

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “JUAN MISAEL SARACHO”**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA INGENIERÍA DE ALIMENTOS**



**ELABORACIÓN DE YOGURT BATIDO ENRIQUECIDO  
CON ESPIRULINA**

**POR:**

**VÍCTOR HUGO GUZMÁN DONAIRE**

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 en Alimentos.

**MAYO-2018**

**TARIJA-BOLIVIA**

V° B°

---

Msc. Ing. Ernesto R. Álvarez G.

*DECANO*  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

---

Msc. Lic. Elizabeth Castro F.

**VICEDECANA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y  
TECNOLOGÍA**

---

Ing. Jesus Zamora Gutierrez

*DIRECTOR*  
*DPTO. BIOTECNOLOGÍA Y  
CIENCIA DE LOS ALIMENTOS*

---

Ing. Erick Ramirez R.

*DOCENTE GUIA*

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

*DEDICATORIA:*

*A Dios, ser mi fortaleza e inteligencia para seguir adelante y nunca decaer, por darme una maravillosa familia y cruzar por mi camino a personas que jamás olvidare.*

*A mis queridos padres por haberme apoyado durante todos mis años de estudio para alcanzar mi anhelada formación profesional, y con mucho cariño a mi esposa y hermanos por todo su apoyo moral durante la ejecución de mi trabajo.*

## *AGRADECIMIENTOS:*

*Al L.T.A. y el personal del área de lácteos por haberme permitido realizar la parte experimental y el apoyo profesional de mi tesis*

*A mis queridos padres por todo el sacrificio, apoyo y comprensión que me brindaron durante el tiempo de estudio.*

*A mi querida esposa por brindarme su comprensión apoyo incondicional durante la ejecución del presente trabajo.*

*A mi docente guía Ing. Erick Ramírez R. por su permanente asesoramiento y sus conocimientos impartidos; gracias a su valiosa ayuda para concluir el presente trabajo.*

*A todos los docentes de la carrera Ingeniería de alimentos que me apoyaron en mi formación académica.*

*Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron en la realización de este trabajo de investigación.*

*PENSAMIENTO:*

*“Dios no te hubiera dado la capacidad de soñar sin darte la posibilidad de convertir tus sueños en realidad”  
(Héctor Tassinari).*

## ÍNDICE

	Pág.
<b>I. CAPITULO I “INTRODUCCIÓN”</b>	
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos .....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 Planteamiento del problema .....	4
1.5 Formulación del problema .....	5
1.6 Hipótesis.....	5
<b>II. CAPITULO II “MARCO TEÓRICO”</b>	
2.1 Origen del yogurt .....	6
2.2 Definición de yogurt .....	6
2.3 Clasificación de yogurt .....	7
2.3.1 Por su estructura física/consistencia.....	7
2.3.2 Por su contenido en grasa .....	8
2.3.3 Por los productos añadidos, antes o después de la fermentación, o aplicación de tratamiento térmico después de la fermentación.....	9
2.4 Yogurt probiótico .....	10
2.5 Yogurt prebiótico .....	11
2.6 Propiedades físicas del yogurt.....	12
2.6.1 Propiedades fisicoquímicas del yogurt.....	12
2.6.2 Coagulación ácida del yogurt .....	15
2.7 Alga espirulina .....	15
2.7.1 Las propiedades del alga espirulina .....	16
2.7.2 Beneficios del alga espirulina .....	17
2.8 Descripción de insumos para la elaboración de yogurt enriquecido con espirulina .....	18

	<b>Pág.</b>
2.8.1	Leche ..... 18
2.8.2	Edulcorantes ..... 20
2.8.3	Cultivos lácteos ..... 21
2.8.3.1	Características de los cultivos lácteos ..... 22
2.8.4	Leche en polvo ..... 23
2.8.4.1	Aplicación de la leche en polvo ..... 24
2.8.5	Gelatina neutra ..... 25
2.8.6	Saborizantes phal harminy ..... 25
2.8.7	Colorantes ..... 26
2.8.8	Sorbato de potasio..... 26
2.8.9	Benzoato de sodio ..... 26
<b>III.</b>	<b>CAPITULO III DISEÑO METODOLÓGICO</b>
3.1	Desarrollo experimental ..... 28
3.2	Equipos de proceso, instrumentos de laboratorio y utensilio de cocina..... 28
3.2.1	Equipos de proceso ..... 28
3.2.1.1	Termostato (baño maría) ..... 28
3.2.1.2	Balanza analítica digital ..... 29
3.2.2	Instrumentos y materiales de laboratorio ..... 30
3.2.2.1	Refractómetro de bolsillo ..... 30
3.2.2.2	Termómetro de alcohol ..... 31
3.2.2.3	pH – metro de mesa ..... 32
3.2.2.4	Material de laboratorio ..... 33
3.3	Materia prima e insumos alimentarios para elaborar yogurt enriquecido con espirulina..... 33
3.3.1	Materia prima (leche) ..... 33
3.3.2	Insumos alimentarios para elaborar yogurt enriquecido con espirulina..... 33

	<b>Pág.</b>
<b>3.3.3</b>	Reactivos de laboratorio ..... 34
<b>3.4</b>	Diagrama de flujo del proceso de yogurt enriquecido con espirulina ..... 34
<b>3.4.1</b>	Descripción del diagrama de flujo para la elaboración de yogurt enriquecido con espirulina..... 36
<b>3.4.1.1</b>	Recepción y control de materia prima ..... 36
<b>3.4.1.2</b>	Atemperado de la leche ..... 36
<b>3.4.1.3</b>	Estandarización ..... 36
<b>3.4.1.4</b>	Higienización ..... 37
<b>3.4.1.5</b>	Dosificación de estabilizante ..... 37
<b>3.4.1.6</b>	Pasteurización ..... 37
<b>3.4.1.7</b>	Atemperado ..... 38
<b>3.4.1.8</b>	Inoculación ..... 38
<b>3.4.1.9</b>	Fermentación ..... 39
<b>3.4.1.10</b>	Enfriamiento ..... 39
<b>3.4.1.11</b>	Enriquecimiento ..... 40
<b>3.4.1.12</b>	Saborizado ..... 40
<b>3.4.1.13</b>	Envasado ..... 41
<b>3.4.1.14</b>	Almacenamiento ..... 41
<b>3.5</b>	Metodología para la obtención de los resultados ..... 42
<b>3.5.1</b>	Caracterización de la leche (materia prima) ..... 42
<b>3.5.2</b>	Caracterización fisicoquímica de la leche ..... 42
<b>3.5.3</b>	Normas y métodos para el análisis microbiológico ..... 42
<b>3.6</b>	Análisis sensorial de alimentos ..... 43
<b>3.6.1</b>	Evaluación sensorial para elegir muestra patrón del yogurt sabor manzana ..... 43
<b>3.6.2</b>	Evaluación sensorial para determinar acidez en la etapa de fermentación ..... 43
<b>3.6.3</b>	Evaluación sensorial para ajustar acidez del yogurt batido ..... 44

	<b>Pág.</b>
<b>3.6.4</b>	Evaluación sensorial del yogurt batido, para los atributos sabor, color y presentación ..... 44
<b>3.6.5</b>	Evaluación sensorial para ajustar color del yogurt batido enriquecido con espirulina ..... 44
<b>3.6.6</b>	Evaluación sensorial del producto terminado con la muestra patrón ..... 44
<b>3.7</b>	Caracterización fisicoquímica del producto terminado ..... 44
<b>3.7.1</b>	Caracterización microbiológica del producto terminado ..... 45
<b>3.8</b>	Diseño experimental ..... 45
<b>3.8.1</b>	Diseño experimental en la etapa de fermentación para el proceso de elaboración de yogurt ..... 46
<b>IV.</b>	<b>CAPITULO IV “ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS”</b>
<b>4.1</b>	Caracterización de la materia prima ..... 48
<b>4.1.1</b>	Características fisicoquímicas de la materia prima ..... 48
<b>4.1.2</b>	Caracterización microbiológicas de la materia prima ..... 49
<b>4.2</b>	Caracterización de las variables de proceso de elaboración de yogurt batido enriquecido con espirulina ..... 49
<b>4.2.1</b>	Elección de la muestra patrón ..... 49
<b>4.2.2</b>	Evaluación sensorial del atributo textura para muestra patrón ..... 50
<b>4.2.2.1</b>	Análisis estadístico del atributo textura para elegir muestra patrón ..... 51
<b>4.2.3</b>	Evaluación sensorial del atributo color para muestra patrón ..... 52
<b>4.2.3.1</b>	Análisis estadístico del atributo color para elegir la muestra patrón ..... 53
<b>4.2.4</b>	Evaluación sensorial del atributo sabor para muestra patrón ..... 54
<b>4.2.4.1</b>	Análisis estadístico de la prueba de Duncan del atributo sabor para elegir la muestra patrón ..... 55
<b>4.2.5</b>	Evaluación sensorial del atributo acidez para muestra patrón ..... 56

	<b>Pág.</b>
<b>4.2.5.1</b>	Análisis estadístico de la prueba de Duncan del atributo acidez para elegir la muestra patrón ..... 57
<b>4.3</b>	Pruebas preliminares para elegir el método de elaboración yogurt batido ..... 58
<b>4.3.1</b>	Dosificación preliminar para la prueba 1 para yogurt batido ..... 59
<b>4.3.2</b>	Dosificación preliminar para la prueba 2 para yogurt batido ..... 59
<b>4.3.3</b>	Dosificación preliminar para la prueba 3 para yogurt batido ..... 60
<b>4.4</b>	Pruebas preliminares para el atributo acidez del yogurt batido....61
<b>4.4.1</b>	Evaluación sensorial del atributo acidez en la etapa de fermentación ..... 61
<b>4.4.1.1</b>	Análisis estadístico para Duncan del atributo acidez en la etapa de fermentación ..... 63
<b>4.4.2</b>	Ajuste de acidez en el proceso de fermentación ..... 65
<b>4.4.2.1</b>	Evaluación sensorial para ajustar el valor de acidez ..... 65
<b>4.4.2.2</b>	Análisis estadístico de Duncan para ajustar el valor de acidez ..... 67
<b>4.5</b>	Diseño experimental para determinar las variables en la etapa de fermentación del yogurt enriquecido con espirulina ..... 67
<b>4.6</b>	Evaluación sensorial para el atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento ..... 69
<b>4.6.1</b>	Análisis estadístico del atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento .....70
<b>4.7</b>	Evaluación sensorial para el atributo presentación en la etapa de saborización y enriquecimiento ..... 71
<b>4.7.1</b>	Análisis estadístico para el atributo presentacion en la etapa de saborizacion y enriquecimiento ..... 72
<b>4.8</b>	Evaluación sensorial para el atributo color en la etapa de saborizacion y enriquecimiento ..... 73
<b>4.8.1</b>	Análisis estadístico para duncan del atributo color en la etapa de saborizacion y enriquecimiento ..... 74

	<b>Pág.</b>
<b>4.9</b>	Prueba para el ajuste del atributo color del yogurt batido enriquecido con espirulina ..... 75
<b>4.9.1</b>	Evaluación sensorial para ajustar el atributo color del yogurt enriquecido con espirulina..... 75
<b>4.9.2</b>	Análisis estadístico de la prueba de duncan para ajustar el atributo color ..... 76
<b>4.10</b>	Prueba comparativa para el atributo color con la muestra patrón..... 77
<b>4.10.1</b>	Evaluación sensorial comparativa para el atributo color con la muestra patrón ..... 77
<b>4.10.2</b>	Análisis estadístico de duncan del atributo color para comparar con la muestra patrón ..... 77
<b>4.11</b>	Control de acidez, ph y solidos solubles en el proceso de fermentación para la elaboración del yogurt batido enriquecido con espirulina ..... 79
<b>4.11.1</b>	Control de acidez en la etapa de fermentación del yogurt batido enriquecido con espirulina..... 80
<b>4.11.2</b>	Control de pH en la etapa de fermentación del yogurt batido enriquecido con espirulina..... 80
<b>4.11.3</b>	Control de sólidos en la etapa de fermentación del yogurt batido enriquecido con espirulina..... 81
<b>4.12</b>	Control de acidez yogurt batido con espirulina durante el almacenamiento por 27 días ..... 83
<b>4.12.1</b>	Control de pH yogurt batido enriquecido con espirulina durante el almacenamiento en 27 días ..... 84
<b>4.13</b>	Caracterización del producto de yogurt batido normal ..... 86
<b>4.13.1</b>	Análisis fisicoquímico del yogurt batido normal..... 87
<b>4.13.2</b>	Análisis microbiológico del yogurt batido normal ..... 88
<b>4.14</b>	Caracterización del producto terminado yogurt batido

	<b>Pág.</b>
enriquecido con espirulina .....	88
<b>4.14.1</b> Análisis fisicoquímico del producto terminado .....	89
<b>4.14.2</b> Análisis microbiológico del producto terminado .....	89
<b>4.15</b> Balance de materia en el proceso de elaboración de yogurt batido enriquecido con espirulina.....	90
<b>4.15.1</b> Balance de materia en la etapa de estandarización .....	90
<b>4.15.2</b> Balance de materia en la etapa de higienización .....	92
<b>4.15.3</b> Balance de materia en la etapa de dosificación .....	93
<b>4.15.4</b> Balance de materia en la etapa de pasteurización .....	93
<b>4.15.5</b> Balance de materia en la etapa de inoculación .....	94
<b>4.15.6</b> Balance de materia en la etapa de enriquecimiento .....	95
<b>4.16</b> Balance de energía para el proceso de elaboración de yogurt batido enriquecido con espirulina.....	95
<b>4.16.1</b> Ecuaciones para el balance de energía en el proceso de pasteurización .....	96
<b>4.16.2</b> Ecuaciones para el balance de energía en el proceso de pasteurización .....	96
<b>4.16.2.1</b> Balance de energía para 5 litros de leche en el proceso de pasteurización .....	97
<b>V. CAPÍTULO V “CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES”</b>	
<b>5.1</b> Conclusiones .....	100
<b>5.2</b> Recomendaciones .....	102
<b>VI. BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>VII. ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Pág.</b>
<b>Tabla 2.1</b>	Composición química de la leche de vaca, cabra y oveja.....	20
<b>Tabla 3.1</b>	Especificaciones técnicas del pH - metro .....	32
<b>Tabla 3.2</b>	Material de laboratorio.....	33
<b>Tabla 3.3</b>	Insumos alimentarios.....	34
<b>Tabla 3.4</b>	Reactivos utilizados en el proceso de elaboración del yogurt batido enriquecido con espirulina .....	34
<b>Tabla 3.5</b>	Normas y métodos para determinar propiedades fisicoquímicas .....	42
<b>Tabla 3.6</b>	Normas y métodos para determinar el análisis microbiológico	43
<b>Tabla 3.7</b>	Características fisicoquímicas del producto terminado.....	45
<b>Tabla 3.8</b>	Caracterización microbiológica del producto terminado .....	45
<b>Tabla 3.9</b>	Niveles de variación de los factores en la dosificación .....	47
<b>Tabla 3.10</b>	Diseño factorial para variables del proceso de fermentación del yogurt enriquecido con espirulina.....	47
<b>Tabla 4.1</b>	Composición fisicoquímica de la leche de vaca .....	48
<b>Tabla 4.2</b>	Composición microbiológica de la leche de vaca .....	49
<b>Tabla 4.3</b>	Valores promedios del atributo textura para muestra patrón ...	50
<b>Tabla 4.4</b>	Análisis de varianza del atributo textura para elegir la muestra patrón .....	51
<b>Tabla 4.5</b>	Valores promedios del atributo color para elegir la muestra patrón .....	52
<b>Tabla 4.6</b>	Análisis de varianza del atributo color para elegir la muestra patrón .....	53
<b>Tabla 4.7</b>	Valores promedios del atributo sabor para elegir la muestra patrón .....	54
<b>Tabla 4.8</b>	Prueba de duncan para elegir la muestra patrón del atributo sabor .....	55

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 4.9</b> Valores promedios del atributo acidez para elegir la muestra patrón .....	56
<b>Tabla 4.10</b> Prueba de duncan para elegir la muestra patrón del atributo acidez .....	57
<b>Tabla 4.11</b> Dosificación de insumos para la prueba 1 del yogurt batido ...	59
<b>Tabla 4.12</b> Dosificación de insumos para la prueba 2 del yogurt batido ...	59
<b>Tabla 4.13</b> Dosificación de insumos para la prueba 3 del yogurt batido ...	60
<b>Tabla 4.14</b> Valores promedios del atributo acidez en la etapa de fermentación .....	62
<b>Tabla 4.15</b> Prueba de duncan en la etapa de fermentación del atributo acidez.....	64
<b>Tabla 4.16</b> Valores promedios para el ajuste del valor de acidez .....	66
<b>Tabla 4.17</b> Prueba de duncan, para el ajuste del valor de acidez .....	67
<b>Tabla 4.18</b> Ácido láctico expresado en % del yogurt natural enriquecido con espirulina en la etapa de fermentación.....	68
<b>Tabla 4.19</b> Análisis de varianza para las variables del yogurt enriquecido con espirulina en la etapa de fermentación .....	68
<b>Tabla 4.20</b> Valores promedios del atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento .....	69
<b>Tabla 4.21</b> Análisis de varianza para el atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento .....	70
<b>Tabla 4.22</b> Valores promedios del atributo presentación en la etapa de saborización y enriquecimiento .....	71
<b>Tabla 4.23</b> Análisis de varianza para el atributo presentación del yogurt batido enriquecido con espirulina .....	72
<b>Tabla 4.24</b> Valores promedios del atributo color en la etapa de saborización y enriquecimiento .....	73
<b>Tabla 4.25</b> Prueba de duncan en la etapa de saborización y enriquecimiento del atributo color.....	74

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 4.26</b> Valores promedios para ajustar el atributo color del yogurt enriquecido con espirulina.....	75
<b>Tabla 4.27</b> Prueba de duncan para el ajuste del atributo color del yogurt enriquecido con espirulina.....	77
<b>Tabla 4.28</b> Valores promedios del atributo color para comparar con la muestra patrón .....	78
<b>Tabla 4.29</b> Prueba de duncan del atributo color para comparar con la muestra patrón .....	79
<b>Tabla 4.30</b> Control de acidez en el proceso de fermentación.....	80
<b>Tabla 4.31</b> Variación de pH del yogurt batido en la etapa de fermentación .....	82
<b>Tabla 4.32</b> Variación de solidos del yogurt batido .....	83
<b>Tabla 4.33</b> Control de acidez del yogurt batido enriquecido con espirulina con y sin conservante.....	85
<b>Tabla 4.34</b> Valores de ph del yogurt batido enriquecido con espirulina ....	86
<b>Tabla 4.35</b> Composición físico química del yogurt batido normal.....	88
<b>Tabla 4.36</b> Composición microbiológica del yogurt blanco.....	88
<b>Tabla 4.37</b> Composición físico química del yogurt enriquecido con espirulina .....	89
<b>Tabla 4.38</b> Composición microbiológica del yogurt enriquecido con espirulina .....	90

### **ÍNDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro 4.1</b> Formulación en porcentaje de insumos para elegir el método del yogurt batido.....	58
<b>Cuadro 4.2</b> Variación de temperatura, cultivo y tiempo en la etapa de fermentación.....	61
<b>Cuadro 4.3</b> Variación de las variables de control en la etapa de fermentación .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 3.1</b> Termostato (baño maría) .....	28
<b>Figura 3.2</b> Balanza analítica digital .....	29
<b>Figura 3.3</b> Refractómetro de bolsillo .....	30
<b>Figura 3.4</b> Termómetro de alcohol .....	31
<b>Figura 3.5</b> Ph – metro de mesa.....	32
<b>Figura 3.6</b> Diagrama de elaboración de yogurt enriquecido con espirulina .....	35
<b>Figura 3.7</b> Etapa de higienización de la mezcla con los insumos .....	37
<b>Figura 3.8</b> Pasteurización de la mezcla con los insumos.....	38
<b>Figura 3.9</b> Inoculación de la mezcla con cultivo lácteo .....	39
<b>Figura 3.10</b> Enriquecimiento del yogurt batido con espirulina .....	40
<b>Figura 3.11</b> Saborización del yogurt batido enriquecido con espirulina .....	41
<b>Figura 4.1</b> Valores promedios del atributo textura para elegir la muestra patrón .....	51
<b>Figura 4.2</b> Valores promedios del atributo color para elegir la muestra patrón .....	53
<b>Figura 4.3</b> Valores promedios del atributo sabor para elegir la muestra patrón .....	55
<b>Figura 4.4</b> Valores promedios del atributo acidez para elegir la muestra patrón .....	57
<b>Figura 4.5</b> Valores promedios del atributo acidez en la etapa de fermentación.....	63
<b>Figura 4.6</b> Valores promedios para ajuste de acidez en el proceso de fermentación.....	66
<b>Figura 4.7</b> Valores promedios del atributo sabor en la etapa de saborización y enriquecimiento .....	70
<b>Figura 4.8</b> Valores promedios del atributo presentación en la etapa de saborización y enriquecimiento .....	72

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 4.9</b> Valores promedios del atributo color en la etapa de saborización y enriquecimiento .....	74
<b>Figura 4.10</b> Valores promedios para ajustar el atributo color del yogurt enriquecido con espirulina .....	76
<b>Figura 4.11</b> Valores promedios para del atributo color para comparar con la muestra patrón .....	79
<b>Figura 4.12</b> Variación de la acidez del yogurt natural en la etapa de fermentación .....	81
<b>Figura 4.13</b> Variación del ph del yogurt batido en la etapa de fermentación.....	82
<b>Figura 4.14</b> Variación de solidos solubles del yogurt batido en la etapa de fermentación.....	84
<b>Figura 4.15</b> Control de acidez del yogurt batido enriquecido con espirulina con y sin conservante.....	85
<b>Figura 4.16</b> Control de ph del yogurt batido enriquecido con espirulina con y sin conservante .....	87
<b>Figura 4.17</b> Proceso de elaboración del yogurt batido enriquecido con espirulina sabor manzana.....	91
<b>Figura 4.18</b> Proceso de estandarización.....	92
<b>Figura 4.19</b> Proceso de higienización .....	93
<b>Figura 4.20</b> Proceso de dosificación de estabilizante .....	93
<b>Figura 4.21</b> Proceso de pasteurización.....	94
<b>Figura 4.22</b> Proceso de inoculación.....	95
<b>Figura 4.23</b> Proceso de saborización y enriquecimiento .....	95
<b>Figura 4.24</b> Balance de energía en el proceso de pasteurización .....	97