	Control de acidez en el proceso de fermentación del yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	76
Figura 4.22	Control de pH en el proceso de fermentación de yogurt aplanado enriquecido con leche de tarwi.....	78
Figura 4.23	Variación de acidez en función al tiempo de almacenamiento del yogurt aplanado con leche de tarwi con conservante y sin conservante	81
Figura 4.24	Variación del pH en función del tiempo de almacenamiento del yogurt aplanado con leche de tarwi	83
Figura 4.25	Diagrama de flujo del proceso de elaboración de yogurt aplanado con leche de tarwi.....	85
Figura 4.26	Balance de materia en la etapa de calentamiento.....	87
Figura 4.27	Balance de materia en la etapa de dosificación	88
Figura 4.28	Balance de materia en la etapa de filtración	90
Figura 4.29	Balance de materia en la etapa de Pasteurización.....	91
Figura 4.30	Balance de materia en la etapa de adición de conservantes	92
Figura 4.31	Balance de materia en la etapa de inoculación	93
Figura 4.32	Resumen del balance de materia en proceso de elaboración de yogurt aplanado con leche de tarwi	92
Figura 4.33	Balance de energía en la etapa de pasteurización	100