

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

**OBTENCIÓN DE COLÁGENO HIDROLIZADO A PARTIR DE HUESOS DE LLAMA  
DESECHADOS EN EL MATADERO MUNICIPAL DE YUNCHARA, DEPARTAMENTO DE  
TARIJA**



**Por: María Rene Ruiz Aldana**

**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.**

**Octubre 2018**

**TARIJA-BOLIVIA**

<b>CONTENIDO</b>	
<b>ANTECEDENTES</b> .....	1
<b>Objetivo General</b> .....	4
<b>Objetivos Específicos</b> .....	4
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	5
<b>Aspectos del mercado sobre el producto a obtener</b> .....	6
<b>Aspecto Tecnológico</b> .....	6
<b>Aspecto Económico – Social</b> .....	6
<b>Aspecto Ambiental</b> .....	6
<b>Mercado (Internacional y Nacional) del colágeno hidrolizado</b> .....	7
<b>1.MARCO TEÓRICO</b> .....	8
<b>1.1.CAMÉLIDOS</b> .....	8
<b>1.1.1 Población de Camélidos</b> .....	8
<b>1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MATERIA PRIMA: HUESOS</b> .....	12
<b>1.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS HUESOS</b> .....	12
<b>1.3.1 Constituyentes Orgánicos</b> .....	13
<b>1.3.2 Constituyentes Inorgánicos:</b> .....	14
<b>1.4 ESTRUCTURA DE LOS HUESOS</b> .....	17
<b>1.5 TIPOS DE HUESOS</b> .....	17
<b>1.6 PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS HUESOS</b> .....	19
<b>1.7 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS DE LOS CAMÉLIDOS</b> .....	20
<b>1.8 IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO: COLÁGENO</b> .....	23

1.8.1. Proteínas .....	23
1.8.1.1 Propiedades Características de las Proteínas. ....	24
1.8.2 Aminoácidos.....	25
1.8.3 Características del colágeno .....	27
1.8.4 Estructura química del colágeno.....	28
1.8.5 Característica del colágeno hidrolizado .....	31
1.8.6 Tipos de Colágeno Hidrolizado .....	32
1.8.6.1 Colágenos Mayores.....	32
1.8.7 Propiedades y Ventajas del Colágeno Hidrolizado .....	34
1.8.8 Aplicaciones .....	36
1.8.9 Diferencias Entre el Colágeno Nativo y Colágeno Hidrolizado .....	36
1.8.10 Diferencias con la Gelatina.....	38
1.8.11 Componentes Principales del Colágeno Hidrolizado .....	39
1.9 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COLÁGENO HIDROLIZADO .....	44
1.9.1 Hidrólisis en el Colágeno .....	44
1.10 TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA DETERMINACION CUALITATIVA DE COLAGENO HIDROLIZADO .....	45
1.10.1 Pruebas Cualitativas para la determinación de Colágeno.....	46
CAPITULO II	
2 DESCRIPCION DEL MÉTODO DE INVESTIGACION .....	48
2.1 PROCESO DE ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA .....	48
<i>Recolección de la pre- materia prima</i> .....	48
<i>Transporte</i> .....	49
<i>Selección pre- materia prima</i> .....	49
<i>Selección del tipo de descarte</i> .....	51
2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	54
2.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO TERMINADO .....	55
2.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	56

2.4.1 Variables .....	56
2.4.2 Niveles .....	57
2.4.3 Número de combinaciones .....	57
2.4.4 Variable Respuesta .....	59
<b>2.5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCION DE COLÁGENO HIDROLIZADO</b> .....	59
<b>2.5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO</b> .....	62
<i>Recolección de la materia prima</i> .....	62
<i>Descarne y lavado</i> .....	62
<i>Secado y pesado</i> .....	63
<i>Pre-molienda y Molienda</i> .....	64
<i>Tamizado</i> .....	65
<i>Desengrase</i> .....	66
<i>Extracción del colágeno</i> .....	71
<b>2.5.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN</b> .....	73
2.5.2.1 Hidrolisis Básica .....	73
2.5.2.2 Hidrolisis Acida .....	74
<b>2.6 DISEÑO DEL MOLINO DE MARTILLOS A ESCALA INDUSTRIAL</b> .....	79
2.6.1 Cálculo y Diseño de las partes .....	80
Capacidad de la molienda .....	80
Velocidad Rotacional .....	80
Velocidad Tangencial del extremo del martillo .....	81
Radio de giro .....	82
Cálculo de la potencia necesaria .....	84
<i>Potencia de triturado</i> .....	84
<i>Torque de triturado</i> .....	84
<i>Fuerza de triturado</i> .....	84
<i>Fuerza de triturado para una partícula</i> .....	85
Masa de la partícula .....	86
Tiempo de choque .....	86

<b>Número de partículas a triturar por vuelta</b> .....	87
<b>2.7 EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS</b> .....	88
2.7.1. Equipos y Materiales.....	88
<b>2.8 METODOLOGIA UTILIZADA PARA LLEGAR AL RESULTADO ESPERADO DE INVESTIGACION.</b> .....	90
<b>2.9 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA</b> .....	93
2.9.1 Diagrama de Flujo del proceso de Extracción.....	94
2.9.2 Balance de materia .....	99
2.9.3 Balance de Energía.....	118
CAPITULO III	
<b>3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA</b> .....	119
<b>3.2 ANÁLISIS DEL PRODUCTO FINAL</b> .....	121
<b>3.3 ANALISIS ESTADISTICO DEL DISEÑO FACTORIAL</b> .....	121
3.3.1. Análisis estadístico del diseño factorial en la determinación de Colágeno .....	121
3.3.2 Análisis de regresión .....	124
<b>3.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL COLÁGENO</b> .....	126
<b>3.5 RENDIMIENTO FINAL DEL PRODUCTO</b> .....	130
<b>3.6 PRUEBAS CUALITATIVAS</b> .....	131
CAPITULO IV	
<b>4.1 CONCLUSIONES</b> .....	132
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b> .....	133

## INDICE DE TABLAS

1 POBLACIÓN DE CAMÉLIDOS SUDAMERICANOS EN LA REGIÓN ANDINA.....	9
2 POBLACIÓN ESTIMADA DE CAMÉLIDOS EN BOLIVIA.....	9
3 CONSUMO DE CARNE DE LLAMA EN BOLIVIA.....	10
4 NÚMERO DE CABEZAS DE LLAMAS EN EL MUNICIPIO DE YUNCHARÁ.....	11
5 COMPOSICIÓN DE LOS HUESOS.....	16
6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS HUESOS.....	16
7 PRINCIPALES INDICADORES ÓSEOS DIFERENCIALES DEL ESQUELETO AXIL.....	21
8 AMINOÁCIDOS EN COLÁGENO TIPO I.....	30
9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL COLÁGENO HIDROLIZADO.....	32
10 TIPOS DE COLAGENO.....	34
11 DATOS QUÍMICOS, FISICOQUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS DE LA GLICINA.....	41
12 DATOS QUÍMICOS, FISICOQUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS DE LA PROLINA.....	42
13 DATOS QUÍMICOS, FISICOQUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS DE LA HIDROXIPROLINA.....	44
14 SELECCIÓN DEL TIPO DE HUESO.....	50
15 SELECCIÓN DE DESCARNE.....	55
16 NIVELES DE LAS VARIABLES.....	58
17 CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES.....	58
18 COMBINACION DE LAS VARIABLES PARA EL PROCESO DE EXTRACCIÓN.....	59
19 SELECCIÓN DEL TIPO DE SOLVENTE.....	68
20 PARÁMETROS SEGÚN FABRICANTES.....	80
21 DATOS DEL DISEÑO DE UN MOLINO DE MARTILLOS.....	83
22 EQUIPOS USADOS EN EL PROYECTO.....	89
23 MATERIAL USADO EN EL PROYECTO.....	90
24 REACTIVOS USADOS EN EL ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA.....	91
25 TEST PARA ELEGIR EL PRODUCTO FINAL DE COLAGENO HIDROLIZADO.....	94
26 DATOS DE PROCESO DE OBTENCIÓN DE COLÁGENO.....	95
27 CORRIENTES DEL PROCESO.....	96
28 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	123

<b>29 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS</b> .....	123
<b>30 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS</b> .....	124
<b>31 COMBINACIÓN DE VARIABLES A 2 NIVELES</b> .....	125
<b>32 ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA</b> .....	126
<b>33 VARIABLES INTRODUCIDAS/ELIMINADAS</b> .....	127
<b>34 RESUMEN DEL MODELO<sup>b</sup></b> .....	128
<b>35 ANOVA<sup>b</sup></b> .....	128
<b>36 COEFICIENTES<sup>a</sup></b> .....	129
<b>37 ESCALA HEDÓNICA PARA EVALUACIÓN SENSORIAL DE ATRIBUTOS DEL COLÁGENO</b> .....	130
<b>38 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MUESTRA NO1</b> .....	131
<b>39 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MUESTRA NO2</b> .....	132
<b>40 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MUESTRA NO3</b> .....	133
<b>41 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MUESTRA NO4</b> .....	134
<b>42 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS CUALITATIVAS</b> .....	136





V°B°

---

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalves

DECANO

---

M.Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa

VIDECANA

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Juan Pablo Herbas Barrancos

---

Ing. Alberto Sossa Morales

---

Ing. Esperanza Flor Coronel Sandoval

**ADVERTENCIA**

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 la persona más grandiosa del mundo; MI MADRE quien, a pesar del esfuerzo y cansancio reflejado en su rostro por el trabajo, siempre esta con una sonrisa en su reflejándome fuerza y ganas de salir adelante.

A mis abuelos a quienes veo como digno ejemplo de trabajo, valor y empeño.

A mis docentes, por impartirme sus conocimientos con paciencia y mucho esmero

A mis tribunales por su colaboración y consejos brindados para la conclusión de este trabajo.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis abuelos por su constante esfuerzo y cariño, hoy puedo decir que valió la pena. Gracias Papitos.

A todos mis amigos, compañeros y hermanos que hice durante el transcurso de la Carrera gracias por compartir momentos inolvidables, gracias por su ayuda y colaboración en este trabajo.

A mi compañero en esta etapa de mi vida Carlos Koria, gracias por el aguante y sobre todo la paciencia.