

**UNIVERSIDAD “AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**DEPARTAMENTO DE BIOTECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LOS  
ALIMENTOS**



**“ELABORACIÓN DE YOGUR FORTIFICADO CON  
LECHE DE QUINUA”**

**Por:**

**Olivia Llano Paredez**

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

**Agosto – 2017**

**TARIJA – BOLIVIA**

## **NOTA DE ADVERTENCIA**

**Ni la universidad, ni el tribunal calificador son responsables de la forma, términos, modos y conceptos expuestos por el autor.**

**DEDICATORIA:**

A Dios por haberme permitido llegar a este punto y haberme dado fortaleza e inteligencia, para lograr mis objetivos además de su infinita bondad y amor.

### **AGRADECIMIENTO:**

En primer lugar, doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

A mi madre Roxana, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, por sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi padre Eduardo, por los ejemplos de perseverancia y constancia que me ha infundado siempre y por el valor mostrado para salir adelante.

A mi esposo Alex, por su apoyo incondicional.

A todos los docentes de la Carrera de Ingeniería de Alimentos, por su tiempo, por su apoyo, así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación académica, en especial a la Ing. Beatriz Sossa por haber guiado el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo.

**“Quien tiene paciencia, obtendrá  
lo que desea”**

**Benjamín Franklin**

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1.	Antecedentes .....	1
1.2.	Justificación .....	3
1.3.	Planteamiento del problema.....	3
1.4.	Formulación del problema .....	4
1.5.	Objetivo general .....	4
1.6.	Objetivos específicos .....	4
1.7.	Hipótesis .....	4

### CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1.	Origen del yogur .....	5
2.1.1.	Definición de yogur .....	5
2.1.2.	Tipos de yogur .....	5
2.1.3.	Valor nutricional del yogur .....	7
2.1.4.	Fermentación .....	8
2.1.5.	Tipos de Fermentación .....	9
2.1.6.	Nutrientes para las bacterias lácticas .....	9
2.1.7.	Defectos del sabor .....	10
2.1.8.	Defectos de la textura .....	11
2.1.9.	Beneficios del consumo del yogur.....	11
2.2.	Alimentos lácteos fortificados y enriquecidos.....	13
2.3.	Leche.....	14
2.3.1.	Variedades de la leche .....	14

2.3.2.	Composición nutricional de la leche de vaca.....	16
2.3.2.1.	Agua.....	17
2.3.2.2.	Proteínas.....	18
2.3.2.3.	Componente graso.....	18
2.3.2.4.	Elementos minerales.....	19
2.3.2.5.	Vitaminas.....	19
2.3.2.6.	Enzimas.....	19
2.4.	Origen de la quinua.....	20
2.4.1.	Taxonomía.....	20
2.4.2.	Descripción botánica.....	21
2.4.3.	Valor nutricional de la quinua.....	30
2.4.4.	La quinua y la buena salud.....	32
2.4.5.	Usos de la quinua.....	33
2.4.6.	Factores antinutricionales de la quinua.....	36
2.4.6.1.	Definición de saponina.....	36
2.5.	Leche de quinua.....	36
2.6.	Insumos y aditivos para la elaboración de yogur.....	37
2.6.1.	Cultivo lácteo.....	37
2.6.2.	Edulcorantes.....	38
2.6.3.	Saborizantes.....	39
2.6.4.	Colorantes.....	39

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

3.1.	Introducción.....	40
3.2.	Descripción de equipos, materiales de laboratorio, instrumentos, materias primas e insumos.....	40
3.2.1.	Equipos.....	40

3.2.2.	Instrumentos de laboratorio .....	44
3.2.3.	Materiales de laboratorio .....	47
3.2.4.	Materia prima .....	48
3.2.5.	Insumos .....	48
3.3.	Descripción del proceso de elaboración de la leche de quinua .....	48
3.3.1.	Recepción de la quinua .....	49
3.3.2.	Pesado .....	49
3.3.3.	Hidratación .....	50
3.3.4.	Licuada.....	51
3.3.5.	Filtración .....	51
3.3.6.	Cocción .....	52
3.3.7.	Enfriamiento.....	53
3.4.	Descripción del proceso de elaboración del yogur fortificado con leche de quinua.....	53
3.4.1.	Recepción de la leche.....	55
3.4.2.	Estandarización .....	55
3.4.3.	Higienización .....	56
3.4.4.	Pasteurización .....	57
3.4.5.	Atemperado .....	57
3.4.6.	Inoculación.....	58
3.4.7.	Fermentación.....	59
3.4.8.	Enfriamiento.....	59
3.4.9.	Saborización y agitación .....	59
3.4.10.	Envasado y almacenamiento .....	59
3.5.	Metodología para la obtención de resultados.....	59
3.5.1.	Determinación de las propiedades fisicoquímicas de la materia prima y del producto terminado .....	59
3.5.1.1.	Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas .....	60
3.5.2.	Normas y métodos para el análisis microbiológico .....	63



3.5.3.	Análisis sensorial .....	63
3.5.3.1.	Evaluación sensorial para determinar la muestra preliminar de yogur fortificado con leche de quinua .....	64
3.5.3.2.	Evaluación sensorial para determinar las propiedades organolépticas del yogur fortificado con leche de quinua.....	64
3.5.3.3.	Evaluación sensorial para determinar la muestra final .....	64
3.5.3.4.	Evaluación sensorial del producto terminado .....	64
3.5.4.	Diseño experimental.....	65
3.5.4.1.	Diseño factorial en la etapa de licuado para la elaboración de leche de quinua .....	65
3.5.4.2.	Diseño factorial en la etapa de fermentación para la elaboración de yogur .....	65

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

4.1.	Características fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima .....	68
4.2.	Evaluación sensorial para determinar la muestra preliminar de yogur fortificado con leche de quinua .....	70
4.2.1.	Evaluación sensorial del atributo grado de dulzor para la muestra preliminar .....	71
4.2.1.1.	Análisis estadístico del atributo grado de dulzor para la muestra preliminar .....	73
4.2.2.	Evaluación sensorial del atributo aroma para la muestra preliminar .....	74
4.2.2.1.	Análisis estadístico del atributo aroma para la muestra preliminar .....	76
4.2.3.	Evaluación sensorial del atributo textura para la muestra preliminar .....	77
4.2.3.1.	Análisis estadístico del atributo textura para la muestra preliminar .....	79
4.3.	Evaluación sensorial para determinar las propiedades organolépticas del yogur fortificado con leche de quinua .....	80

4.3.1.	Evaluación sensorial del atributo acidez para el yogur fortificado con leche de quinua.....	81
4.3.1.1.	Análisis estadístico del yogur fortificado con leche de quinua para el atributo acidez .....	83
4.3.2.	Evaluación sensorial del atributo aroma para el yogur fortificado con leche de quinua.....	84
4.3.2.1.	Análisis estadístico para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua.....	86
4.3.3.	Evaluación sensorial para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua.....	87
4.3.3.1.	Análisis estadístico para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua.....	89
4.4.	Evaluación sensorial para determinar la muestra final del yogur fortificado con leche de quinua .....	90
4.4.1.	Evaluación sensorial del atributo acidez para determinar la muestra final ...	91
4.4.1.1.	Análisis estadístico del atributo acidez para determinar la muestra final .....	93
4.4.2.	Evaluación sensorial del atributo aroma para determinar la muestra final ...	94
4.4.2.1.	Análisis estadístico del atributo aroma para determinar la muestra final .....	96
4.4.3.	Evaluación sensorial del atributo textura para determinar la muestra final ..	97
4.4.3.1.	Análisis estadístico del atributo textura para determinar la muestra final ....	99
4.5.	Evaluación sensorial del producto terminado .....	101
4.5.1.	Análisis estadístico de los atributos sensoriales del producto final .....	103
4.6.	Diseño experimental en la etapa de licuado para la obtención de leche de quinua .....	104
4.7.	Diseño experimental para determinar las variables en la etapa de fermentación del yogur fortificado con leche de quinua.....	105
4.8.	Control de pH en el proceso de fermentación para la elaboración de yogur fortificado con leche de quinua .....	108

4.9.	Características del producto terminado yogur fortificado con leche de quinua .....	110
4.9.1.	Análisis fisicoquímico del producto terminado .....	110
4.9.2.	Análisis microbiológico del producto terminado .....	111
4.9.3.	Control de pH del yogur fortificado con leche de quinua durante el almacenamiento .....	111
4.10.	Balance de materia en el proceso de elaboración de leche de quinua.....	112
4.10.1.	Balance de materia en la etapa de hidratación .....	114
4.10.2.	Balance de materia en la etapa de licuado .....	115
4.10.3.	Balance de materia en la etapa de filtración .....	116
4.10.4.	Balance de materia en la etapa de cocción .....	117
4.11.	Rendimiento del proceso de obtención de leche de quinua .....	118
4.12.	Balance de materia en el proceso de elaboración del yogur fortificado con leche de quinua.....	119
4.12.1.	Balance de materia en la etapa de estandarización .....	120
4.12.2.	Balance de materia en la etapa de higienización.....	121
4.12.3.	Balance de materia en la etapa de pasteurización .....	123
4.12.4.	Balance de materia en la etapa de atemperado.....	124
4.12.5.	Balance de materia en la etapa de inoculación.....	125
4.12.6.	Balance de materia en la etapa de saborización .....	126
4.13.	Rendimiento del proceso para la obtención del yogur fortificado con leche de quinua.....	127
4.14.	Balance de energía para el proceso de elaboración de leche de quinua .....	128
4.15.	Balance de energía para el proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua .....	128
4.15.1.	Balance de energía en el proceso de pasteurización .....	130
4.15.2.	Cantidad de energía eléctrica requerida para la etapa de fermentación .....	134

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones .....	135
5.2.	Recomendaciones.....	138
	Bibliografía .....	139
	Anexos	

## ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
Tabla 2.1	Contenido nutricional del yogur ..... 7
Tabla 2.2	Composición fisicoquímica de la leche ..... 17
Tabla 2.3	Clasificación taxonómica del grano de quinua ..... 21
Tabla 2.4	Valor nutricional de la quinua..... 31
Tabla 2.5	Comparación del contenido de aminoácidos ..... 31
Tabla 3.1	Materiales utilizados en el proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua ..... 47
Tabla 3.2	Insumos utilizados en la elaboración de yogur fortificado con leche de quinua ..... 48
Tabla 3.3	Análisis fisicoquímico de materias primas y producto terminado ..... 60
Tabla 3.4	Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas del grano de quinua real ..... 61
Tabla 3.5	Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche de quinua ..... 61
Tabla 3.6	Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas de la leche de vaca ..... 62
Tabla 3.7	Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas del yogur fortificado con leche de quinua..... 62
Tabla 3.8	Normas y métodos para determinar el análisis microbiológico de las materias primas y el producto ..... 63
Tabla 3.9	Variación de los factores en la etapa de licuado de la quinua ..... 66
Tabla 3.10	Diseño experimental a ser utilizado en la etapa de licuado ..... 66
Tabla 3.11	Variación de los factores en la etapa de fermentación ..... 67
Tabla 3.12	Diseño experimental a ser utilizado en la etapa de fermentación ..... 67
Tabla 4.1	Composición fisicoquímica y microbiológica de la leche de vaca ..... 68
Tabla 4.2	Composición fisicoquímica de la quinua real en grano ..... 69
Tabla 4.3	Composición fisicoquímica y microbiológica de la leche de quinua .... 70

Tabla 4.4	Valores promedios de la muestra preliminar para el atributo grado de dulzor .....	72
Tabla 4.5	Análisis de varianza de la muestra preliminar para el atributo grado de dulzor .....	74
Tabla 4.6	Valores promedios de la muestra preliminar para el atributo aroma .....	75
Tabla 4.7	Análisis de varianza de la muestra preliminar para el atributo aroma ...	77
Tabla 4.8	Valores promedios de la muestra preliminar para el atributo textura ....	78
Tabla 4.9	Análisis de varianza de la muestra preliminar para el atributo textura .	80
Tabla 4.10	Valores promedios para el atributo acidez del yogur fortificado con leche de quinua .....	82
Tabla 4.11	Análisis de varianza para el atributo acidez del yogur fortificado con leche de quinua.....	84
Tabla 4.12	Valores promedios para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua.....	85
Tabla 4.13	Análisis de varianza para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua.....	87
Tabla 4.14	Valores promedios para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua.....	88
Tabla 4.15	Análisis de varianza para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua.....	90
Tabla 4.16	Valores promedios del atributo acidez para determinar la muestra final .....	92
Tabla 4.17	Análisis de varianza del atributo acidez para determinar la muestra final .....	94
Tabla 4.18	Valores promedios del atributo aroma para determinar la muestra final .....	95
Tabla 4.19	Análisis de varianza del atributo aroma para determinar la muestra final .....	97
Tabla 4.20	Valores promedios del atributo textura para determinar la muestra final .....	98

Tabla 4.21	Análisis de varianza del atributo textura para determinar la muestra final .....	100
Tabla 4.22	Valores de los atributos sensoriales del producto terminado yogur fortificado con leche de quinua.....	102
Tabla 4.23	Análisis de varianza para los atributos sensoriales del producto terminado yogur fortificado con leche de quinua .....	103
Tabla 4.24	Contenido de sólidos solubles en la etapa de licuado para la obtención de leche de quinua .....	104
Tabla 4.25	Análisis de varianza en la etapa de licuado para la obtención de leche de quinua.....	105
Tabla 4.26	Acidez expresada en porcentaje de ácido láctico del yogur fortificado con leche de quinua .....	106
Tabla 4.27	Análisis de varianza para las variables del yogur fortificado con leche de quinua .....	107
Tabla 4.28	Variación del pH del yogur fortificado con leche de quinua en la etapa de fermentación .....	108
Tabla 4.29	Resultados del análisis fisicoquímico del producto terminado .....	110
Tabla 4.30	Análisis microbiológico del producto terminado yogur fortificado con leche de quinua .....	111

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1	Variación en las muestras de yogur fortificado con leche de quinua..	71
Cuadro 4.2	Variación en la composición de las muestras para determinar las propiedades organolépticas del yogur fortificado con leche de quinua .....	81
Cuadro 4.3	Variación en las muestras del yogur fortificado con leche de quinua.	91
Cuadro 4.4	Valores de pH del yogur fortificado con leche de quinua.....	111



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Cosecha de quinua .....	22
Figura 2.2	Raíz de la planta de quinua.....	22
Figura 2.3	Tallo de la planta de quinua.....	24
Figura 2.4	Hojas de la planta de quinua.....	25
Figura 2.5	Inflorescencia de la planta de quinua.....	26
Figura 2.6	Flores de la planta de quinua .....	27
Figura 2.7	Fruto de la planta de quinua.....	28
Figura 2.8	Esquema del grano de quinua .....	28
Figura 2.9	Diversidad de colores de granos de quinua .....	29
Figura 3.1	Balanza de precisión .....	40
Figura 3.2	Balanza de analítica .....	41
Figura 3.3	Cocina industrial.....	42
Figura 3.4	Termostato (baño maría) .....	43
Figura 3.5	Licuada .....	44
Figura 3.6	Refractómetro .....	45
Figura 3.7	Termómetro .....	45
Figura 3.8	pH – metro de bolsillo .....	46
Figura 3.9	Diagrama del proceso de elaboración de leche de quinua.....	49
Figura 3.10	Pesado de la quinua real en grano .....	50
Figura 3.11	Hidratación del grano de quinua.....	50
Figura 3.12	Etapa de licuado.....	51
Figura 3.13	Etapa de filtrado.....	52
Figura 3.14	Cocción de la quinua .....	52
Figura 3.15	Diagrama del proceso de elaboración de yogur fortificado con leche de quinua.....	54
Figura 3.16	Etapa de estandarización.....	56
Figura 3.17	Etapa de higienización.....	56
Figura 3.18	Etapa de pasteurización .....	57
Figura 3.19	Etapa de atemperado.....	58

Figura 3.20	Etapa de inoculación.....	58
Figura 4.1	Valores promedios de la muestra preliminar para el atributo grado de dulzor .....	73
Figura 4.2	Valores promedios de la muestra preliminar para el atributo aroma .....	76
Figura 4.3	Valores promedios de la muestra preliminar para el atributo textura .....	79
Figura 4.4	Valores promedios para el atributo acidez del yogur fortificado con leche de quinua .....	83
Figura 4.5	Valores promedios para el atributo aroma del yogur fortificado con leche de quinua .....	86
Figura 4.6	Valores promedios para el atributo textura del yogur fortificado con leche de quinua .....	89
Figura 4.7	Valores promedios del atributo acidez para determinar la muestra final .....	93
Figura 4.8	Valores promedios del atributo aroma para determinar la muestra final .....	96
Figura 4.9	Valores promedios del atributo textura para determinar la muestra final .....	99
Figura 4.10	Valores promedios de los atributos sensoriales del producto terminado yogur fortificado con leche de quinua .....	102
Figura 4.11	Variación del pH del yogur fortificado con leche de quinua en la etapa de fermentación .....	109
Figura 4.12	Control de pH en la etapa de almacenamiento del yogur fortificado con leche de quinua final.....	112
Figura 4.13	Proceso de elaboración de leche de quinua .....	113
Figura 4.14	Etapa de hidratación .....	114
Figura 4.15	Etapa de licuado.....	115
Figura 4.16	Etapa de filtrado.....	116
Figura 4.17	Etapa de cocción.....	117

Figura 4.18	Proceso de elaboración del yogur fortificado con leche de quinua .....	119
Figura 4.19	Etapa de estandarización.....	120
Figura 4.20	Etapa de higienización .....	122
Figura 4.21	Etapa de pasteurización .....	123
Figura 4.22	Etapa de atemperado.....	124
Figura 4.23	Etapa de inoculación.....	125
Figura 4.24	Etapa de saborización .....	126
Figura 4.25	Balance de energía en la etapa de cocción .....	128
Figura 4.26	Balance de energía en la etapa de pasteurización.....	130