

**“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”**

**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**Carrera: Ingeniería de Alimentos**



**“DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES TÉRMICAS DE  
LA CARNE DE LLAMA DURANTE EL PROCESO DE  
CONGELACIÓN”**

**Por: JUANA QUISPE JORGE**

Trabajo Final Presentado a consideración de la

**“UNIVERSIDAD AUTONOMA JUAN MISAEL SARACHO”**

Como requisito para optar el Grado Académico de Licenciatura en  
Ingeniería de Alimentos

Febrero – 2010

Tarija – Bolivia

### Dedicatoria.

Dedico el presente proyecto a dos personas maravillosas, que me impulsaron y me ayudaron con todo el amor que ellos me brindaron, esas dos personitas que partieron al cielo, mi mamita Cornelia Jorge M. y a mi papi Mario Quispe Q, y decirles “MUCHISIMAS GRACIAS POR TODO Y SIEMPRE ESTARÁN EN MI CORAZÓN”.

## **Agradecimientos a:**

Antes de nada quiero agradecer a Dios por haber sido la luz que ilumino mi camino, y de esa manera guiar mis pasos para poder culminar de la mejor manera una etapa de mi vida; en la que fortaleció todos mis conocimientos que adquirí a lo largo de estos años de estudio.

Agradecer a mi familia por sus consejos sabios que recibí día a día, por el apoyo incondicional, comprensión y colaboración que me brindaron, por haber compartido conmigo cada una de las experiencias y vivencias que tuve durante mi formación profesional, por la cual que fueron muy importantes para mi persona, en especial agradecer a mi mama Claudina Gainza Jorge y a mi estimado cuñado que es la persona más maravillosas de este mundo Teófilo Cruz Jorge pues sin ellos no hubiera logrado todo lo que soy ahora.

Quiero destacar el apoyo incondicional y desinteresada de la Universidad Nacional Del Altiplano Escuela Profesional De Ingeniería Agroindustrial (PUNO – PERU), a todo el personal quien la compone, sin desmerecer a nadie; por abrir las puertas de tan destacada Universidad por la colaboración brindada para la realización de mi Proyecto de Grado, en especial al Ingeniero Tomas Ancco Vizcarra quien estuvo guiándome y siguiendo todas las pruebas realizadas para dicho proyecto.

Reconocer la labor desempeñada por mi tutor Ing. Johnny Mercado Rojas, profesional que con su contribución académica guio el desarrollo de mi proyecto, corrigiendo mis errores y sugiriendo ideas para la elaboración del mismo.

Dar gracias a la Dirección de la Carrera de Ingeniería de alimentos, a todo el personal que me colaboro desde el comienzo de mi carrera; en especial de los ingenieros: Erick Ramírez Ruiz, Weimar Torrejón, Luis Zenteno B. y Beatriz Sossa.

Agradecer a mis compañeros de curso, trabajo y a todas las personas que conozco quienes me colaboraron para concluir esta última etapa de mi carrera.

## INDICE

1.1	ANTECEDENTES .....	1
1.2	JUSTIFICACIÓN .....	4
1.3	OBJETIVO GENERAL .....	5
1.4	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
1.5	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA GENERAL.....	5
1.6	PLANTEAMIENTO DE LOS PROBLEMAS ESPECIFICOS .....	5
1.7	HIPÓTESIS .....	6
2.1	LA LLAMA (Lama glama).....	7
2.1.1	DESCRIPCIÓN TAXONÓMICO .....	8
2.1.2	LA CARNE DE LLAMA .....	8
2.1.3	COMPOSICIÓN DE LA CARNE .....	9
2.1.3.1	CONTENIDO PROTEICO .....	9
2.1.3.2	CANTIDAD DE GRASA.....	10
2.2	TRANSFERENCIA DE CALOR .....	11
2.2.1	MECANISMOS DE TRANSMISIÓN DE CALOR.....	12
2.2.2	TRANSFERENCIA DE CALOR EN ESTADO ESTACIONARIO Y NO ESTACIONARIO .....	17
2.3	PROPIEDADES TERMICAS DE LOS ALIMENTOS CONGELADOS .....	19
2.3.1	DENSIDAD .....	19
2.3.2	DIFUSIDAD TÉRMICA .....	21
2.3.3	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA .....	27
2.3.4	CALOR ESPECÍFICO .....	31
2.4	CURSO DEL PROCESO DE CONGEALCIÓN .....	33
2.4.1	TEMPERATURA DE INICIO DE CONGELACIÓN, TC .....	35
2.5	CONGELACIÓN DE ALIMENTOS.....	36
2.5.1	TEORÍA DE LA CRISTALIZACIÓN .....	37
2.5.2	SISTEMAS DE CONGELACIÓN .....	41
2.5.2.1	SISTEMAS DE CONTACTO INDIRECTO .....	41
2.5.2.2	SISTEMAS DE CONTACTO DIRECTO .....	45
2.6	TIEMPO DE CONGELACIÓN .....	48

<b>2.6.1 ECUACIÓN DE PLAK</b> .....	<b>48</b>
<b>2.6.1.1 OTROS MÉTODOS PARA CALCULAR TIEMPOS DE CONGELACIÓN</b> .....	<b>49</b>
<b>2.7 MEDIDAS EXPERIMENTALES</b> .....	<b>50</b>
<b>2.8 FACTORES QUE INFLUYAN EN EL TIEMPO DE CONGELACIÓN</b> .....	<b>51</b>
<b>2.9 VELOCIDAD DE CONGEALCIÓN</b> .....	<b>51</b>
<b>3.1 MATERIALES Y MÉTODO</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1.1 MATERIA PRIMA</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1.1.1 EQUIPOS</b> .....	<b>53</b>
<b>3.1.1.2 MATERIALES</b> .....	<b>54</b>
<b>3.2 METODOLOGÍA</b> .....	<b>54</b>
<b>3.2.1 DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TERMALES</b> .....	<b>59</b>
<b>3.2.1.1 DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIVIDAD TERMAL</b> .....	<b>59</b>
<b>3.2.1.2 DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TERMAL</b> .....	<b>63</b>
<b>3.3 DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA DE INICIO DE CONGELACIÓN, TC</b> .....	<b>65</b>
<b>3.4 ANALISIS ESTADISTICO</b> .....	<b>66</b>
<b>3.4.1 RESULTADOS DE DIFUSIVIDAD</b> .....	<b>66</b>
<b>3.4.2 RESULTADOS DE CONDUCTIVIDAD</b> .....	<b>67</b>
<b>4.1 CONCLUSIÓN</b> .....	<b>69</b>
<b>4.2 RECOMENDACIONES</b> .....	<b>69</b>