

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**DETERMINACIÓN DEL PROCESO PARA LA ELABORACIÓN**

**DE YOGUR CON FIBRA EN LA**

**PLANTA INDUSTRIALIZADORA DE LECHE**

**(PIL TARIJA S.A.)**

**Por:**

**CAROLINA TEJADA GÓMEZ**

**Modalidad de graduación; Proyecto de grado: Investigación aplicada, presentado a consideración de la “UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

**Julio del 2013**

**TARIJA-BOLIVIA**

V°B°

---

M. Sc. Luis A. Yurquina Flores  
DECANO

---

M. Sc. Lic. Gustavo Succi Aguirre  
VIDECANO (a)

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Fernando Pacheco Muguértgui

---

Ing. Juan Zenón Arroyo Cardozo

---

Ing. Hugo Franco Sánchez

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:**

A mis amados padres y hermanas, que con su apoyo y ayuda incondicional me dieron la fuerza para culminar esta etapa de mi vida.

**Agradecimiento:**

A Dios por estar presente encada instante de mi vida.

Al ingeniero Fernando Pacheco y el ingeniero Hugo Sánchez por el conocimiento transmitido y tiempo que me brindaron en la realización del trabajo de proyecto.

A la planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A. por permitirme realizar la parte experimental del presente trabajo.

A todos los docentes de la carrera de ingeniería química, por haber transmitido todos sus conocimientos y experiencias.

A mis compañeros y todos los amigos que me acompañaron en el proceso de mi formación académica y que me apoyaron en estos años de preparatoria.

## ÍNDICE

### CAPÍTULO I INTRODUCCION

	Pág.
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo general .....	3
1.2.2 Objetivos específicos .....	3
1.3 Justificación.....	4

### CAPÍTULO II MARCO TÉORICO

2.1 Antecedente de la Planta Industrializadora de Leche PIL Tarija S.A. ....	5
2.1.1 Misión .....	5
2.1.2 Visión .....	6
2.1.3 Objetivos .....	6
2.1.4 Ubicación .....	6
2.1.5 Organización .....	6
2.1.5.1 Administración.....	6
2.1.5.2 Producción .....	7
2.1.5.3 Comercialización.....	7

2.2 Leche .....	7
2.3 Composición de la leche .....	8
2.4 Propiedades organolépticas de la leche.....	9
2.4.1 Sabor .....	9
2.4.2 Olor .....	9
2.4.3 Color.....	9
2.5 Propiedades físicas de la leche.....	10
2.5.1 Viscosidad.....	10
2.5.2 Calor específico.....	10
2.5.3 Punto de congelación .....	10
2.5.4 Punto de ebullición.....	11
2.5.5 Gravedad específica .....	11
2.6 Propiedades químicas de la leche.....	11
2.6.1 Acidez .....	12
2.6.2 pH de la leche.....	12
2.6.3 Humedad .....	12
2.6.4 Sólidos totales .....	13
2.6.4.1 Sólidos no grasos .....	14
2.6.5 Grasa .....	14
2.6.6 Proteínas.....	15
2.6.7 Carbohidratos .....	15
2.6.8 Cenizas .....	16
2.6.9 Vitaminas .....	17

2.6.10 Enzimas .....	17
2.7 Microbiología de la leche.....	17
2.7.1 Bacterias psicrófilas .....	18
2.7.2 Bacterias termófilas.....	18
2.7.3 Bacterias termoresistentes .....	18
2.7.4 Bacterias coliformes.....	19
2.7.4.1 Coliformes totales .....	19
2.7.4.2 Coliformes fecales.....	19
2.7.5 Levaduras .....	19
2.7.6. Mohos u hongos .....	20
2.8 Fermentación de la leche.....	20
2.8.1 Fermentación ácida .....	21
2.8.2 Fermentación gaseosa .....	21
2.8.3 Fermentación proteolítica.....	22
2.8.4 Fermentación lipolítica.....	22
2.9 Control de calidad de la leche .....	22
2.9.1 Prueba de alcohol .....	23
2.9.2 Prueba de acidez.....	23
2.9.3 Prueba de mastitis .....	24
2.10 Yogur .....	25
2.11 Tipos de yogur .....	26
2.11.1 Yogur natural .....	26
2.11.2 Yogur saborizado .....	26

2.11.3 Yogur con fruta .....	26
2.11.4 Yogur ligero .....	26
2.11.5 Yogur dietético.....	26
2.11.6 Yogur afluado.....	26
2.11.7 Yogur batido .....	26
2.11.8 Yogur líquido (bebible).....	27
2.11.9 Yogur congelado .....	27
2.11.10 Yogur concentrado o condensado .....	27
2.11.11 Yogur orgánico.....	27
2.11.12 Yogur con agregados especiales. ....	27
2.12 Clasificación.....	27
2.12.1 De acuerdo a su composición.....	27
2.12.2 De acuerdo al proceso de elaboración.....	28
2.12.3 De acuerdo a su origen .....	28
2.12.4 De acuerdo al contenido graso .....	28
2.12.5 De acuerdo al sabor del producto.....	28
2.13 Requisitos de las materias primas .....	29
2.13.1 Leche .....	29
2.13.2 Grasa .....	29
2.13.3 Inóculo láctico.....	29
2.13.4 Fruta elaborada.....	29
2.13.5 Aditivos.....	30
2.14 Requisitos generales.....	30

2.15 Requisitos organolépticos .....	30
2.15.1 Sabor .....	30
2.15.2 Olor .....	31
2.15.3 Color.....	31
2.15.4 Aspecto.....	31
2.16 Requisitos fisicoquímicos .....	31
2.17 Características microbiológicas .....	31
2.18 Operaciones básicas para el yogur .....	32
2.18.1 Estandarización .....	32
2.18.2 Mezcla de ingredientes.....	32
2.18.3 Pasteurización .....	33
2.18.4 Enfriamiento.....	33
2.18.5 Inoculación.....	33
2.18.6 Incubación .....	33
2.18.7 Enfriado.....	33
2.18.8 Batido .....	33
2.18.9 Envasado .....	34
2.18.10 Almacenamiento .....	34
2.19 Alimento funcional.....	34
2.19.1 Probióticos .....	38
2.19.1.1 Las bacterias lácticas con efectos probióticos.....	38
2.19.1.2 Efectos de los probióticos sobre la salud .....	40
2.19.2 Prebióticos.....	40

2.19.3 Simbióticos.....	41
2.20 Fibra .....	42
2.20.1 Clasificación de la fibra .....	43
2.20.1.1 La fibra soluble .....	43
2.20.1.2 La fibra insoluble .....	43
2.20.2 Recomendaciones nutricionales de la fibra.....	43
2.20.3 Propiedades físicas de la fibra.....	44
2.20.4 Funciones de la fibra .....	45
2.21 Salvado de trigo.....	46
2.21.1 Componentes del salvado de trigo .....	46
2.21.2 Aplicaciones del salvado de trigo .....	47
2.22 Hojuelas de avena .....	47
2.22.1 Composición de hojuelas de avena .....	47
2.22.3 Aplicaciones de las hojuelas de avena .....	48

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

3.1 Introducción .....	49
3.2 Descripción de materias primas, insumos, reactivos, equipos, instrumentos, materiales de laboratorios .....	49
3.2.1 Materias primas.....	49
3.2.1.1 Leche entera en polvo .....	49
3.2.1.2 Salvado de trigo o afrecho de trigo .....	49

3.2.1.3 Hojuelas de avena .....	49
3.2.2 Insumos .....	49
3.2.2.1 Agua pasteurizada .....	50
3.2.2.2 Azúcares .....	50
3.2.2.3 Cultivo láctico YF-L812 .....	50
3.2.2.4 Conservante .....	50
3.2.3 Reactivo químicos de laboratorio.....	50
3.2.4 Equipos.....	51
3.2.4.1 Autoclave vertical .....	51
3.2.4.2 Balanza electrónica portátil.....	52
3.2.4.3 Refrigeradora.....	52
3.2.5 Instrumentos de laboratorio .....	52
3.2.5.1 Termómetro de control.....	53
3.2.5.2 pH-metro de bolsillo .....	53
3.2.6 Materiales de laboratorio.....	53
3.2.7 Fuente de calor en el laboratorio. Material calefactor.....	54
3.2.7.1 Mechero de bunsen .....	54
3.3 Descripción del método para el proceso de elaboración de yogur con fibra .....	54
3.3.1 Metodología en el proceso de pre-cocción .....	55
3.3.1.1 Descripción técnica del proceso experimental.....	55
3.3.1.1.1 Recepción.....	55
3.3.1.1.2 Pesado .....	56
3.3.1.1.3 Pre-cocción.....	56

3.3.2 Metodología del proceso de elaboración de yogur con la adición del cereal precocido .....	56
3.3.2.1 Descripción técnica del proceso.....	58
3.3.2.1.1 Recepción del azúcar y leche en polvo entera .....	58
3.3.2.1.2 Pesado .....	58
3.3.2.1.3 Mezclado .....	58
3.3.2.1.4 Pasteurizado .....	58
3.3.2.1.5 Enfriado.....	58
3.3.2.1.6 Inoculado.....	59
3.3.2.1.7 Fermentado.....	59
3.3.2.1.8 Enfriamiento.....	59
3.3.2.1.9 Adición de conservante .....	59
3.3.2.1.10 Envasado .....	60
3.3.2.1.11 Almacenado.....	60
3.4 Métodos o técnicas empleadas para la obtención de resultados .....	60
3.4.1 Normas y métodos para determinar el análisis fisicoquímico .....	60
3.4.2 Normas y métodos para los análisis microbiológicos .....	61
3.5 Análisis sensoriales .....	62
3.5.1 Evaluación sensorial del producto final .....	63
3.5.1.1 Evaluación sensorial del yogur con la adición de salvado de trigo.....	63
3.5.1.2 Evaluación sensorial del yogur con la adición de hojuelas de avena.....	65
3.6 Diseño factorial .....	67
3.6.1 Diseño factorial en el proceso de pre-cocción para el salvado de trigo .....	67
3.6.2 Diseño factorial en el proceso de pre-cocción para las hojuelas de avena .....	69

3.7 Análisis de varianza mediante el uso del programa SPSS .....	70
3.7.1 Variación de la acidez del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre cocción .....	71
3.7.2 Variación del pH del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre cocción .....	73
3.7.3 Variación de la acidez del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre cocción .....	75
3.7.4 Variación del pH del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre cocción .....	76
3.8 Control de calidad de las muestras de los productos en análisis fisicoquímicos ..	78
3.8.1 Análisis de acidez en las diferentes pruebas del yogur con la adición de salvado de trigo .....	78
3.8.2 Análisis de pH en las diferentes pruebas del yogur con la adición de salvado de trigo .....	80
3.8.3 Análisis de fibra en las diferentes pruebas del yogur con la adición de salvado de trigo .....	80
3.8.4 Análisis de acidez en las diferentes pruebas del yogur con la adición de hojuelas de avena .....	82
3.8.5 Análisis de pH en las diferentes pruebas del yogur con la adición de hojuelas de avena.....	83
3.8.6 Análisis de fibra en las diferentes pruebas del yogur con la adición de hojuelas de avena.....	84
3.9 Control de calidad del yogur con adición de salvado de trigo y el yogur con adición de hojuelas de avena como productos finales en análisis fisicoquímicos .....	86

3.10 Control de calidad de las muestras de los productos en análisis microbiológicos .....	87
3.11 Control de calidad del yogur con adición de salvado de trigo y el yogur con adición de hojuelas de avena como productos finales en análisis microbiológicos .....	89

## **CAPÍTULO IV**

### **BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA**

4.1 Balance de materia en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de salvado de trigo.....	90
4.1.1 Balance de materia en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo.....	90
4.1.2 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con adición de salvado de trigo .....	93
4.2 Balance de materia en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de hojuelas de avena.....	96
4.2.1 Balance de materia en la etapa de pre-cocción de las hojuelas de avena.....	97
4.2.2 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con adición de hojuelas de avena.....	100
4.3 Balance de energía en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de salvado de trigo.....	103
4.3.1 Balance de energía en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo .....	104
4.3.2 Balance de energía en la etapa de la preparación del yogur con adición de salvado de trigo .....	107
4.4 Balance total de energía del yogur con la adición de salvado de trigo .....	111

4.5 Balance de energía en el proceso de la elaboración del yogur con fibra mediante la adición de hojuelas de avena.....	111
4.5.1 Balance de energía en la etapa de pre-cocción de hojuelas de avena .....	112
4.5.2 Balance de energía en la etapa de la preparación del yogur con adición de hojuelas de avena.....	115
4.6 Balance total de energía del yogur con la adición de hojuelas de avena .....	118
4.7 Costo de producción.....	118
4.7.1 Costo de producción del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de salvado de trigo .....	119
4.7.2 Costo de producción del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de hojuelas de avena.....	121

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 Conclusiones .....	125
5.2 Recomendaciones.....	126

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla II-1 Composición general de la leche en porcentaje .....	8
Tabla II-2 Requisitos fisicoquímicos del yogur .....	31
Tabla II-3 Características microbiológicas del yogur .....	32
Tabla II-4 Alimentos funcionales y posibles efectos a la salud .....	36
Tabla II-5 Microorganismos utilizados como probióticos .....	39
Tabla II-6 Lista de carbohidratos y valoración de su posible efecto prebiótico .....	41
Tabla II-7 Composición del salvado de trigo .....	46
Tabla II-8 Composición de las hojuelas de avena.....	48
Tabla III-1 Reactivos utilizados para el análisis de las muestras de yogures enriquecidos con fibra .....	51
Tabla III-2 Materiales de laboratorio .....	54
Tabla III- 3 Normas y métodos para determinar las propiedades fisicoquímicas.....	61
Tabla III- 4 Normas y métodos para determinar las propiedades microbiológicas ....	61
Tabla III- 5 Puntaje obtenido en cada una de las pruebas en sus parámetros organolépticos .....	65
Tabla III- 6 puntaje obtenido en cada una de las pruebas en sus parámetros organolépticos .....	67
Tabla III- 7 Variación de los factores en el proceso de pre-cocción del salvado de trigo .....	68
Tabla III- 8 Diseño factorial en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo .....	69
Tabla III- 9 Variación de los factores en el proceso de pre-cocción de las hojuelas de avena.....	70

Tabla III- 10 Diseño factorial en la etapa de pre-cocción de las hojuelas de avena ...	70
Tabla III-11 Acidez del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre-cocción. ....	72
Tabla III-12 pH del yogur con adición de salvado de trigo mediante la etapa de pre-cocción. ....	73
Tabla III-13 Acidez del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre-cocción. ....	75
Tabla III-14 pH del yogur con adición de hojuelas de avena mediante la etapa de pre-cocción. ....	77
Tabla III-15 Resultado de acidez para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de salvado de trigo. ....	79
Tabla III-16 Resultado del pH para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de salvado de trigo. ....	80
Tabla III-17 Resultado de la fibra para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de salvado de trigo. ....	81
Tabla III-18 Resultado de acidez para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de hojuelas de avena. ....	83
Tabla III-19 Resultado del pH para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de hojuelas de avena. ....	84
Tabla III-20 Resultado de la fibra para las diferentes muestras en dos pruebas para el yogur con adición de hojuelas de avena. ....	85
Tabla III-21 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del yogur con adición de salvado de trigo, como producto final. ....	86
Tabla III-22 Resultados de los parámetros fisicoquímicos del yogur con adición de hojuelas de avena, como producto final. ....	87

Tabla III-23 Resultado de análisis microbiológicos de las muestras del yogur con adición de salvado de trigo para una disolución 1:10 y 1:100 .....	88
Tabla III-24 Resultado de análisis microbiológicos de las muestras del yogur con adición de hojuelas de avena para una disolución 1:10 y 1:100 .....	88
Tabla III-25 Análisis microbiológico del yogur con adición de salvado de trigo como producto final .....	89
Tabla III-26 Análisis microbiológico del yogur con adición de hojuelas de avena como producto final .....	89
Tabla IV-1 Costos materia prima e insumos.....	119
Tabla IV-2 Costo de materias primas e insumos empleados en la elaboración del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de salvado de trigo.....	120
Tabla IV-3 Costo de energía y otros .....	120
Tabla IV-4 Costos materia prima e insumos.....	122
Tabla IV-5 Costo de materias primas e insumos empleados en la elaboración del yogur enriquecido con fibra mediante la adición de hojuelas de avena.....	123
Tabla IV-6 Costo de energía y otros .....	123

## ÍNDICE DE FIGURAS, GRÁFICOS Y DIAGRAMAS

	Pág.
Figura 3-1 Autoclave.....	51
Figura 3-2 Balanza electrónica .....	52
Figura 3-3 Refrigeradora.....	52
Figura 3-4 Termómetro .....	53
Figura 3-5 pH-metro .....	53
Figura 3-6 Mechero de bunsen.....	54
Figura 3-7 Diagrama del proceso de pre- cocción del salvado de trigo .....	55
Figura 3-8 Diagrama de proceso de elaboración de yogur con fibra mediante la adición del cereal.....	57
Gráfico 3-9 Evaluación de las pruebas en función de los parámetros organolépticos	64
Gráfico 3-10 Evaluación de las pruebas en función de los parámetros organolépticos .....	66
Gráfico 3-11 Porcentaje de fibra en las muestras en la prueba 1 y la prueba 2.....	82
Gráfico 3-12 Porcentaje de fibra en las muestras en la prueba 1 y la prueba 2.....	85
Diagrama 4-1 Balance de materia en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo....	90
Diagrama 4-2 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con la adición de salvado de trigo.....	93
Diagrama 4-3 Balance de materia en la etapa de pre-cocción de las hojuelas de avena .....	97
Diagrama 4-4 Balance de materia en la etapa de la preparación del yogur con la adición de hojuelas de avena.....	100
Diagrama 4-5 Balance de energía en la etapa de pre-cocción del salvado de trigo ..	104

Diagrama 4-6 Balance de energía en la etapa de la preparación del yogur con adición de salvado de trigo .....	107
Diagrama 4-7 Balance de energía en la etapa de pre-cocción de hojuelas de avena	112
Diagrama 4-8 Balance de energía en la etapa de preparación del yogur con la adición de hojuelas de avena.....	115

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A Análisis para el control de las pruebas de yogures.....	A. A
Anexo B Preparación de insumos.....	A. B
Anexo C Análisis de laboratorio.....	A. C
Anexo D Fichas técnicas.....	A. D
Anexo E Evaluación sensorial del producto terminado.....	A. E
Anexo F Fotografías.....	A. F