

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**ELABORACIÓN DE JARABE RICO EN**  
**FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS A PARTIR DE YACÓN**  
**PRODUCIDO EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA**

**Por:**

**LIZBETH GABRIELA RIOS ESTRADA**

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

**Agosto de 2018**

**TARIJA-BOLIVIA**

V°B°

---

Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
DECANO

---

Ing. Elizabeth Castro Figueroa  
VICE-DECANO (a)

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

ING. JUAN CARLOS VEGA

---

ING. ESTELA ZULLCA

---

ING. ALICIA CONTRERAS

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**

La presente tesis está dedicada a Dios, por darme el regalo de la vida y haberme cuidado todo este tiempo, dándome salud y haberme puesto al lado de personas maravillosas, quienes confiaron en mí, y dándome un ejemplo de humildad, superación, sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que se me dio en el transcurso de mi vida.

A mi esposo Raúl por todos sus consejos y por brindarme todo el cariño, amor, confianza y el apoyo que necesité para alcanzar mis metas y seguir adelante junto a él.

A mis amados hijos Raúl Zadkiel y Natasha Nahomi a quienes adoro con toda mi alma, y fueron mi motivación para seguir adelante.

A mis abuelos Juan Estrada, y mi mamá Teresa Ruiz por cuidarme y darme todo el cariño y amor que necesité en ese tiempo, sus enseñanzas me convirtieron en una persona de bien, espero siempre contar con su apoyo incondicional y valioso.

A mis padres y hermanos, por estar a mi lado apoyándome.

Finalmente a mis maestros, aquellos que marcaron cada etapa del asombroso camino del conocimiento, y me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración del Proyecto.

### **Agradecimientos.**

A Dios, por protegerme durante todo mi camino, por darme todas las fuerzas necesarias para superar los diferentes obstáculos que tuve en mi vida y así seguir adelante y culminar esta etapa de mi vida.

A mi familia por darme el apoyo constante e incondicional, los amo mucho.

Les agradezco el apoyo, confianza y dedicación de tiempo al Ing. Juan Carlos Vega, Ing. Alicia Contreras y Ing. Estela Sulca por la colaboración brindada, durante la elaboración del proyecto.

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Advertencia.	i
Dedicatoria.	ii
Agradecimiento.	iii
Resumen.	iv

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes.	1
a. Propiedades del jarabe de yacón.	2
b. Estudios favorables del jarabe de yacón que realizaron por diferentes autores para dar validez a este producto.	4
Objetivos del Trabajo.	5
Objetivo General.	5
Objetivos Específicos.	5
Justificación de la elaboración del jarabe rico en fructooligosacáridos (FOS) del departamento de Tarija.	6
Justificación social.	6
Crecimiento de la diabetes en Bolivia.	6
Justificación tecnológica	7
Justificación económica	8
Justificación ambiental	8

## CAPÍTULO I MARCO TEÓRICO

1.1.	Características y propiedades del yacón.	9
1.2.	Composición química del yacón.	10
1.3.	Producción de yacón en Bolivia.	12
1.4.	Jarabe de yacón.	16
1.4.1.	Los fructooligosacáridos	17
1.4.1.1.	Diabetes, obesidad y sobrepeso.	18
1.4.1.2.	Colesterol y triglicéridos.	19
1.4.1.3.	Asimilación del calcio.	19
1.4.1.4.	Cáncer de colon y fortalecimiento del sistema inmunológico.	19

1.4.1.5.	Estreñimiento.	19
1.4.2.	Identificación del jarabe de yacón.	20
1.4.3.	Proceso de elaboración del jarabe rico en fructooligosacáridos a base de yacón.	20
1.4.3.1.	Elaboración del Jarabe rico en fructooligosacáridos a partir de yacón producido en Cochabamba.	21
1.4.3.1.1.	Limpieza en seco.	22
1.4.3.1.2.	Lavado.	22
1.4.3.1.3.	Desinfectado.	22
1.4.3.1.4.	Pelado.	22
1.4.3.1.5.	Triturado y cortado.	22
1.4.3.1.6.	Extracción de FOS.	23
1.4.3.1.7.	Control de pardeamiento.	23
1.4.3.1.8.	Concentración.	23
1.5.	Normas de calidad del jarabe.	23
1.5.1.	Norma general de jarabes en México	23
1.5.2.	Norma de jarabe de yacón (Perú).	24
1.6.	Dosis de consumo.	25

## **CAPÍTULO II**

### **PARTE EXPERIMENTAL DE LA ELABORACIÓN DEL JARABE DE YACÓN**

2.1	Evaluación del mejor método para la realización de la concentración del yacón, para obtener un jarabe rico en fructooligosacáridos.	26
2.2	Elaboración de jarabe rico en fructooligosacáridos mediante el método a presión al vacío.	31
2.2.1	Selección y pesado de las raíces.	32
2.2.2	Lavado.	32
2.2.3	Desinfectado.	32
2.2.4	Pelado y control del pardeamiento.	32
2.2.5	Cortado y triturado	33
2.2.6	Filtrado	33
2.2.7	Concentración.	33
2.2.8	Pasteurización.	33
2.3	Equipos y aparatos.	34
2.3.1	Rotavapor.	34

2.3.2	Agitador magnético.	34
2.3.3	Balanza digital de peso máximo 0.5 g.	35
2.3.4	Balanza digital de peso máximo 5 Kg.	36
2.3.5	Brixómetro ivymen	37
2.3.6	pH-metro	38
2.3.7	Extractora	39
2.4	Material de laboratorio.	40
2.4.1	Vasos de precipitación.	40
2.4.2	Pisetas.	41
2.4.3	Tubos de ensayo	41
2.4.4	Bandejas	42
2.4.5	Pelador de tubérculo y cuchillo.	42
2.5	Reactivo.	43
2.5.1.	Ácido ascórbico.	43
2.5.2.	Hipoclorito de sodio	44
2.6	Diseño experimental.	44
2.6.1	Variables Independientes o Factores.	44
2.6.2	Variables dependientes.	45
2.6.3	Diseño factorial.	45
2.7	Balance de materia y energía.	49
2.7.1	Balance de materia	50
2.7.2	Balance de energía	52

### **CAPÍTULO III**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

3.1	Ruta de experimentación de la elaboración del jarabe de yacón.	55
3.1.1	Primera ruta de experimentación 0% de ácido ascorbico.	55
3.1.2	Segunda ruta de experimentación 0,2 % de ácido ascórbico.	57
3.1.3	Tercera ruta de experimentación 0,5 % de ácido ascórbico.	59
3.2	Comparación del peso inicial con el peso del pelado.	60
3.3	Concentración del jarabe rico en fructooligosacáridos. en porcentajes de 0.2 y 0.5% de ácido ascórbico	60
3.4	Cálculo de la desviación estándar del pH.	63
3.5	Análisis estadístico del diseño experimental	69
3.5.1	Medidas de tendencia central.	70



3.5.2	Análisis univariado de varianza.	71
3.6	Elección de la muestra del jarabe rico en fructooligosacáridos.	72
3.7	Control de calidad del producto obtenido	73

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1	4.1. Conclusiones.	76
4.2	4.2. Recomendaciones.	77

## ÍNDICE DE CUADROS Y TABLAS

		<b>Página</b>
Cuadro 1	Clasificación taxonómica del yacón	1
Cuadro 2	Relación de contenido calórico a relación de productos similares existentes en el mercado	3
Cuadro I-1	Composición química del yacón	11
Cuadro I-2	Producción de yacón en Bolivia 2008-2013	13
Cuadro I-3	Producción de yacón en Tarija	14
Cuadro I-4	Composición química del yacón en Bolivia	15
Cuadro I-5	Resultados del análisis Fisicoquímico del Jarabe	16
Cuadro I-6	Análisis microbiológico del jarabe de yacón.	17
Cuadro I-7	Especificaciones sensoriales de jarabes en México	24
Cuadro I-8	Especificaciones químicas y física de los jarabes	24
Cuadro I-9	Especificaciones sensoriales y físicas del jarabe de yacón	24
Cuadro II-1	Comparación económica de los dos métodos	26
Cuadro II-2	Comparación de resultados de eficiencia de los dos métodos	27
Cuadro II-3	Evaluación de los equipos para concentración de jarabe de yacón	27
Cuadro II-4	Evaluación para la concentración de jarabe presión atmosférica	29
Cuadro II-5	Evaluación para la concentración de jarabe a presión a vacío	30
Cuadro II-6	Tabla de Niveles y Variables	45
Cuadro II-7	Primera ruta de experimentación.	47
Cuadro II-8	Segunda ruta de experimentación.	47
Cuadro II-9	Tercera ruta de experimentación.	48
Cuadro II-10	Datos experimentales corrida número 5.	50
Cuadro II-11	Abreviaturas del balance de energía,	52
Cuadro III-1	Resultados obtenidos con la segunda ruta de experimentación.	58
Cuadro III-2	Resultados obtenidos con la tercera ruta de experimentación.	59
Cuadro III-3	Rendimiento de jarabe de yacón 0.2% de ácido ascórbico	61

Cuadro III-4	Rendimiento de jarabe de yacón 0.5% de ácido ascórbico	62
Cuadro III-5	Fórmulas para el cálculo de la desviación estándar	63
Cuadro III-6	Cálculo de la varianza del pH del zumo de yacón con una concentración de 0.2% de ácido ascórbico.	63
Cuadro III-7	Desviación estándar del pH del zumo de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.2%.	64
Cuadro III-8	Cálculo de la varianza del pH del concentrado de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.2%.	65
Cuadro III-9	Desviación estándar del pH del concentrado de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.2%.	65
Cuadro III-10	Cálculo de la varianza del pH del zumo de yacón con una concentración de 0.5% de ácido ascórbico.	66
Cuadro III-11	Desviación estándar del pH del zumo de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.5%.	67
Cuadro III-12	Cálculo de la varianza del pH del concentrado de yacón con una concentración de 0.5% de ácido ascórbico.	68
Cuadro III-13	Desviación estándar del pH del concentrado de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.5%	68
Cuadro III-14	Datos estadísticos descriptivos.	70
Cuadro III-15	Datos de los factores inter-sujetos.	71
Cuadro III-16	Pruebas de los efectos inter-sujetos.	71
Cuadro III-17	Propiedades organolépticas de la materia prima	73
Cuadro III-18	Propiedades fisicoquímicas de la materia prima.	73
Cuadro III-19	Propiedades organolépticas del jarabe rico en fructooligosacáridos.	73
Cuadro III-20	Propiedades fisicoquímicas del jarabe rico en fructooligosacáridos.	74
Cuadro III-21	Resultado microbiológico del jarabe de rico en fructooligosacáridos	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Página</b>
Figura 1	Personas con diabetes en Bolivia	6
Figura 2	Exportaciones de los derivados del yacón 2010	7
Figura 3	Exportaciones de los derivados del yacón Estados Unidos Unidos 2011	7
Figura 1-1	Planta de yacón	9
Gráfico 1-1	Comparación del contenido de azúcar entre variedades	11
Figura 1-2	Distribución geográfica del yacón	12
Gráfico 1-2	Disminución del yacón en Bolivia.	13
Gráfico 1-3	Disminución del yacón en Tarija.	14
Figura 1-3	Estructura de un Fructooligosacáridos (FOS).	17
Figura 1-4	Beneficios de los Fructooligosacáridos (FOS).	18
Figura 1-5	Diagrama elaboración de jarabe concentrado rico en FOS	22
Figura 2-1	Elaboración de un jarabe rico en fructooligosacáridos.	31
Figura 2-2	Estructura del ácido ascórbico.	42
Figura 2-3	Rutas de experimentación.	46
Figura 2-4	Balance de materia y energía.	49
Figura 2-5	Balance de energía del evaporador.	53
Gráfico 3-1	Relación del peso inicial y el peso pelado.	60
Gráfico 3-2	Rendimiento de jarabe de yacón 0.2%.	61
Gráfico 3-3	Rendimiento de jarabe de yacón 0.5%.	62
Gráfico 3-4	Desviación estándar del pH del zumo de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.2%.	64
Gráfico 3-5	Desviación estándar del pH del concentrado de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.2%.	66
Gráfico 3-6	Desviación estándar del pH del zumo de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.5%.	67
Gráfico 3-7	Desviación estándar del pH del concentrado de yacón con una concentración de ácido ascórbico al 0.5%.	69

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 2-1	Rota vapor	34
Fotografía 2-2	Agitador magnético.	34
Fotografía 2-3	Balanza digital 0,5 g.	35
Fotografía 2-4	Balanza digital 5 kg.	36
Fotografía 2-5	Brixómetro ivymen	37
Fotografía 2-6	pH-metro digital.	38
Fotografía 2-7	Extractora.	39
Fotografía 2-8	Vasos de precipitación.	40
Fotografía 2-9	Pisetas.	41
Fotografía 2-10	Tubos de ensayo.	41
Fotografía 2-11	Bandeja.	42
Fotografía 2-12	Pelador de tubérculos y cuchillo.	42
Fotografía 2-13	Ácido ascórbico.	43
Fotografía 2-14	Hipoclorito de sodio.	44
Fotografía 3-1	Oxidación del yacón	55
Fotografía 3-2	Verificación de la oxidación del yacón.	56
Fotografía 3-3	Uso del antioxidante en la materia prima.	57
Fotografía 3-4	Jarabe de yacón rico en fructooligosacáridos	75

## ANEXO

Anexo 1	Datos de las pruebas realizadas	82
Anexo 2	Fotos de la elaboración del jarabe rico en FOS.	84
Anexo 3	Resultados de las pruebas determinadas por el CEANID	93