

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**“EFECTO DEL MÉTODO DE CONGELACIÓN SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA  
CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. WALTER CHAMBILLA TUYO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO**

**PERÚ**

**2010**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

“EFECTO DEL MÉTODO DE CONGELACIÓN SOBRE LAS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ORGANOLÉPTICAS DE LA  
CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)”

TESIS

PRESENTADO POR:

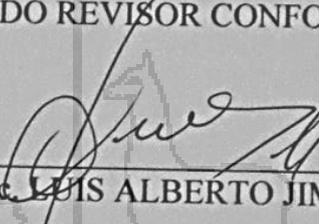
Bach. WALTER CHAMBILLA TUYO

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

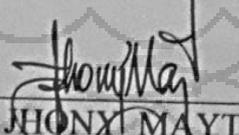
PRESIDENTE

:   
Ing. M.Sc. LUIS ALBERTO JIMÉNEZ MONROY

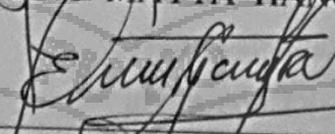
PRIMER MIEMBRO

:  
Ing. M.Sc. ALEJANDRO COLOMA PAXI

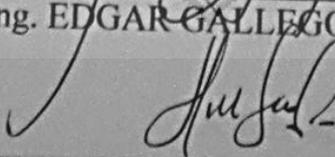
SEGUNDO MIEMBRO

:   
Ing. JHONY MAYTA HANCCO

DIRECTOR DE TESIS

:   
Ing. EDGAR GALLEGOS ROJAS

ASESOR DE TESI

:   
Ing. HERBERT SOSA SOSAYA

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Propiedades físicas y estructurales

## DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mi familia que gracias a sus consejos y palabras de aliento crecí como persona. A mi padre Bernardo Pablo Chambilla Montalico por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre. A mi querida madre Hilda Tuyo Sacari por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

A mi hermano Antolín V. Chambilla Tuyo por su incondicional apoyo en mi formación como hombre de bien en la sociedad y desarrollo para llegar a mi vida personal, antes entre nosotros ahora con Dios, pero siempre presente en mi corazón.(Q.E.P.D.).

A mis apreciados hermanos David P., Saúl, Celia Chambilla Tuyo y Eugenia Chambilla Chambilla gracias por estar conmigo y apoyarme siempre, los quiero mucho.

## AGRADECIMIENTOS

Primero que nada quiero dar gracias a Dios, que me dio la oportunidad de vivir y de regalarme una familia maravillosa. Al Ing. Herbert Sosa Sosaya y al Ing. Pablo A. Beltran Barriga por haberme brindado sus conocimientos, confianza y apoyo ante todas las dudas existentes en este proyecto. Al Ing. Edgar Gallegos Rojas por su aporte en el proyecto. A los miembros del jurado Ing. M.Sc. Luis Alberto Jimenez Monroy, Ing. Jhony Mayta Hanco, quienes brindaron apoyo, interés para la sustentación de esta tesis y por su tiempo.

Agradecimiento especial a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, quienes me inculcaron conocimientos para mi formación profesional.

A la Empresa Inversiones Perú Pacífico - Arequipa, por brindarme la oportunidad de ejecutar este proyecto en sus instalaciones.

A la Universidad Católica de Santa María - Arequipa por brindarme el laboratorio de control de calidad.

A Jackeline B. Cano P. por ayudarme, aconsejarme y brindarme su cariño y afecto.

A mis amigos Guillermo, Fernando, Alfredo, Gonzalo, Chuma, Yeral, Rosa, Anni, Victoria y Blanca.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS</b>	
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>RESUMEN</b>	1
<b>ABSTRACT</b>	2
<b>Capítulo I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	3
<b>Capítulo II</b>	
<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	5
2.1 El cuy ( <i>cavia porcellus</i> ).	5
2.1.1 Descripción zoológica.	5
2.1.2 Características morfológicas.	6
2.1.3 Composición del tejido muscular.	7
2.1.4 Estructura de las fibras musculares.	8
2.2 Congelación de alimentos.	9
2.2.1 Estructura del hielo.	10
2.2.2 Cristalización.	11
2.2.1.1 Nucleación.	11
2.2.1.2 Crecimiento de los cristales.	11
2.2.3 Sistemas de congelación.	13
2.2.3.1 Sistemas de contacto indirecto.	13
2.2.3.2 Sistemas de contacto directo.	15
2.2.4 Aspectos físicos de la congelación.	16
2.3 Descongelación de alimentos.	18
2.3.1 Método de congelación.	19

2.3.1.1 Descongelación – Cocción.	20
2.3.1.2 Descongelación bajo corriente de agua.	21
2.3.1.3 Descongelación a temperatura de refrigeración.	23
2.3.2 Curva de descongelación	24
2.3.3 efectos producidos por descongelación incorrecta.	24
2.4 Análisis proximal de alimentos.	25
2.4.1 Análisis de proteína.	25
2.4.1.1 Método del kjeldahl.	27
2.4.2 Análisis de grasa.	24
2.4.2.1 Método del soxhlet.	32
2.5 Evaluación tecnológica.	32
2.5.1 Calidad.	33
2.5.1.1 Determinantes de la calidad de la carne.	33
2.5.2 Calidad tecnológica.	34
2.5.2.1 PH.	34
2.5.2.2 Capacidad de retención de agua.	35
2.6 Evaluación organoléptica de los alimentos.	37
2.6.1 La vista.	38
2.6.2 El olfato.	38
2.6.3 El gusto.	39
2.6.4 Cualidades organolépticas de la carne.	39
2.6.4.1 Textura.	39
2.6.4.2.1 La ternura.	41
2.6.4.2.2 La jugosidad.	43
<b>Capítulo III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	45
3.1 Lugar de ejecución.	45
3.2 Materiales.	45
3.2.1 Materia prima.	45
3.2.2 Materiales y equipos.	45

3.2.2.1 Materiales.	45
3.2.2.2 Equipos.	46
3.2.2.3 Reactivos.	46
3.3 Métodos de congelación.	46
3.3.1 Congelación criogénica.	46
3.3.2 Congelación por placas.	47
3.3.3 Congelación por túnel.	47
3.4 Métodos de análisis	47
3.4.1 Determinación de proteínas.	47
3.4.2 Determinación de grasa.	48
3.4.3 Determinación de la capacidad de retención de agua.	49
3.4.4 Determinación de pH.	49
3.4.5 Evaluación de la terneza y jugosidad de la carne de cuy ( <i>cavia porcellus</i> )	49
3.5 Metodología experimental	49
3.5.1 Descripción de la metodología experimental.	51
3.6 Diseño del experimental.	52
3.6.1 Modelo estadístico para proteína y grasa.	52
3.6.2 Modelo estadístico para la evaluación sensorial.	53
3.6.2.1 Terneza y jugosidad.	53
<b>Capítulo IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	55
4.1 Valores evaluados en la carne de cuy.	55
4.2 Proteína.	56
4.3 Grasa.	58
4.4 Capacidad de retención de agua.	60
4.5 pH.	62
4.6 Evaluación sensorial	64
4.6.1 Terneza de carne de cuy.	64
4.6.2 Jugosidad de la carne de cuy.	66

CONCLUSIONES	68
RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFÍA	70
ANEXOS	79



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la carne de cuy con relación a otras especies.	8
Tabla 2. Composición química de la carne de cuy.	8
Tabla 3. Propiedades del hielo en función de la temperatura.	12
Tabla 4. Cocción de carnes.	20
Tabla 5. Descongelación por cocción de la carne.	21
Tabla 6. Tiempo de descongelación bajo corriente de agua de la carne.	22
Tabla 7. Descongelación a temperatura de refrigeración de la carne.	23
Tabla 8. Clasificación de las características texturales.	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de un sistema de congelación de contacto indirecto.	13
Figura 2. Congelación por corriente de aire.	15
Figura 3. Esquema de un sistema de congelación de contacto directo.	16
Figura 4. Curva de descongelación de alimentos.	24
Figura 5. Diagrama de flujo de la descongelación de la carne de cuy ( <i>cavia porcellus</i> ).	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Escala de proteína, grasa, capacidad de retención de agua y pH.	56
--	----

**ÍNDICE DE CUADROS**

Cuadro 1. Estructura del modelo experimental de la determinación de proteína y grasa	52
Cuadro 2. Estructura del modelo experimental de la determinación de terneza y jugosidad.	53
Cuadro 3. Valores evaluados en carne de cuy sometidos a diferentes métodos de congelación.	55
Cuadro 4. Análisis de varianza para la proteína de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	57
Cuadro 5. Tukey para la proteína de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	57
Cuadro 6. Análisis de varianza para la grasa de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	59
Cuadro 7. Tukey para la grasa de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	59
Cuadro 8. Capacidad de retención de agua de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	60
Cuadro 9. pH de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación	62
Cuadro 10. Análisis de varianza para la terneza de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	64
Cuadro 11. Tukey para la terneza de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	64
Cuadro 12. Análisis de varianza para la jugosidad de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	66
Cuadro 13. Tukey para la jugosidad de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.	66

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo I. Cuestionario de evaluación de terneza.	80
Anexo II. Cuestionario de evaluación de jugosidad.	81
Anexo III. Fotografías de la congelación de carne de cuy por placas, túnel y criogénica.	82
Anexo IV. Fotografías del análisis proximal y características tecnológicas	83



## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Arequipa en las instalaciones de la Empresa Inversiones Perú Pacífico S.A. y en la Universidad Católica de Santa María, ubicada a 2398 m.s.n.m., latitud 16° 23' 56"S, longitud 71° 32 ' 06"O, entre los meses de mayo a junio del 2009. Los objetivos fueron determinar contenido de proteína, capacidad de retenciones de agua, pH, grasa, terneza y jugosidad, sometidas a congelación criogénica, por placas y túnel. Para las pruebas experimentales se utilizaron cuyes de Raza Perú, los cuales fueron acopiados aleatoriamente en la ciudad de Arequipa – Majes considerando su peso comercial de 700g. en ocho a diez semanas. Luego de haber sido sacrificado pasando por aturdimiento, sangrado, pelambre, faenamamiento, eviscerado, lavado, enfriado, congelado y descongelado bajo corriente de agua a 18°C. con lo cual se llegó a los siguientes resultados: mantuvo los contenidos en componentes mejores características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de cuy, por el método de congelación criogénica; en tanto hubo diferencia en la conservación de sus componentes entre el método criogénico, que presentó mejor en preservación de las proteínas, grasa, capacidad de retención de agua, pH y la terneza, en placas solo presentó mejor jugosidad y por último el túnel, no afectó sobre las características físico químicas y organolépticas.

## ABSTRACT

The research was conducted in the city of Arequipa in the company's facilities Inversiones Peru Pacifico SA and the Catholic University of Santa Maria, located at 2398 m, latitude 16 ° 23 '56 "S, longitude 71 ° 32' 06" W, between the months of May and June 2009. The objectives were to determine the protein content, water holding capacity, pH, fat, tenderness and juiciness, subject to cryogenic freezing, for plates and tunnel. For the experimental tests were used to breed guinea pigs Peru, which were collected randomly in the city of Arequipa - Majes, considering its commercial weight of 700 grams in eight to ten weeks. After being sacrificed through stunning, bleeding, fur, slaughter, evisceration, washing, cooling, freezing and thawing under running water at 18 ° C, which was reached following results: kept the contents of components better physical and chemical characteristics and organoleptic characteristics of meat of guinea pig, by the method of cryogenic freezing, while there was no difference in the conservation of components between the cryogenic method, which showed better preservation of protein, fat, water holding capacity, pH and tenderness ; on plates showed only better juiciness and finally the tunnel, had no effect on physical, chemical and organoleptic characteristics.

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La carne se enfrenta a problemas nuevos en cuanto a su conservación, por su composición química, ya que esta actúa como sustrato para el desarrollo de microorganismos patógenos. Una congelación y descongelación adecuada permite obtener alimentos de buena calidad, en caso contrario se observará la pérdida de materia (sales, humedad, y otros componentes) hacen que los productos no logren recuperar las características iniciales, teniendo por consecuencia la pérdida de proteínas e inadecuadas características organolépticas (textura).

En una mala congelación y descongelación se obtendrá la desnaturalización de las proteínas esto hace que exista variación en la consistencia, sabor y el olor de la carne, haciendo así que su color se torne pálido, la carne pierde brillo y transparencia, disminuyendo así su capacidad de retención de agua.

Al descongelar un producto cuya frescura es escasa al momento del congelamiento, sus tejidos absorben deficientemente el líquido resultante y cierta parte de esta (exudado) es eliminado del producto, lo que origina una merma del valor alimenticio de la carne.

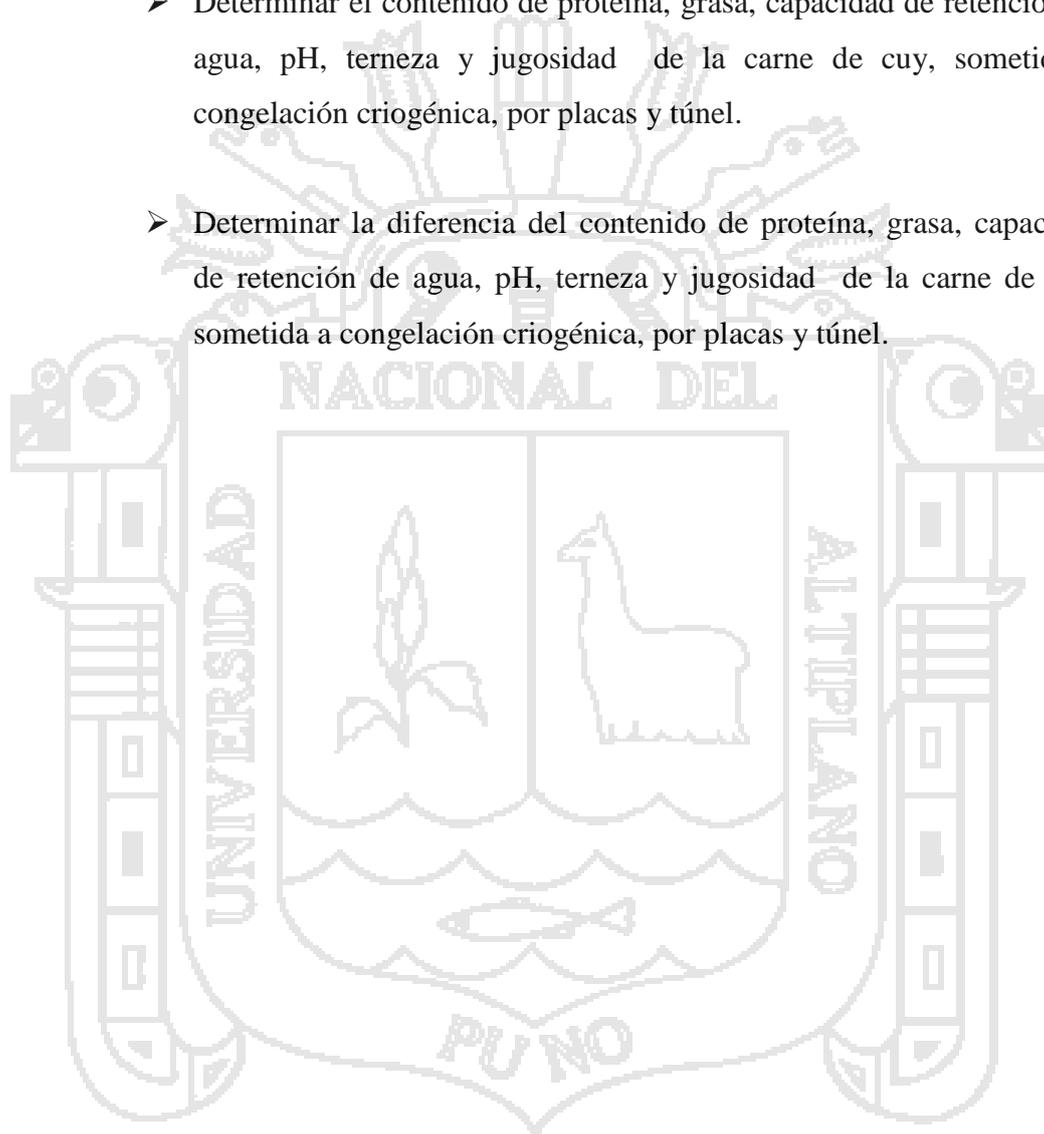
Al perder líquido se desmejora el aspecto exterior y la consistencia de la carne, el producto se torna menos jugoso y trae como consecuencia un producto menos agradable al paladar.

Por dichas consideraciones el objetivo general del presente trabajo

fue evaluar el efecto de congelación en las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne del cuy (*Cavia porcellus*).

Y los objetivos específicos:

- Determinar el contenido de proteína, grasa, capacidad de retención de agua, pH, terneza y jugosidad de la carne de cuy, sometida a congelación criogénica, por placas y túnel.
- Determinar la diferencia del contenido de proteína, grasa, capacidad de retención de agua, pH, terneza y jugosidad de la carne de cuy, sometida a congelación criogénica, por placas y túnel.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. EL CUY (*Cavia porcellus*)

El cuy es un pequeño mamífero, originario de la zona del Perú y Bolivia su crianza se remonta a la época del incanato, de la que se tiene pruebas de los antiguos peruanos, donde existían cuerpos disecados y esqueletos de esta especie, de igual modo se encontraron dibujos referentes a esta especie, en las cerámicas de las distintas culturas que se desarrollaron en el Tahuantinsuyo (Fuente,1974).

La ventaja de esta especie es su dispersión y adaptación al medio, a nivel de proteínas su carne es mejor y es de alta digestibilidad, la crianza de este animal es propicia para aquellas familias que no tienen mucho espacio para la tenencia de animales. Puede mejorar su desarrollo económico si se realiza una crianza a nivel comercial de acuerdo al espacio y técnicas de crianza (INIA, 1994).

##### 2.1.1 DESCRIPCIÓN ZOOLOGICA.

En la escala zoológica el cuy se ubica dentro de la siguiente escala taxonómica que se muestra a continuación.

### La escala taxonómica de la Raza Perú.

<b>Reino</b>	: Animal
<b>Phylum</b>	: Vertebrata
<b>Sub Phylum</b>	: Gnasthosmata
<b>Clase</b>	: Mamalia
<b>Sub Clase</b>	: Tierra
<b>Orden</b>	: Rodentia
<b>Suborden</b>	: Hystricomorpha
<b>Familia</b>	: Caviidae
<b>Género</b>	: Cavia
<b>Especie</b>	: <i>Cavia aperea</i> Erxleben
	<i>Cavia aperea</i> Liechtenstein
	<i>Cavia cutleri</i> King
	<i>Cavia porcellus</i> Linnaeus
	<i>Cavia cobaya</i>
<b>Nombre Común</b>	: Cuy

Fuente: (Calero, 1978)

#### 2.1.2 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS.

La forma de su cuerpo es alargada y cubierto de pelos desde el nacimiento. Los machos desarrollan más que las hembras, por su forma de caminar y ubicación de los testículos no se puede diferenciar el sexo sin coger y observar los genitales. (Zaldívar, 1976; Cooper y Schiller, 1975).

- **Cabeza.** Relativamente grande en relación a su volumen corporal, de forma cónica y de longitud variable de acuerdo al tipo de animal. Las orejas por lo general son caídas, aunque existen animales que tienen las

orejas paradas porque son más pequeñas, casi desnudas pero bastante irrigadas. Los ojos son redondos vivaces de color negro o rojo, con tonalidades de claro a oscuro. El hocico es cónico, con fosas nasales y ollares pequeños, el labio superior es partido, mientras que el inferior es entero, sus incisivos alargados con curvatura hacia dentro, crecen continuamente, no tienen caninos y sus molares son amplios.

- **Cuello.** Grueso, musculoso y bien insertado al cuerpo, conformado por siete vértebras de las cuales el atlas y el axis están bien desarrollados.

- **Tronco.** De forma cilíndrica y está conformada por 13 vértebras dorsales que sujetan un par de costillas articulándose con el esternón, las tres últimas son flotantes.

- **Abdomen.** Tiene como base anatómica a siete vértebras lumbares, es de gran volumen y capacidad.

- **Extremidades.** En general cortas, siendo los miembros anteriores más cortos que los posteriores. Ambos terminan en dedos, provistos de uñas cortas en los anteriores y grandes y gruesas en las posteriores. El número de dedos varía desde tres para los miembros posteriores y cuatro para los miembros anteriores. Siempre el número de dedos en las manos es igual o mayor que en las patas. Las cañas de los posteriores lo usan para pararse, razón por la cual se presentan callosos y fuertes.

### 2.1.3. COMPOSICIÓN DEL TEJIDO MUSCULAR

La carne se corresponde por lo general, con el tejido muscular esquelético proveniente de animales vivos, sana, sacrificada, técnica, higiénica y sanitariamente de modo de constituirse directa o indirectamente en alimento nutritivo, sano y apetecible. Puede estar acompañada por porciones de hueso, tendón, nervio y vasos sanguíneos que normalmente están asociados al tejido muscular y que no son separados de él en el proceso de destace. La proteína es un grupo de prótidos, que están constituidos fundamentalmente por

aminoácidos unidos mediante enlaces pépticos y las proteínas musculares miosina y actina, junto a las del tejido conjuntivo (conectivo), constituyen los componentes estructurales más importantes de las carnes. Por lo general están acompañados de cantidades variables de grasa y las grasas están compuestas de triglicéridos que se forma de la unión del glicerol (Téllez, 1992).

*Tabla 1. Composición de la carne de Cuy con relación a otras especies.*

ESPECIE	PROTEÍNA	GRASA	ED (Kcal)
<b>Cuy</b>	20.3	7.8	960
<b>Conejo</b>	20.4	8.0	1590
<b>Cabra</b>	18.7	9.4	1650
<b>Ave</b>	18.2	10.2	1700
<b>Vacuno</b>	18.7	18.2	2440
<b>Porcino</b>	12.4	35.8	3760
<b>Ovino</b>	18.2	19.4	2530

Fuente: Baños, (1997).

*Tabla 2. Composición química de la carne de cuy.*

COMPOSICIÓN	%
<b>Humedad</b>	70.6
<b>Proteína</b>	20.3
<b>Grasa</b>	7.8
<b>Carbohidratos</b>	0.5
<b>Minerales</b>	0.8

Fuente: Figueroa, (2005)

#### **2.1.4. ESTRUCTURA DE LAS FIBRAS MUSCULARES.**

Muestra los componentes del músculo. Los miofilamentos y las miofibrillas están inmersos en el sarcoplasma, material contráctil compuesto de actina y

miosina, rodeado por una capa delgada denominada sarcolema. Las fibras musculares están rodeadas y soportadas por tejido conjuntivo (Orego, 2004).

Todas las sustancias que entran o salen del músculo difunden a través de una masa de colágeno. Los tendones son los elementos de tejido conjuntivo que unen las fibras musculares a los mismos y otras estructuras. Los músculos que incluyen cantidades pequeñas de tejido conjuntivo son más tiernos que los que presentan mayores proporciones. La miosina es la proteína más abundante en los músculos (aproximadamente 38%), junto con la actina constituyen los componentes contráctiles que se presentan imbricadas unas con otras y que permiten la actividad muscular, es decir, el fenómeno de contracción (Quiñónez, 1999).

## 2.2 CONGELACIÓN DE ALIMENTOS.

La congelación es una operación unitaria en la que la temperatura del alimento se reduce por debajo de su punto de congelación, generalmente a  $-18^{\circ}\text{C}$  o menos, con lo que una gran parte de agua contenida en el producto cambia de estado formando cristales de hielo. La congelación implica no solo un cambio en el calor sensible del alimento, sino que también es necesario eliminar el calor latente asociado al cambio de fase correspondiente a la transformación de una parte del agua líquida en hielo (Alcázar, 2002).

Existen muchas técnicas para la conservación de alimentos, una de las más utilizadas es la congelación, el fundamento de ésta se basa en la solidificación del agua durante el proceso, generando una alta concentración de sólidos solubles lo que provoca una baja en la cantidad de agua libre. La congelación es un medio excelente para mantener casi inalteradas durante un tiempo prolongado las características originales de alimentos perecederos. Éste tipo de conservación radica en la disminución de la temperatura, generalmente entre  $-20^{\circ}\text{C}$  a  $-30^{\circ}\text{C}$ , lo cual permite que las reacciones bioquímicas sean más lentas y además inhibe la actividad microbiana, generando el estado de latencia de

ésta, lo que no significa que los microorganismos estén muertos (Rojas y Treguear, 1999).

En cualquier caso de congelación se tiene en cuenta que, incluso a temperaturas de conservación por debajo de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , puede llegar a permanecer en estado líquido hasta el 20 % del agua contenida en el alimento debido a la concentración selectiva de solutos causada por la migración de componentes y a que estos se llegan a concentrar tanto que su punto de congelación disminuye por debajo de la temperatura mínima de conservación de la cadena del frío que es de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La congelación es uno de los procesos más comunes de conservación de alimentos, resulta efectiva en la retención de aroma color y valor nutritivo de alimentos y es moderadamente en la conservación de la textura. Sin embargo, alimentos sólidos de tejidos vivos tales como carne, frutas y verduras son una estructura celular con delicadas células y membranas celulares (Schwartzberg, 1999).

El proceso de congelación no debe considerarse terminado hasta que la temperatura del producto no llegue a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  en el centro térmico después de la estabilización térmica (Codex Alimentarius, 1990).

### **2.2.1 ESTRUCTURA DEL HIELO.**

Las moléculas de agua debido a sus cuatro fuerzas de atracción, pueden asociarse por medio de enlaces de hidrógeno con cuatro moléculas de agua, de forma que cada átomo de oxígeno se une, mediante enlaces covalentes con los átomos de hidrógeno y mediante enlaces de hidrógeno con otros dos átomos de hidrógeno. Este tipo de uniones por extensión, da la estructura hexagonal característica del hielo formado por la unión de varios tetraedros. En términos de crecimiento de cristales es aceptable descartar los hidrógenos y considerar sólo la estructura formada por el oxígeno, recordando eso si que ingresen dos

oxígenos vecinos, siempre hay un ión de hidrógeno formando enlaces. En el hielo los iones de oxígeno están distribuidos en forma “zig-zag” (Earle, 1998).

Debe tenerse en cuenta que la capa no es plana. Los iones de oxígeno están en dos distintos niveles. Con el cambio de estado de hielo agua se pierde la rigidez del primero, pero en el agua aún quedan los núcleos de moléculas de agua ordenada de forma parecida a las existentes en el hielo. Si se aumenta la temperatura, los núcleos se hacen más pequeños y numerosos, rompiéndose todas las uniones entre las moléculas de agua al alcanzar una temperatura de 100°C. Aquí se produce la vaporización (Rojas y Treguear, 1999).

### **2.2.2 CRISTALIZACIÓN.**

#### **2.2.2.1 Nucleación.**

Se denomina así al comienzo de la transformación de una fase inestable a otra más estable. Durante esta etapa se forma el núcleo del cristal, lo cual no sucede sin un previo sub-enfriamiento (Singh y Heldman, 2000).

#### **2.2.2.2 Crecimiento de los cristales.**

Al congelar un producto lo que se va congelando paulatinamente es el agua que éste contiene. En el momento de iniciarse la congelación del agua, se transforma en hielo puro, mientras que la fase líquida restante que está sin congelar aumenta la concentración de sustancias disueltas, disminuyendo así el punto de congelación. El que un producto congelado se encuentre completamente duro, no significa que se encuentre completamente congelado, por ejemplo en el pescado: a -3°C el porcentaje de agua congelada es de 80%, a -20°C el porcentaje es de 94% y a -57°C el porcentaje es de 100%, pero en este 100% no está considerada el agua que no se congela, o sea el porcentaje que corresponde al agua ligada.

El agua está presente en los alimentos como agua ligada (formando parte de proteínas y otras moléculas) así como también en forma libre. Esta última es la que se congela, mientras más baja es la temperatura, mayor cantidad o porcentaje de agua es posible congelar, y esto implica que mayor cantidad de elementos quedan sin reaccionar, por lo que el producto puede conservarse por períodos mayores de tiempo. Esto permite concluir que la zona crítica de temperaturas debe ser pasada rápidamente en alimentos, además es importante considerar que una mal aplicación de la cadena de frío también genera exudación, ya que ocurren fenómenos de recristalización y crecimiento de los cristales (Singh y Heldman, 2000).

En la siguiente tabla 3 se muestra algunos datos térmicos del hielo.

*Tabla 3 Propiedades del hielo en función de la temperatura.*

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Conductividad térmica (W/m·K)</b>	<b>Calor específico (kJ/kg · K)</b>	<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>
- 101	3.50	1.382	925.8
- 73	3.08	1.587	924.2
- 45.5	2.72	1.783	922.6
- 23	2.41	1.922	919.4
- 18	2.37	1.955	919.4
- 12	2.32	1.989	919.4
- 7	2.27	2.022	917.8
0	2.22	2.050	916.2

Fuente: (Singh y Heldman, 2000).

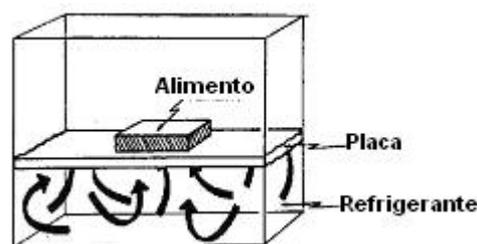
## 2.2.2 SISTEMAS DE CONGELACIÓN.

Para congelar un alimento, el producto debe exponerse a un medio de baja temperatura durante el tiempo suficiente para eliminar los calores sensibles y latentes de fusión del producto. La eliminación de los calores latente y sensible produce una disminución de la temperatura del producto así como la transformación del agua de su estado líquido al estado sólido (hielo). En la mayoría de los casos, el tipo de sistema utilizado dependerá de las características del producto, tanto antes de la congelación como después de ella. Existe una gran variedad de circunstancias que hacen prácticamente imposible la utilización de un contacto directo entre el producto y el medio refrigerante (Singh y Heldman, 2000).

### 2.2.3.1 SISTEMAS DE CONTACTO INDIRECTO.

En numerosos sistemas de congelación de alimentos, el producto y el refrigerante están separados por una barrera durante todo el proceso de congelación. En la Figura 1 se muestra la forma esquemática este tipo de sistema. Aunque muchos sistemas utilizan una barrera impermeable entre el producto y el refrigerante, se considera incluido dentro de los sistemas de congelación indirecta cualquier sistema de contacto que no sea directo, por ejemplo aquellos donde el material del envase hace de barrera. (Heldman, 1983)

*Fig. 1. Esquema de un sistema de congelación de contacto indirecto.*



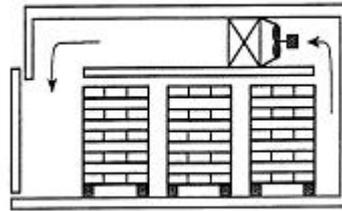
*a) Congeladores de placas:* es el sistema de congelación indirecta más común. El producto se congela mientras se mantiene entre dos placas refrigeradas. En la mayoría de los casos la barrera entre el producto y el refrigerante incluirá tanto a la placa como el material del envase.

La transmisión de calor a través de la barrera puede aumentarse mediante la utilización de presión.

Los sistemas de congelación de placas pueden operar tanto de modo discontinuo como de modo continuo (Heldman y Lund, 1992)

*b) Congeladores por corriente de aire:* en muchas situaciones, el tamaño y/o la forma del producto hacen que el congelador de placas no sea práctico, pudiendo utilizarse alternativamente los sistemas de congelación por corriente de aire. En estos casos, el envase supone la barrera para la congelación indirecta siendo la fuente de la refrigeración una corriente de aire frío. Los congeladores por corriente de aire pueden ser de un diseño simple, como es el caso de una habitación refrigerada. Esta supone una operación discontinua y la habitación refrigerada puede actuar como almacén además de como compartimento de congelación. En esta situación los tiempos de congelación serán altos debido a las bajas velocidades del aire alrededor del producto, la imposibilidad de alcanzar un buen contacto entre el producto y el aire frío y los menores gradientes de temperatura existentes entre el producto y el aire. Sin embargo, la mayoría de los congeladores por corriente de aire son continuos. En estos sistemas, el producto se coloca sobre una cinta transportadora que se mueve a través de una corriente de aire que circula a elevada velocidad. El tiempo de congelación o de residencia viene determinado por la longitud y velocidad de la cinta transportadora. Estos tiempos pueden ser relativamente pequeños si se utiliza aire a muy baja temperatura, altas velocidades de aire y un buen contacto entre el producto y el aire frío. En la Figura 2 se muestra el esquema de este tipo de congelación (Barbosa y Canovas, 1997).

*Fig. 2. Congelación por corriente de aire.*



*c) Congeladores para alimentos líquidos:* en la mayoría de los casos la forma más eficaz de retirar la energía térmica de un alimento líquido puede lograrse antes del envasado. El tipo más utilizado es el sistema de superficie rascada, aunque podría utilizarse cualquier cambiador de calor indirecto diseñado para líquidos.

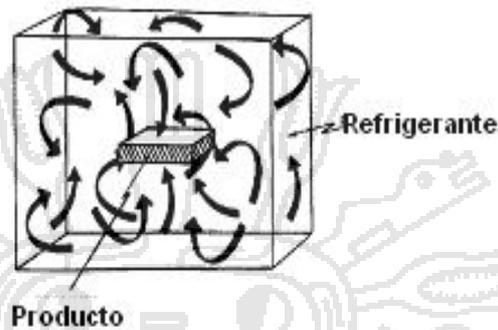
En la congelación de alimentos líquidos, el tiempo de residencia del producto en el compartimento de congelación es el suficiente para reducir su temperatura varios grados por debajo de la temperatura inicial de formación de cristales. Los sistemas de congelación para alimentos líquidos pueden operar de forma continua o discontinua (Barbosa y Canovas, 1997).

#### **2.2.3.2 SISTEMAS DE CONTACTO DIRECTO.**

Existen varios sistemas de congelación que operan por medio del contacto directo entre el refrigerante y el producto, tal y como se muestra en la Figura 3 En la mayoría de las ocasiones, estos sistemas operarán más eficazmente si no existen barreras a la transmisión de calor entre el refrigerante y el producto. Los refrigerantes que se utilizan en estos sistemas pueden ser aire a baja temperatura y altas velocidades o líquidos refrigerantes que cambian de fase en contacto con la superficie del producto. En cualquier caso, los sistemas se diseñan para alcanzar una

rápida congelación, aplicándose el término de congelación rápida individual (en inglés, individual quick freezing), IQF.

**Fig. 3** Esquema de un sistema de congelación de contacto directo.



**a) IQF (Individual Quick Freezing):** Significa congelación rápida individual, términos que se aplica a los sistemas de congelación por contacto directo, en el que el refrigerante entra en contacto directo con el alimento sin barreras a la transmisión de calor entre el refrigerante y el producto. Los refrigerantes que se utilizan en estos sistemas pueden ser aire a bajas temperaturas y altas velocidades o líquidos refrigerantes que cambian de fase en contacto con la superficie del producto (Alcázar, 2002).

**b) Inmersión:** La superficie exterior del producto puede alcanzar temperaturas muy bajas sumergiendo el alimento dentro de un refrigerante líquido. Si el tamaño del producto es relativamente pequeño, el proceso de congelación se alcanza rápidamente en condiciones IQF. Para algunos alimentos concretos, con este sistema se consiguen menores tiempos de congelación que cuando se utilizan corrientes de aire o sistemas de lecho fluidizado (Alcázar, 2002).

El proceso consiste en introducir el producto en un baño de líquido refrigerante y se transporta a su través, mientras que el líquido

refrigerante se evapora absorbiendo calor del producto. Los refrigerantes más comunes son el nitrógeno, el dióxido de carbono y el Freón.

Una de las mayores desventajas de los sistemas de congelación por inmersión es el costo del refrigerante, ya que éste pasa del estado líquido a vapor mientras se produce la congelación del producto, resultando muy difícil recuperar los vapores que se escapan del compartimiento (Alcázar, 2002)

#### **2.2.4 ASPECTOS FÍSICOS DE LA CONGELACIÓN.**

El agua del interior de las células y la que se encuentra entre ellas forma cristales diminutos de hielo cuando se congela de un modo rápido. Cuando la congelación es lenta se desarrollan cristales grandes de hielo y agrupaciones de los mismos, provocando muchas rupturas físicas y separación de células que en el caso de formación de cristales pequeños (Barbosa y Canovas, 2000).

En la congelación de alimentos la cantidad de calor eliminado depende mayormente del agua congelable. Ésta cantidad depende de tres factores:

- a. Variación de entalpía correspondiente al enfriamiento de la temperatura inicial al punto de congelación.
- b. Calor latente de congelación.
- c. Variación de entalpía correspondiente al enfriamiento del punto de congelación a la temperatura final (Heldman Y Singh, 2000).

El término de la congelación es cuando la mayor parte del agua congelable se transforma en hielo en el centro térmico del producto; en la mayoría de los alimentos la temperatura del centro térmico coincide con la temperatura de almacenamiento (Postolski, 1986).

### 2.3 DESCONGELACIÓN DE ALIMENTOS.

La descongelación es normalmente un proceso más lento que la congelación, puesto que la conductividad térmica de los tejidos congelados es mucho menor que la de los no congelados. Además, la formación de una capa acuosa líquida en la superficie del producto que se está descongelando forma una barrera que mantiene el producto un largo período a 0°C, con todos los problemas que ello conlleva: aumento de la concentración, recristalizaciones y aumento de microorganismos (Fletcher, 1999).

Muchos problemas asociados con la comercialización de carnes frescas pueden ser eliminados distribuyéndolas en estado congelado. La congelación es un excelente método para la preservación de carnes, resultando en mínimos cambios en sus propiedades cualitativas y organolépticas (Hedrick y cols, 1994).

La descongelación ha de ser rápida, tanto la conductividad térmica como la difusividad térmica del agua y el hielo son diferentes, el hielo tiene una conductividad cuatro veces mayor que el agua y una difusividad ocho veces mayor, por ello es debido los puentes de hidrogeno entre las moléculas de agua son inestables y se establecen y rompen con gran facilidad mientras que en el hielo los puentes de hidrogeno son fijos y estables por lo que se puede conducir y difundir el calor con mayor celeridad, al principio la temperatura aumenta rápidamente pero cuando las capas funden actúan como aislante para el resto de las capas por lo que la temperatura no sube mucho, hay que procurar que este proceso se dé con rapidez ya que lo contrario se pueden desarrollar los microorganismos psicófilos. Para aumentar la rapidez de descongelación se suele aplicar un gradiente de temperatura mayor para descongelar que para congelar, si el alimento no se descongela rápidamente se producen cambios estructurales, se forman exudados con el consiguiente aspecto desagradable del

alimento y la pérdida de peso y como acabamos de decir, se desarrollan los psicrófilos (Ariño y Hernández, 2006).

La conservación por congelación se consigue por un efecto combinado de las bajas temperaturas que inactiva los microorganismos y los enzimas del alimento y la reducción de la actividad de agua del alimento. Si la congelación, manipulado, almacenamiento y descongelación del alimento se lleva a cabo de forma adecuada, las características organolépticas y nutritivas apenas se ven afectadas (Delgado, 2006).

En la descongelación ocurrirá lo mismo que en la congelación pero en el sentido contrario, el proceso de descongelación es más lento que el de congelación para diferenciales de temperatura iguales pero invertidos. Esto es debido a que la conductividad calorífica del hielo es cuatro veces mayor que la del agua cada cristal de hielo que se forma, favorece la congelación de la gota de agua continua pero cada gota de agua que se forma funciona como aislante e impide la descongelación de la gota de agua vecina (Blasco, 2006).

Como consecuencia de la mala congelación y descongelación del alimento puede existir hechos desagradables como:

- Pérdida de agua y color en el alimento.
- Cambios oxidativos en la grasa.
- Intercambios de olores.
- Pérdida de compuestos volátiles.
- Desnaturalización de proteínas (Fletcher, 1999).

### 2.3.1. MÉTODOS DE DESCONGELACIÓN.

#### 2.3.1.1 DESCONGELACIÓN – COCCIÓN.

Cuando se descongela el producto para consumirlo inmediatamente, como es el caso de los domicilios particulares o establecimientos de restauración. Se cuece directamente el producto congelado. En este método se unen la rapidez y la seguridad sanitaria. Se considera que con este método afectan directamente las características organolépticas, se endurece algo la carne (Jasper y placzek, 1980).

La descongelación por cocción hace que el producto se cocine directamente y la temperatura de la carne entera debe alcanzar los 73°C en la parte más interna del musculo, para la completa destrucción de los patógenos y virus. En ocasiones la carne es rosada aun cuando sean carnes blancas, la temperatura es de 80°C en el muslo esto es debido a la hemoglobina en los tejidos y la terneza es dura, (Egan y Sawyer, 1991).

En la siguiente tabla 4 se muestra la cocción en productos cárnicos.

*Tabla 4 Cocción de carnes*

<b>Producto</b>	<b>Potencia 650 W.</b>	<b>Potencia 600 W.</b>	<b>Potencia 500 W.</b>
Carne troceada (1kg.)	8 min. 12 seg.	9 min.	10 min.
Conejo	9 min.	10 min.	12 min.
Chuletas ternera, cerdo	6 min. 18 seg.	7 min.	8 min. 24 seg.
Filete de ternera (1 U.)	2 min.	2 min. 30 seg.	3 min.
Pierna de cordero	5 min. 24 seg.	6 min.	7 min. 12 seg.
Pollo entero (1 kilo)	18 min.	20 min.	22 min.
Pollo troceado	7 min. 12 seg.	8 min.	9 min.

Fuente: (Orrego, 2004).

En la siguiente tabla 5 se muestra la descongelación en productos cárnicos.

*Tabla 5 Descongelación por cocción de la carne*

<b>Producto</b>	<b>Peso</b>	<b>Tiempo</b>
<b>Carnes:</b>		
Carne picada	1 kilo	13 min.
Carne troceada	500 gramos	6 min.
Chuletas de ternera, cerdo, etc.	1 unidad (100 gramos)	2 min.
Filetes de ternera	2 unidades (100 gramos)	2 min.
Pierna de cordero	cada 500 gramos	9 min.
Pollo	cada 500 gramos	6 min.
Salchichas	500 gramos	12 min.
<b>Pescados:</b>		
Blancos en filetes	500 gramos	12 min.
Blancos enteros	1 1/2 kilos	38 min.
En rodajas grandes	500 gramos	6 min.
Gambas	500 gramos	3 min.
Truchas	1 (250 gramos)	3 min.

Fuente: (Orrego, 2004).

### **2.3.1.2 DESCONGELACIÓN BAJO CORRIENTE DE AGUA.**

Los alimentos se descongelan sumergiéndolos en una corriente de agua a una temperatura de 21 °C o más baja. El flujo de agua debe ser suficientemente fuerte para arrastrar al desagüe partículas del alimento, este método es el más recomendado por ser de mayor rapidez en comparación a otros métodos y permite reducir el nivel de exudado en el proceso de descongelación (Jasper, y placzek, 1980).

La descongelación del producto es conveniente hacer circular el agua a una temperatura de 15 a 18°C, la ventaja del método de descongelación en agua radica en que el intercambio térmico entre el producto y el agua se desarrolla con mucha mayor rapidez que en el aire, existe la posibilidad de mecanizar el proceso y este método es el más adecuado para un producto congelado (Amarego y Chai, 2003).

La descongelación de la carne bajo corriente de agua es el proceso culminante del procesamiento del mismo con frío y consiste en la elevación de su temperatura hasta 0°C. Entonces ocurren en la carne cambios sustanciales, relacionados principalmente con la descongelación de los cristales de hielo y la adsorción, (por parte de los tejidos musculares) del líquido resultante, es decir se produce en determinada medida la recuperación, por parte de las fibras musculares, del líquido que se separa de ellas en forma de cristales de hielo. El líquido resultante del descongelamiento de los cristales de hielo es absorbido casi en su totalidad por los tejidos, estos aumentan su volumen y la carne, después del descongelamiento, posee características similares a la carne fresca (Maza, 2001).

En la siguiente tabla 6 se muestra la descongelación bajo corriente de agua en carne.

*Tabla 6 Tiempos de descongelación bajo corriente de agua de la carne.*

<b>Carne</b>	<b>Horas</b>
1.814 a 5.443 kg	2 a 6 horas
5.443 a 7.257 kg	6 a 8 horas
7.257 a 9.072 kg	8 a 10 horas
9.072 a 10.886 kg	10 a 12 horas

Fuente: (Orrego, 2004).

### 2.3.1.3. DESCONGELACIÓN A TEMPERATURA DE REFRIGERACIÓN

El alimento se descongela a una temperatura de 5 °C, condiciones con las que cuentan cámaras de refrigeración, refrigeradoras, etc. El inconveniente en este método es que podrían tardar varios días en descongelarse el alimento (Jasper y placzek, 1980).

La descongelación por refrigeración es cuando llega a una temperatura de 4.4°C el calor penetra gradualmente desde la superficie hacia el interior del producto, en tanto que la temperatura de la fuente de calor siempre es significativamente mayor que la temperatura del objeto de descongelación. La descongelación a temperatura de refrigeración se diferencia, en principio, de los métodos comunes por el hecho que en este caso el calor se genera en el mismo objeto del calentamiento, simultáneamente en todo su volumen (Maza, 2001).

En la siguiente tabla 7 se muestra la descongelación a temperatura de refrigeración en carne.

*Tabla 7 descongelación a temperatura de refrigeración de la carne*

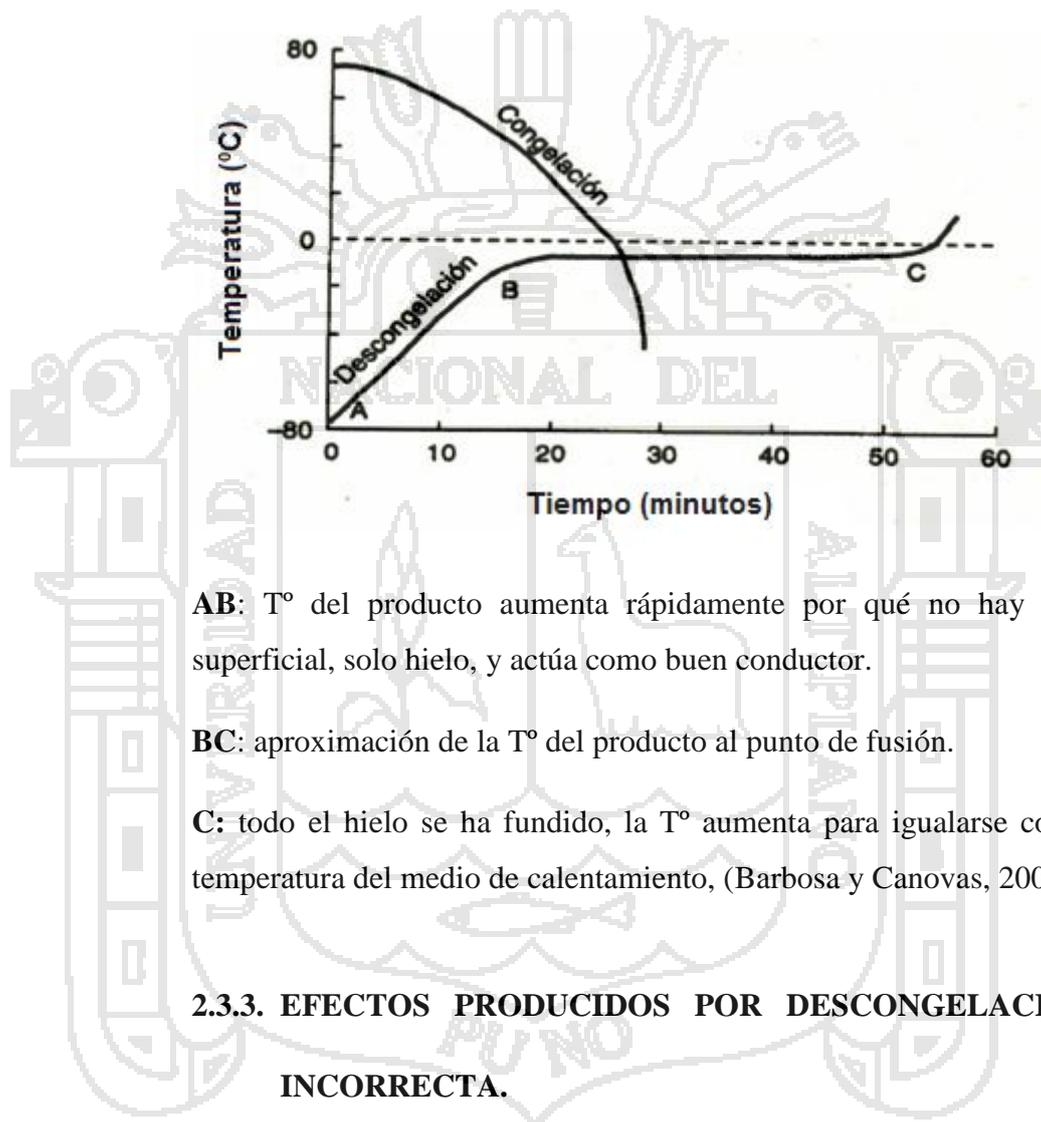
<b>Carne</b>	<b>Días</b>
1.814 a 5.443 kg	1 a 3
5.443 a 7.257 kg	3 a 4
7.257 a 9.072 kg	4 a 5
9.072 a 10.886 kg	5 a 6

Fuente: (Orrego, 2004).

### 2.3.2. CURVA DE DESCONGELACIÓN

La figura 4 se describe la curva de descongelación

**Fig. 4** Curva de descongelación de alimentos.



### 2.3.3. EFECTOS PRODUCIDOS POR DESCONGELACIÓN INCORRECTA.

- Elevada concentración de solutos en solución favorece reacciones químicas y enzimáticas.
- Los cristales de hielo se agrandan modificando la textura del alimento.
- Pérdida de vitaminas y componentes por goteo.

- Crecimiento de microorganismos (psicrotrofos) y patógenos si los hubiera inicialmente (Barbosa y Canovas ,2000).

## 2.4 ANÁLISIS PROXIMAL DE ALIMENTOS.

### 2.4.1. ANÁLISIS DE PROTEÍNAS.

Entre todos los compuestos químicos, las proteínas deben considerarse ciertamente como los más importantes, puesto que son las sustancias de la vida (Tellez, 1992). Las proteínas constituyen gran parte del cuerpo animal; lo mantienen como unidad y lo hacen funcionar. Se las encuentra en toda célula viva, ellas son el material principal de la piel, los músculos, tendones, nervios y la sangre; de enzimas, anticuerpos y muchas hormonas (Smyth, 1996).

Desde un punto de vista químico, las proteínas son polímeros grandes. Son poliamidas y los monómeros de los cuales derivan son los ácidos -aminocarboxílicos. Una sola molécula proteínica contiene cientos, e incluso miles, de unidades de aminoácidos, las que pueden ser de unos 20 tipos diferentes (Egan y Sawyer, 1991).

El número de combinaciones diferentes, es decir, el número de moléculas proteínicas distintas que pueden existir, es casi infinito. Es probable que se necesiten decenas de miles de proteínas diferentes para formar y hacer funcionar un organismo animal; este conjunto de proteínas no es idéntico al que constituye un animal de tipo distinto (Lawrie, 1998).

Las proteínas son necesarias para la formación y renovación de los tejidos. Los organismos que están en período de crecimiento necesitan un adecuado suministro de proteínas para su aumento de peso, los organismos adultos que tienen su peso estabilizado están en equilibrio dinámico, en el que sus proteínas se degradan y se regeneran continuamente, aunque su composición permanece

constante, para ello debe existir en la dieta un suministro regular y continuo de proteínas (Murphy y Marks, 2000).

La proteína es una cadena compuesta de sub-unidades denominadas aminoácidos. Los aminoácidos se unen y forman una cadena larga estructurada sin ramificar. Las proteínas son moléculas bastante grandes y complejas esta cadena suele contener hasta trescientos aminoácidos. Estos son combinados especiales de carbono, nitrógeno, hidrogeno, oxígeno y en ocasiones azufre (Hard y Fisher, 1991).

La proteína cruda es una de las determinaciones que integra la “COMPOSICIÓN PROXIMAL” o “ANÁLISIS PRÓXIMO” de los alimentos. La fracción de proteína cruda de los sistemas alimenticios, es importante desde el punto de vista nutricional, de las propiedades organolépticas de los alimentos (Medina, 2000).

Las proteínas Miofibrilares son los principales responsables de las propiedades funcionales de los productos de carnes blancas procesados, tanto crudos como cocinados. Además, entre las proteínas miofibrilares, la miosina es la proteína funcional más importante (Samejima y Yasui, 1982).

En los productos crudos, la miosina solubilizada tiene un papel en el aumento de la viscosidad que se observa durante la trituración y es un componente importante de la película proteica interfásica que se observa alrededor de las gotitas de grasa (Barbut, 1995).

La miosina es la única proteína miofibrilar que forma un gel durante el calentamiento, de manera que es la responsable principal de las características producidas en la textura, el aspecto y la estabilidad de los productos cocinados. Las otras proteínas miofibrilares, como la actina,

pueden modificar las propiedades funcionales de la miosina, tanto en los sistemas crudos como en los cocinados (Wang y Smith, 1995).

#### 2.4.1.1. MÉTODO DE KJELDAHL.

La muestra se disuelve en ácido sulfúrico concentrado y se calienta con la finalidad de que la materia carbonosa se libere en forma de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), los minerales se sulfaten y el nitrógeno se transforme en Sulfato de Amonio. Como catalizador se utiliza Sulfato de Cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), puede usarse sales de Mercurio (Hg), Zirconio (Zr), Selenio (Se), pero éstos dos últimos son muy caros y el mercurio (Hg) es tóxico. El Sulfato de Potasio ( $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) sirve como elevador de la temperatura de ebullición (no es catalizador), por cada  $10^\circ\text{C}$  de elevación de la temperatura, la velocidad de la reacción se duplica (Smith, 1996).

El ataque finaliza cuando la solución se torna de un color verde-esmeralda límpido. En este proceso de digestión o ataque de la muestra, se libera en la digestión la grasa, fibra, carbohidratos presentes en la muestra en forma de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ); la parte oxigenada de la proteína también se libera, sólo queda la parte nitrogenada de la proteína (Egan y Sawyer, 1991).

Al final del ataque, se tiene en la solución Acido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sobrante, sales sulfatadas de los minerales disueltas, y el sulfato de amonio. En el proceso de destilación, se añade al balón de Kjeldahl de agua con la finalidad de diluir al ácido sulfúrico remanente, a la vez que el sulfato de potasio, sulfato de cobre y sulfato de amonio disueltos precipiten, dejando libre en la parte superior el Acido Sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sobrante; es decir hay formación de dos fases, el uso de la de granallas de zinc o perlas de vidrio tiene la finalidad de evitar la ebullición tumultuosa creando núcleos de vaporización. La soda cáustica es para evitar una reacción violenta con el ácido sulfúrico remanente y el Sulfato de Amonio  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (Medina, 2000).

La adición de la soda neutraliza la acción del ácido sulfúrico sobrante, favorece la liberación del amoníaco en forma de Hidróxido de Amonio ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) que será recibido en el vaso Erlenmeyer que contiene la solución de ácido bórico. Inicialmente, al producirse el calentamiento desaparecen las dos fases, se forma una solución de color celeste-oscuro, luego al ebulir se torna color marrón debido a la presencia de un complejo cúprico, que desaparece a medida que se libera el amoníaco. El amoníaco es captado por la solución de Acido Bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), que forma un complejo estable, esto se observa debido al cambio de color que experimenta la solución de ácido bórico, rojo a amarillo, producido por el amoníaco y que alcaliniza la solución progresivamente, a medida que es captado por el ácido bórico; esto es visible gracias al indicador rojo de metilo, pudiéndose usar otro indicador según el rango de viraje. Posteriormente, se determina por titulación con Acido Clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) 0,1 N hasta cambio de color, en este caso, amarillo a rojogrosella, el volumen gastado de ácido y se procede con los cálculos (Pietrzak, Greaser y Sosnicki, 1997).

El método de Kjeldahl se basa en la hidrólisis ácida de la materia orgánica de la muestra por calentamiento con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de potasio en presencia de un catalizador sulfato de cobre. El nitrógeno se reduce en la sal sulfato de amonio, de la cual se libera con hidróxido de amonio en la forma de amoniaco y se destila. El destilado se valora con una solución patrón de ácido clorhídrico o sulfúrico (Hard y fisher, 1991).

#### **2.4.2. ANÁLISIS DE GRASA.**

Los cuerpos grasos o lípidos son mezclas de ésteres resultantes de la combinación de glicerina con los ácidos grasos superiores, principalmente el palmítico, oleico y esteárico. Son pocos los cuerpos grasos en cuya composición intervienen, en cantidad considerable y los lípidos son insolubles en el agua y menos densos que ella. Se disuelven bien en disolventes no

polares, tales como el éter sulfúrico, sulfuro de carbono, benceno, cloroformo y en los derivados líquidos del petróleo (Egan y Sawyer, 1991).

Los animales tienen grasa en las diferentes partes de su cuerpo, especialmente entre la piel y los músculos, en la médula de los huesos y alrededor de las vísceras. Hay lípidos sólidos, denominados grasas y líquidos denominados aceites, (Lawrie, 1998). El término grasa se emplea para aquellas mezclas que son sólidas o semisólidas a temperatura ambiente, en tanto que el término aceite se aplica a mezclas que son líquidas a temperatura ambiente. Existen diferentes familias o clases de lípidos, pero las propiedades distintivas de todos ellos derivan de la naturaleza hidrocarbonada de la porción principal de su estructura (Fennema, 2000).

Los lípidos desempeñan diversas funciones biológicas importantes, actuando:

- Como componentes estructurales de las membranas.
- Como formas de transporte y almacenamiento del combustible catabólico.
- Como cubierta protectora sobre la superficie de muchos organismos.
- Como componentes de la superficie celular relacionados con el reconocimiento de las células, la especificidad de especie y la inmunidad de los tejidos (Labajova, 2004).

Algunas sustancias clasificadas entre los lípidos poseen una intensa actividad biológica: se encuentran entre ellas algunas de las vitaminas y hormonas, aunque los lípidos constituyen una clase bien definida de biomoléculas, veremos que con frecuencia se encuentran combinados covalentemente o mediante enlaces débiles, con miembros de otras clases de biomoléculas, constituyendo moléculas híbridas tales como los glucolípidos, que contienen lípidos y glúcidos, y las lipoproteínas que contienen lípidos y proteínas. En estas biomoléculas las propiedades químicas y físicas características de sus

componentes están fusionadas para cumplir funciones biológicas especializadas (Murphy y Marks, 2000).

La grasa está compuesta por triglicéridos, que se forman de la unión del glicerol, o glicerina, a la que están unidos tres ácidos grasos de cadena más o menos larga junto con las proteínas y carbohidratos, constituyen los principales componentes estructurales de los alimentos (Hard y fisher, 1991).

### a) CLASIFICACIÓN DE LÍPIDOS

- *Lípidos simples*. Los simples están formados por la combinación de ácidos grasos con diversos alcoholes. Las grasas neutras forman parte de este grupo, y se conocen como triglicéridos puesto que están formadas por una molécula de glicerina unida a tres moléculas de ácidos grasos. Estos lípidos son abundantes en las plantas y animales (Fessenden, 1998).

- *Lípidos compuestos*. Los lípidos compuestos son ésteres de ácidos grasos con alcohol, en cuya composición también entran otros grupos como, los fosfolípidos son aquellos que contienen ácido fosfórico, el más común es la lecitina. Cumplen importantes funciones en el cerebro y el sistema nervioso (Fessenden, 1998).

### b) SOLUBILIDAD DE LOS LÍPIDOS.

- *Glucolípidos*. Son biomoléculas compuestas por un lípido y un grupo glucídico o hidrato de carbono de cadena corta. Los glucolípidos forman parte de los carbohidratos de la membrana celular, que están unidos a lípidos únicamente en el exterior

de la membrana plasmática y en el interior de algunos organelos (Fessenden, 1998).

**-Triacilgliceroles.** Los triglicéridos, triacilglicéridos o triacilgliceroles son acilgliceroles, un tipo de lípidos, formados por una molécula de glicerol, que tiene esterificados sus tres grupos hidroxilo por tres ácidos grasos, saturados o insaturados. Los triacilglicérols forman parte de las grasas, sobre todo de origen animal y los aceites son triglicéridos en estado líquido de origen vegetal o que provienen del pescado (Fessenden, 1998).

**- Complejos de lipoproteínas.-** son complejos macromoleculares compuestos por proteínas y lípidos que transportan masivamente las grasas por todo el organismo y la lipoproteínas son agregados moleculares esféricos con una cubierta de unos 20 aminoácidos de grosor formada por lípidos anfotéricos cargados, como colesterol no esterificado y fosfatidilcolinas; entre ellos se insertan las apolipoproteínas. Estas moléculas dirigen sus regiones apolares hidrófobas hacia el interior y sus grupos cargados hacia el exterior, donde interaccionan con el agua y esto se debe a que las grasas, no se pueden disolver en un medio acuoso (son hidrofóbicas), para eso necesitan proteínas que las recubran para dejar expuestos solo la parte polar de dicha proteína y de esta manera se pueda disolver la grasa en el plasma (Fessenden, 1998).

**- Liposacáridos.-** Biomoléculas formadas por la unión de una gran cantidad de monosacáridos que se encuadran entre los glúcidos, y cumplen funciones diversas, sobre todo de reservas energéticas y estructurales. Estos compuestos llegan a tener un

peso molecular muy elevado, que depende del número de residuos o unidades de monosacáridos que participen en su estructura

#### 2.4.2.1. MÉTODO SOXHLET.

Una cantidad previamente homogeneizada, medida o pesada del alimento se somete a una hidrólisis ácida con HCL concentrado para separar la materia grasa de los hidratos de carbono o proteínas, la que luego es absorbida por la celite. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa por Soxhlet (Hard y fisher, 1991).

El contenido en lípidos libres, los cuales consisten fundamentalmente de grasas neutras (triglicéridos) y de ácidos grasos libres, se puede determinar en forma conveniente en los alimentos, como sabemos la grasa es un extracto etéreo que se obtiene cuando la muestra es sometida a extracción con éter etílico. El término extracto etéreo se refiere al conjunto de las sustancias extraídas que incluyen, además de los ésteres de los ácidos grasos con el glicerol, a los fosfolípidos, las lecitinas, los esteroides, las ceras, los ácidos grasos libres, los carotenos, las clorofilas y otros pigmentos. El tipo Soxhlet da una extracción intermitente con un exceso de disolvente reciente condensado ( Pietrzak *et al*, 1997).

La extracción completa grasa neutra es estorbada por la presencia de cantidades elevadas de sustancias solubles en agua como carbohidratos, glicerol y ácido láctico, (Murphy y Marks, 2000).

## 2.5 EVALUACIÓN TECNOLÓGICA

### 2.5.1. CALIDAD

La calidad es el parámetro o factor ideado para calificar el grado de bondad de un alimento; conjunto de características que tiene importancia y contribuyen a la aceptación del producto. Las principales características implicadas bajo el término “Calidad” son:

- *las propiedades organolépticas*, tales como la apariencia (forma, color), el sabor (aroma, gusto, olor) y la textura.
- *La salubridad*, es decir la ausencia de acción tóxica, de microorganismos patógenos o toxígenos (o incluso, en algunos casos, tan solo un excesivo número de microorganismos).
- *El valor nutricional*, es decir la composición, en términos de contenido de calorías, proteínas, aminoácidos, sales minerales y oligoelementos (Alcazar, 2002).

#### 2.5.1.1. DETERMINANTES DE LA CALIDAD DE LA CARNE.

Los alimentos deben ser totalmente inocuos para la salud de los consumidores. No deben contener residuos de pesticidas, hormonas o antibióticos que puedan inducir riesgo al consumirlos. Tampoco deben tener microorganismos ni toxinas peligrosas para el consumidor. Estas cualidades son garantizadas por leyes y autoridades sanitarias (Quiroga *et al*, 2001).

Hay tres principales determinantes de la calidad de la carne a nivel del consumidor: color, jugosidad y dureza (terneza). El sabor es habitualmente importante solo en sentido negativo cuando aparecen sabores desagradables. El color es el factor más importante con respecto a la selección inicial. En las carnes rojas un color rojo brillante asociado con un alto contenido de

oximioglobina es un determinante positivo de la calidad, mientras el contenido de metamioglobina es un determinante negativo. También se reconocen dos defectos específicos: carne exudativa, blanda y pálida y carne seca, firme y oscura (corte oscuro), debido ambos a un PH postmortem anormal (Varnam y Sutherland ,1998).

## 2.5.2. CALIDAD TECNOLÓGICA

### 2.5.2.1 PH

El pH nos dice la acidez exacta, indica la concentración de iones hidrogeno que es muy fundamental, en alimentos y productos cárnicos (Fessenden, 1998).

La velocidad de descenso de pH muscular desempeña un papel importante en la textura de la carne cocinada y en el periodo apropiado para la fabricación del producto. La ternura puede estar afectada por velocidades tanto muy lentas como muy rápidas como la glucólisis inicial también el pH muscular es también crítico para las propiedades ligante y las características de humedad de la carne cocinada. Muchos productos de carnes blancas incorporan polifosfatos para aumentar la capacidad de retención de agua. Este incremento en la propiedad funcional se debe al mantenimiento de un pH superior, (Hamm, 1991,1990). La extracción proteica es también superior cuando el pH es mayor, elevando la capacidad ligante en un producto elaborado (Solomon y Schmidt, 1997).

La relación entre la velocidad del cambio de pH y la calidad final de la carne (entendida como capacidad de retención de agua, color y dureza) es función de la temperatura del músculo cuando se alcanza un pH de 6.0. Un descenso rápido de pH se producirá cuanto mayor sea la temperatura, ocasionando la aparición temprana del rigor y un mayor grado de acortamiento por el

rigor,(Khan,1974). El acortamiento muscular y el grado de contracción del sarcomero en el rigor están correlacionadas negativamente con la ternura de la carne (Lowe,1998;Herring,1990; Welbourn,1995 ; Bilgili,1989).

La temperatura tiene una influencia notable sobre la velocidad de descenso del pH. Las temperaturas elevadas aceleran el descenso del pH, mientras que las bajas retrasan la glucólisis y la producción de ácido láctico (Marsh, 1993).

Cuando finaliza el rigor aumenta la ternura con el tiempo y en el punto isoeléctrico del músculo ( $\text{pH} < 5.4$ ), la capacidad de las proteínas musculares de ligarse al agua se encuentra en el mínimo, las proteínas se desnaturalizan y pueden precipitarse. Además, inhibe la glucólisis y se igualan el pH y las concentraciones iónicas intra e intercelulares. Un rápido descenso del pH mientras que la temperatura del músculo es elevada, es responsable de la carne pálida blanda y exudativa porcina, caracterizada por una menor capacidad de retención de agua, una estructura muscular suelta(textura blanda) y fibras físicamente alteradas (Rambsbottom y Strandine, 1999;Paul, 1998;Fremery, 2000).

#### **2.5.2.2 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.**

La capacidad de la carne para retener su contenido de agua natural, o añadida, cuando se somete a fuerzas externas (cortes, calentamiento o molido) es altamente variable, (Aberle, 2001). Es inevitable una pequeña pérdida de humedad durante cualquier tipo de procesamiento ya que una fracción del agua presente se encuentra en forma libre y es susceptible a perderse por evaporación o en los efluentes. La importancia de la capacidad de retención de agua reside en que muchas de las propiedades físicas de la carne cocinada dependen de la humedad, al igual que las propiedades funcionales de las proteínas musculares, (Aberle, 2001). La ganancia o pérdida de agua del músculo durante del procesamiento depende tanto de las características del

animal como del manejo al que fue sometido previo a la matanza (Northcutt, 1994).

El agua muscular existe de forma enlazada, inmovilizada y libre (Aberle, 2001). Debido a la distribución de sus electrones, las moléculas de agua no son eléctricamente neutras y se asocian con grupos reactivos (ionizados) de las proteínas musculares, (Aberle, 2001). La mayor parte del agua en el músculo (88-95%) se mantiene de manera intracelular dentro de las miofibrillas en el espacio libre entre los filamentos finos y gruesos. Una pequeña porción del agua presente en el músculo (5-12%) está localizada extracelularmente (Northcutt, 1994).

Varios factores afectan el número de grupos reactivos en las proteínas musculares y su capacidad para adsorber o retener agua. Estos factores dependen de la producción de ácido láctico, pérdida de ATP, desarrollo del *rigor mortis* y cambios estructurales de las células asociadas con la actividad de enzimas proteolíticas (Aberle, 2001). El grado de capacidad de retención de agua asociado con cada etapa de rigor, o con el índice de cambios *post-mortem*, es observable debido a sus efectos sobre la firmeza, estructura y textura. Los músculos con alta capacidad de inmovilizar agua son firmes, tienen una estructura rígida y una textura seca o pegajosa. Por el contrario, los tejidos con una baja capacidad de inmovilizar agua son suaves, tienen una estructura flácida y una consistencia húmeda (Aberle, 2001).

La formación de ácido láctico, y por ende la disminución en pH, durante el periodo post-matanza (*post mortem*), es responsable de la reducción general de los grupos reactivos en las proteínas que pueden formar enlaces con agua. Este cambio resulta en cantidades variables de desnaturalización y pérdida de solubilidad en las proteínas. La reducción en el número de grupos reactivos ocurre porque el pH alcanza el punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares. Como consecuencia, estos grupos tienden a atraerse entre sí y solamente los

que excedentes quedan disponibles para atraer el agua. Esta influencia del pH es llamada el efecto de carga neta (Aberle, 2001). Un pH bajo está asociado con colores más claros de la carne que se detectan por valores altos de luminosidad y se ha demostrado que mientras más pálida sea la carne de pechuga de pollo, menor será su capacidad de retención de agua. Para los valores de pH típicos de la carne (5.2-6.8), los valores más altos están asociados con mayores cargas netas en la proteína y una mayor proporción del agua presente se encuentra inmovilizada (Qiao, 2001).

Encontraron que la carne cruda proveniente de la pierna tenía una mayor capacidad de retener agua que la carne proveniente de la pechuga, pero que en carne cocinada, la carne proveniente de la pierna tuvo menor retención de agua que la carne de la pechuga. La capacidad de retención de agua del tejido muscular tiene un efecto directo en la merma observada en la carne durante el almacenaje, (Aberle, 2001). Cuando los tejidos tienen una baja capacidad de retención de agua la pérdida de humedad, y por ende la pérdida de peso, durante el almacenaje es mayor. Esta pérdida de humedad ocurre principalmente por evaporación desde la superficie de canales por lo que la merma es mayor cuando se utiliza el sistema de enfriamiento basado en corrientes de aire frío que cuando se utiliza el sistema de enfriamiento por inmersión (Young y Smith, 2004).

## **2.6 EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LOS ALIMENTOS.**

Las propiedades organolépticas o sensoriales son percibidas directamente por el consumidor al comprar y comer el producto. Cada consumidor hace su propia evaluación del alimento. Los consumidores tienen un rol fundamental en la aceptabilidad de los alimentos (Quiroga, García y López, 2001).

La evaluación organoléptica de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor

desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria. Así pues, por su aplicación en el control de calidad y de procesos, en el desarrollo de nuevos productos y en la estrategia del lanzamiento de los mismos al comercio, la hace, sin duda alguna, la coparticipe del desarrollo y avance mundial de la alimentación (Murphy y Marks, 2000).

Como disciplina científica es usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos y otros materiales, y que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Ureña, 1999).

#### **2.6.1. LA VISTA**

La vista es la facultad que se tiene para distinguir el color ,la forma y la posición relativa de los cuerpos; siendo el color el atributo, o propiedad sensorial, mas importante en la evaluación de los alimentos .otras propiedades que caracterizan a los alimentos como la apariencia , la superficie ,el tamaño y el brillo ,son también percibidas por este sentido,(Guerrero,1995).

#### **2.6.2. EL OLFATO**

Mediante el sentido del olfato, se puede percibir las propiedades del olor y aroma de la sustancia.

Es un sentido químico, en el que actúan como estimulante las partículas aromáticas u odoríferas desprendidas de los cuerpos volátiles, que ingresan por el epitelio olfativo ubicado en la nariz, y son procesadas por el sistema olfativo. La nariz distingue entre más de 10.000 aromas diferentes (Guerrero, 1995).

### 2.6.3. EL GUSTO

Este sentido reside en la lengua, la cual contiene varias protuberancias o gránulos llamados papilas gustativas mediante el gusto se pueden percibir las propiedades del sabor básico y sabores especiales de los alimentos o sustancias en general, siendo la lengua el órgano principal del gusto. Los receptores de este sentido, llamados papilas gustativas, se hallan situados en las mucosas de la lengua, de la faringe y hasta en el paladar, amígdalas, epiglotis y esófago proximal (Lewis, 1993).

Las papilas de la punta de la lengua perciben el dulzor de los alimentos, mientras que los gustos salado y ácido se detectan en los costados de dicho órgano, las papilas caliciformes, en la parte posterior de la lengua, percibe el amargor de las sustancias. El gusto de un alimento es detectado por las papilas, y el mensaje nervioso de esta llega al cerebro, donde es interpretado (Anzaldúa, 1994).

### 2.6.4. CUALIDADES ORGANOLÉPTICAS DE LA CARNE

Son aquellas que son percibidas por el consumidor en el momento del consumo de carne, la textura o consistencia que se caracteriza por las impresiones de ternura y jugosidad (Lyon y Lyon, 1990).

#### 2.6.4.1. Textura

Textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectado por los sentidos de tacto, la vista y el oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación (Anzaldúa, 1994).

Las características texturales se clasifican en tres categorías: atributos mecánicos, geométricos y de composición, estos atributos son la manifestación o resultado de una combinación de propiedades físicas y químicas, que incluyen la forma, tamaño, número, naturaleza y disposición de los elementos estructurales constituyentes (Lewis, 1993).

*Tabla 8 Clasificación de las características texturales:*

<b>CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE COMPOSICIÓN</b>
Atributos de alimento como respuesta a la acción de una fuerza que lo deforma.	Forma y distribución espacial de las estructuras tangibles de los alimentos.	Atributos generados por la mayor o menor cuantía de un contribuyente, lo que hace revelar su existencia en el alimento.
Dureza	Pulverulenta	Humedad
Cohesividad	Granulosa	Untuosidad
Adhesividad	Arenosa	Aceitosidad
Elasticidad	Gruesa	Sebosidad
Viscosidad	Aterronada	Resequedad
Fracturabilidad	Como La Tiza	Harinosidad
Mascabilidad	Espumosa	Suculencia
Gomosidad	Escamosa	Terrosidad
Pegosteosidad	Fibrosa	

Fuente: (Fuke y Ueda, 1996).

La textura hace referencia a la estructura del músculo, concretamente al tamaño de los haces musculares que dependen del número de fibras y cuanto más número de fibras más grandes serán los haces musculares. También dependen del tamaño de las fibras y del tejido conectivo que envuelve a estos haces. En este sentido se clasifica la carne en cuanto a la textura:

**Especies.-** Las aves y los cuyes tienen la textura más fina seguidas del cerdo y el ovino, mientras que las de vacuno son las carnes más vastas.

**Raza.-** Las razas más grandes, con más peso, tienen texturas más vastas.

**Sexo.-** Los machos tienen textura más vasta.

**Edad.-** Los animales más viejos tendrán texturas más vastas.

**Pieza.-** Las extremidades tienen más tejido conectivo por lo que es una textura más vasta (Murphy y Marks, 2000).

La resistencia al corte de la carne cocinada parece que se comporta como un sistema de tres componentes: orientación, superposición Actina – Miosina y contenido de agua, (Currie y Wolfet, 1980). El colágeno se contrae a temperatura de 60 – 70°C, tirando pasivamente de todas las miofibras, ofreciendo un aspecto ondulado durante el cocinado. A una temperatura mayor de 80°C, el colágeno está solubilizado o se convierte en gelatina, produciendo un progresivo ablandamiento de la carne, dependiendo del grado y duración del calentamiento por encima de 80°C (Voyle, 2000).

#### 2.6.4.1.1 La terneza

La impresión de terneza depende de la textura del tejido muscular (tamaño de la fibra), de la distribución y del tipo de tejido conjuntivo que está incluido y de otra parte con la facilidad inicial con que la carne se corta en trozos y la importancia de los restos de la masticación, (Guerrero, 1995).

Debido a que la primera sensación de la terneza de la carne que un consumidor percibe es al momento de morder y cortar las fibras musculares, es lógico que una metodología de evaluación objetiva de la terneza debe estar relacionada con la determinación de la fuerza necesaria para cortarlas (Lyon, 1998).

Esto implica la resistencia de la carne a la presión dental, la dificultad de cortar la carne, el grado de adhesión (depende de la cantidad de reticulina y de elastina). La dureza depende de la cantidad y de la calidad del tejido conectivo, también del grado interacciones entre las proteínas y del grado de desorganización de las miofibrillas, como también de la cantidad de grasa intermuscular e intramuscular que enmascara a la hora de masticar la cantidad de tejido conectivo (Young, Northcutt y Lyon, 1996).

La terneza es el criterio organoléptico más importante de los consumidores, esta se puede definir como la facilidad de morder y masticar la carne. En la carne la terneza varía ampliamente y por dos causas principales (Huerta, 2002).

**a) Tejido Conectivo.** La cantidad de colágeno es el primer factor de variación en terneza y se ha observado una estrecha relación entre el contenido de colágeno y la dureza de los músculos. Los músculos de la res con menos colágeno son más tiernos y en el método de cocción de menor a mayor contenido de colágeno la carne es diferente: asado, estofado, puchero. Un mayor contenido de tejido conectivo necesita un largo tiempo de cocción para tiernizar la carne.

**b) Miofibrillas.** El músculo del animal recién muerto es tierno, después entra en una fase de rigidez o “rigor”, caracterizada por disminución de la elasticidad y aumento de la dureza. Al mismo tiempo el músculo entra en la fase de maduración por acción enzimática y este proceso tierniza la carne más o menos rápidamente

dependiendo del animal, músculo y la temperatura. El máximo de ternura se alcanza en 10-15 días a 0°C, pero se pueden encontrar grandes variaciones.

La preparación culinaria produce generalmente un aumento de la ternura de los músculos de las aves, pero el método afecta a la blandura. Paradójicamente, el cocinado induce encogimiento de las fibras, medido por el acortamiento de los sarcomeros y aumenta la ternura de carne (Williams y Chung, 1998).

#### **2.6.4.1.2. La jugosidad**

Es la impresión resultante de la masticación que es función de una parte del jugo liberado por la carne y de otra por la secreción salivar estimulada esencialmente por la grasa (Guerrero, 1995).

Propiedad de composición de la textura, que indica facilidad de extracción y detección del líquido intersticial de un alimento al masticarlo. No siempre se relaciona con el contenido de humedad también se mide con suculómetros y es un índice de calidad (Alcázar, 2002).

Es la sensación al masticar que depende en primera instancia del contenido acuoso pero principalmente dependerá del contenido en grasa intermuscular e intramuscular que va a dar una sensación más duradera que se debe a la mezcla de la grasa con la saliva. Dependerá por tanto de la capacidad de retención de agua y de la grasa de la carne (Lyon, 1998).

La jugosidad representa durante el consumo, la percepción de más o menos sequedad de la carne. Dos son los principales factores, el agua y los lípidos contenidos en el músculo. También la retención de agua

en la carne cocida depende del pH y de las condiciones de cocción (Craig, Fletcher y Papinaho, 1999).

**a) Ph de la carne.** Como se vio después de la muerte disminuye el pH. La intensidad de este fenómeno y el valor del pH final, puede variar según el contenido de glucógeno muscular y un factor importante que influencia el pH final son las condiciones de manejo antes de la muerte. Los animales estresados consumen sus reservas de glucógeno y después el pH no baja o se mantiene alto y en este caso el músculo mantiene una alta capacidad de retención de agua y baja capacidad de conservación. También con Ph alto la carne es oscura y también el "flavor" puede estar afectado.

**b) condiciones de cocción.** La temperatura de cocción influye en las mermas o pérdidas de cocción y en consecuencia sobre la jugosidad. Una cocción mínima (exterior cocido y centro crudo) limita las pérdidas de agua a un 15% y una cocción más intensa puede aumentar las pérdidas de cocción al 25-30% del peso original.

**c) contenido de lípidos.** Las carnes con alto nivel de grasa es más jugosa y se dice que la grasa mejora la ternera, pero la grasa depende de la cocción. En carne poco cocida la grasa no es importante para la ternera pero sí cuando se cocina más y cuando el contenido de grasa es mínimo la carne es seca y dura.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.

El trabajo de investigación se realizó en la ciudad de Arequipa en las instalaciones de la Empresa Inversiones Perú Pacifico S.A. y en la Universidad Católica de Santa María, ubicada a 2398 m.s.n.m., latitud 16° 23' 56"S, longitud 71° 32 ' 06"O, entre los meses de Mayo del 2009 a Julio del 2009.

#### 3.2 MATERIALES.

##### 3.2.1 MATERIA PRIMA.

La materia prima que se empleó fueron cuatro carcasas de cuy (*Cavia porcellus*), con una edad comercial de ocho a diez semanas con un peso de 800 a 900 g. de la Raza Perú, el acopio se realizó al azar de los criaderos de cuyes de Majes - Arequipa.

##### 3.2.2 MATERIALES Y EQUIPOS

###### 3.2.2.1 MATERIALES

- Termo para nitrógeno líquido.
- Hornillas eléctricas.
- Papel filtro.
- Matraz herlenmeyer
- Pinzas.
- Pipetas.
- Vasos precipitados.
- Perlas de vidrio.

### 3.2.2.2 EQUIPOS

- Congelador por placas Jackstone Food Systems, Serial F8834 capacidad de 800kg de placas.
- Túnel de congelación Jackstone Food Systems, Serial F8834 capacidad de 4 toneladas.
- Equipo Keldahl.
- Múltiple con elementos de calentamiento y sistema de absorción de gases (digestor).
- Equipo de extracción Soxhlet.
- Centrifuga Fomaco, serial 4712 de capacidad de precisión de 6 unidades.
- PHmetro marca Hanna, Serial A93002437.
- Licuadora.
- Balanza analítica Weighing, Serial LS de capacidad de 3 decimales.

### 3.2.2.3 REACTIVOS

- Nitrógeno Líquido.
- Ácido sulfurico ( $H_2SO_4$ ).
- Hidroxido de sodio (NaOH).
- Ácido bórico ( $H_3BO_3$ ).
- Sulfato de cobre ( $CuSO_4$ ).
- Ácido perclórico ( $HClO_4$ ).
- Ácido clorhídrico (HCl).
- Indicador de tashiro.
- Eter etílico
- Cloruro de sodio(NaCl).

## 3.3 MÉTODOS DE CONGELACIÓN.

### 3.3.1 Congelación criogénica

- Se peso 80 g. de pierna de cuy.
- Enseguida se introdujo al refrigerante nitrógeno ( $N_2$ , temperatura de fusión de  $-196^\circ C$ ), la temperatura inicial de la muestra fue entre 5 a  $6^\circ C$ .

### 3.3.2 Congelación por placas

- Se pesó 700g. de carcasa de cuy, era entero (sin cabeza, sin extremidades), las muestras tenían un grosor promedio de 2.2, 2.0, 1.1, cm. en las piernas, brazos y centro geométrico respectivamente.
- Se cubrió la carcasa de cuy con la bolsa de polietileno y se introdujo al congelador por placas a una temperatura de  $-30^\circ C$ .

### 3.3.3 Congelación por túnel

- Se pesó 702g. de carcasa de cuy, era entero (sin cabeza, sin extremidades), las muestras tenían un grosor de 2.2 cm. de pierna, en brazos 2.0 cm. y en centro geométrico 1.1 cm.
- Se cubrió la carcasa de cuy con la bolsa de polietileno y se introdujo al congelador por túnel a una temperatura de  $-25^\circ C$  y a una velocidad de aire de 3m/s.

## 3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS.

### 3.4.1 Determinación de proteínas

- Se pesó 1 g. de muestra de carne de cuy de la Raza Perú e introducimos en el balón de Kjeldahl.
- Se añadió 0.5g. de Sulfato de Cobre.
- Se adicionó 5 ml. de Acido Sulfúrico concentrado por la pared del balón con sumo cuidado también se adiciona 1 ml. de Acido Perclórico, así mismo colocamos Perlas de Vidrio.

- Enseguida se sometió a calentamiento el balón de Kjeldahl en la hornilla eléctrica para su ataque químico durante una hora y media aproximadamente. Dicho ataque da una solución de color celeste oscuro etapa al cual se le denomina digestión, el balón de Kjeldahl se debe rotar en la posición periódicamente con la finalidad de que la combustión de la materia orgánica en la muestra sea homogénea.
- Se dejó enfriar la solución que contiene el balón de Kjeldahl.
- Enseguida se pesó aparte, 30g. de Hidroxido de Sodio con 30 ml. de agua destilada y adicionamos al balón Kjeldahl.
- Antes de iniciar el proceso de destilación, en un vaso Erlenmeyer añadimos 50 ml. de agua destilada con 1 g. de Acido Bórico y 3 a 4 gotas de indicador Tashiro. Colocamos el vaso Erlenmeyer en el terminal del equipo de destilación de modo que el terminal quede inmerso en la solución Bórica.
- Se inició la etapa de destilación y el cambio de color rojo a verde claro, hasta obtener un volumen aproximado de 150 ml. de destilado en el vaso Erlenmeyer.
- Finalmente se tituló la solución destilada de color verde claro con Acido Clorhídrico de 0.1N, lo que se logra virando de verde claro a rosado claro (Laboratorio de control de calidad, 2009).

#### 3.4.2 Determinación de grasa

- Se pesó 1 g. de muestra de carne picada objeto de estudio, y se pasa a un papel filtro, doblando con cuidado en forma de un paquete de tal forma que la muestra quede segura. Enseguida se colocó el paquete en la cámara de extracción.
- Se pesó el vaso precipitado vacío en el cual posteriormente se depositará la grasa. Fijamos el balón a la parte inferior de Soxhlet en forma segura, con la finalidad de evitar la fuga del Éter Etílico. Luego por la parte superior del Equipo de Soxhlet se vierte el Éter Etílico hasta que por diferencia de presión baje a través del cuello

del Soxhlet al balón. Luego añadimos 100 ml. de Éter Etilico hasta cubrir la

- muestra. Además se aseguro bien el Soxhlet a la parte inferior del refrigerante (Laboratorio de control de calidad, 2009).

### 3.4.3 Determinación de la capacidad de retención de agua

- Se pesó 5 g. de muestra (carne molida de cuy) en un tubo de centrífuga.
- A cada tubo se añadió 8 ml. de solución 0.6M de Cloruro de Sodio (NaCl) y se agitó con una varilla de vidrio durante un minuto.
- Pipeteamos 8.0 ml. de Cloruro de Sodio (NaCl) 0.6 M.
- Se colocó los tubos en una cámara de refrigeración a 5 °C durante 30 minutos y se centrifugó los tubos durante 15 minutos a 10000 RPM (Laboratorio de control de calidad, 2009).

### 3.4.4 Determinación de pH

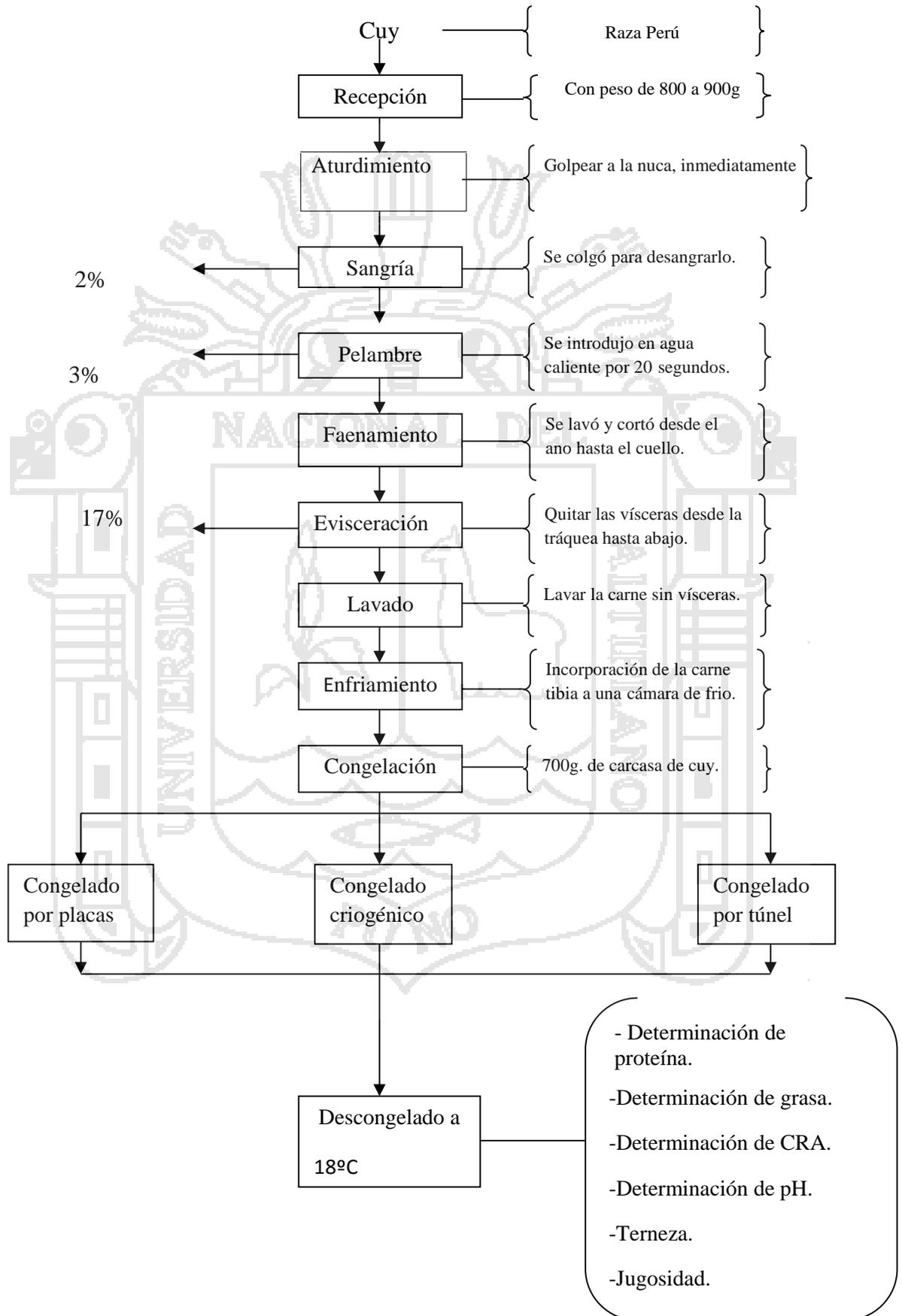
- Se pesó 10 g. de muestra (carne de cuy).
- Licuamos la muestra con 100 ml. de agua destilada.
- Se vierte lo licuado en un vaso precipitado y llevamos a medir con el Phmetro (Laboratorio de control de calidad, 2009).

### 3.4.5 Evaluación de terneza y jugosidad de la carne de cuy (*Cavia porcellus*).

Para la evaluación de la terneza y jugosidad de la carne de cuy (*Cavia porcellus*), sometida a tres métodos de congelación, se empleó la prueba de ordenamiento de muestras, donde participaron 10 panelistas semientrenados los que recibieron una cartilla de instrucciones (Anexo 1 y 2) para la evaluación sensorial respectiva.

3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.

Fig.5 Diagrama de flujo de la descongelación de la carne de Cuy (*cavia porcellus*).



### 3.5.1 Descripción de la metodología experimental.

- a. **Recepción.** La materia prima se obtuvo de criaderos de Majes – Arequipa, considerando a cuyes con peso vivo de 800 a 900 g.
- b. **Aturdimiento.** Consiste en golpear al animal en la base de la cabeza (nuca), y proceder inmediatamente a cortar la yugular (por el cuello).
- c. **Sangría.** Se colgó al animal para desangrarlo y obtener una carne blanca de excelente presentación.
- d. **Pelambre.** Se introdujo el cuy en agua caliente a una temperatura de 80° C - 90° C, por un tiempo de 20 segundos para retirar el pelo fácilmente.
- e. **Faenamamiento.** Una vez pelado, se lavó y se cortó el cuy desde el ano hasta el cuello, evitando cortar los intestinos o reventar la vesícula, a fin de que la carne no se contamine y obtenga mal olor y sabor.
- f. **Evisceración.-** Una vez abierto se procedió a quitar las vísceras desde la tráquea hacia abajo.
- g. **Lavado.-** Se procedió a lavar la canal (carne sin vísceras).
- h. **Enfriamiento.-** Incorporación del animal tibio a una cámara de frío. En esta etapa ocurren dos cambios físicos-químicos de gran importancia; “*Rigor Mortis*”, el cual consiste en la pérdida de la elasticidad de la carne en un tiempo aproximado de dos a ocho horas después de la muerte, “*Maduración*”; al término del rigor mortis las carnes se ablandan, mejoran en su suavidad, olor y sabor, por reacciones bioquímicas, enzimáticas, que son principalmente hidrólisis proteolíticas.
- i. **Congelación.** se introdujo la carcasa de cuy (*cavia porcellus*) en los congeladores: por placas 2h.3min, por túnel 3h.11min y congelación criogénica 5 segundos
- j. **Descongelación.** Se procedió a descongelar bajo corriente de agua a una temperatura de 18°C.

### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL.

#### 3.6.1 MODELO ESTADÍSTICO PARA PROTEÍNA Y GRASA.

Para comparar los resultados de proteínas y grasa de cada método de congelación y descongelación se aplicó el diseño completamente al azar con tres repeticiones (cuadro 1), efectuando su respectivo análisis de varianza (ANVA) (vasques, 1990).

*Cuadro 1. Estructura del modelo experimental de la determinación de Proteína y grasa.*

Métodos de congelación	Método de descongelación (18°C)	Repeticiones
Congelación por placas	Bajo corriente de agua	3
Congelación por túnel	Bajo corriente de agua	3
Congelación criogénico	Bajo corriente de agua	3

Fuente: Elaboración propia.

Cuyo modelo estadístico lineal es:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$ -ésimo y está en el bloque  $j$ -ésimo (variables de respuesta).

$\mu$  = Es verdadero efecto medio probable.

$\tau_i$  = El verdadero efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (1,2,3), definido como la diferencia entre la media del  $i$ -ésimo tratamiento y

la media global; esto es:  $\tau_i = \mu_i - \mu$ .

$\varepsilon_{ij}$  = El verdadero efecto de la unidad experimental en el  $j$ -ésima bloque que está sujeto  $i$ -ésimo tratamiento (error experimental).

### 3.6.2 MODELO ESTADÍSTICO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL.

#### 3.6.2.1 Terneza y Jugosidad.

Para comparar los resultados de terneza y jugosidad de cada método de congelación y descongelación (cuadro 2), el análisis estadístico fue un diseño completamente al azar con diez jueces para la terneza y jugosidad efectuando su respectivo análisis de varianza (ANVA). A un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  y  $\beta = 0.01$  (vasques, 1990).

*Cuadro 2. Estructura del modelo experimental de la determinación de terneza y jugosidad.*

Métodos de congelación	Método de descongelación (18°C)	Repeticiones
Congelación por placas	Bajo corriente de agua	10
Congelación por túnel	Bajo corriente de agua	10
Congelación criogénico	Bajo corriente de agua	10

Fuente: Elaboración propia.

Cuyo modelo estadístico lineal es:

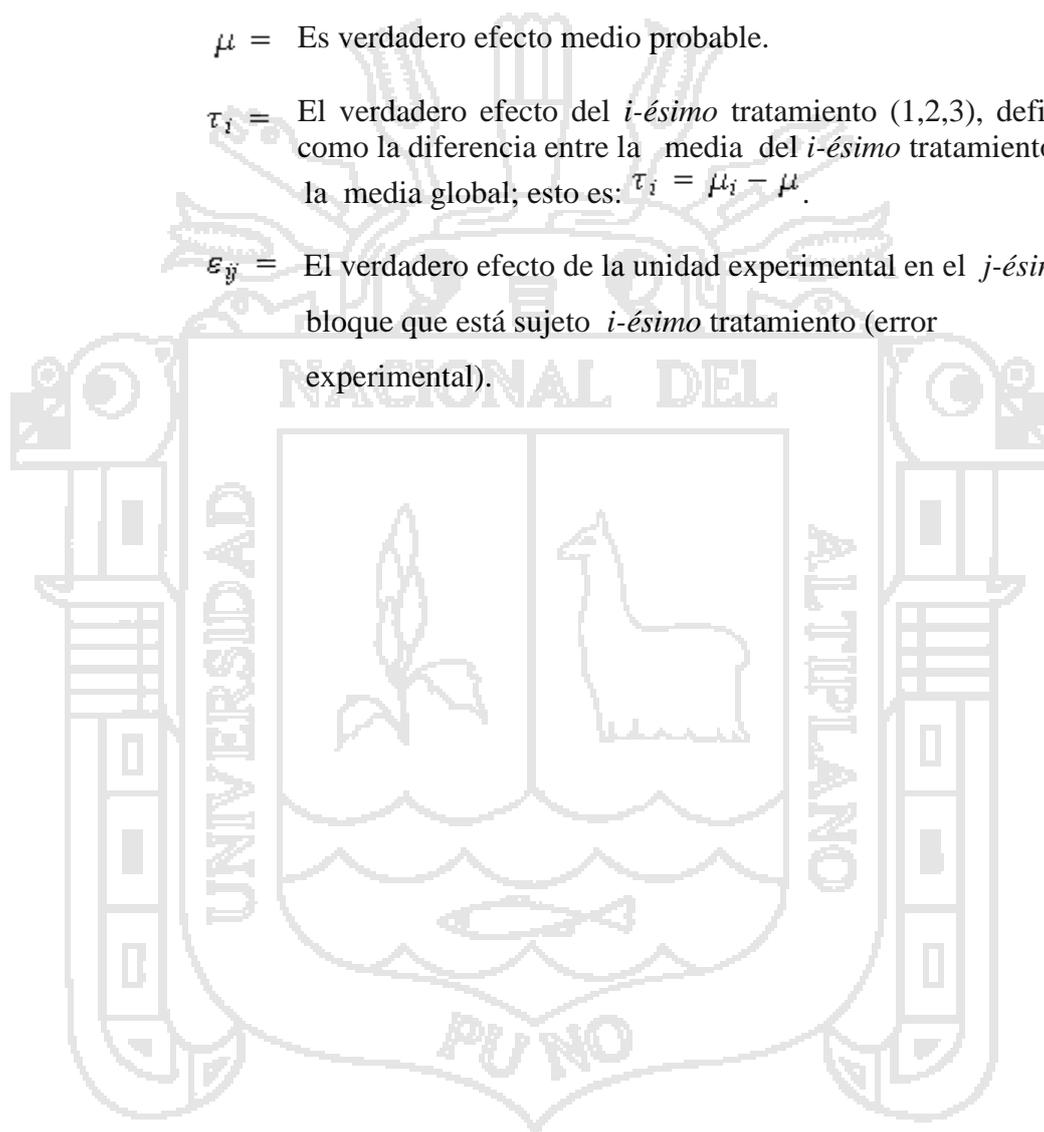
$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

$Y_{ij}$  = Unidad experimental que recibe el tratamiento  $i$ -ésimo y está en el bloque  $j$ -ésimo (variables de respuesta).

$\mu$  = Es verdadero efecto medio probable.

$\tau_i$  = El verdadero efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (1,2,3), definido como la diferencia entre la media del  $i$ -ésimo tratamiento y la media global; esto es:  $\tau_i = \mu_i - \mu$ .

$\varepsilon_{ij}$  = El verdadero efecto de la unidad experimental en el  $j$ -ésimo bloque que está sujeto  $i$ -ésimo tratamiento (error experimental).



## CAPÍTULO IV

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

## 4.1 VALORES EVALUADOS EN CARNE DE CUY.

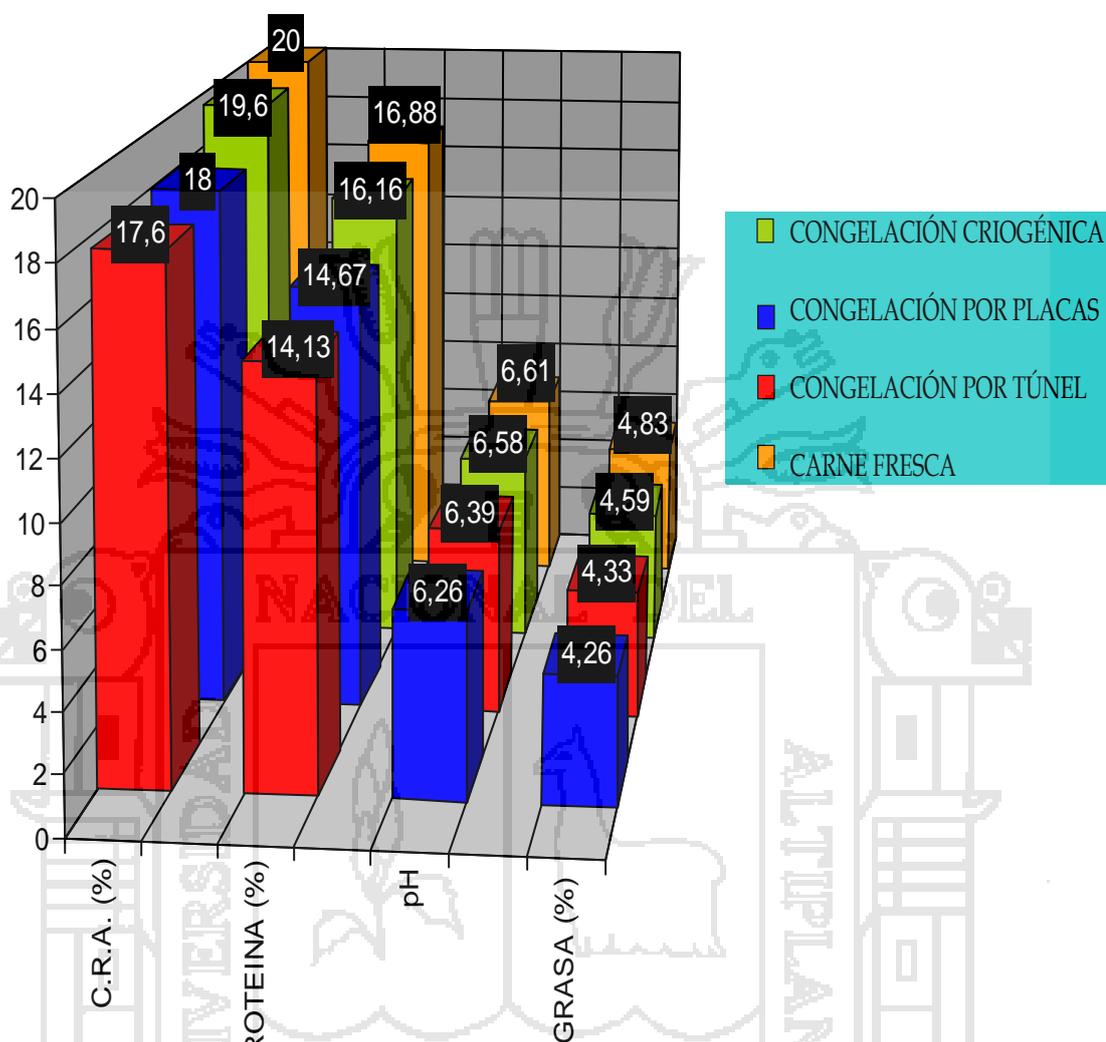
En el cuadro 3 se muestra el contenido de proteína, grasa, CRA, pH, terneza y jugosidad, observando que existieron variación en los valores de cada método de congelación.

*Cuadro 3. Valores evaluados en carne de cuy sometidos a diferentes métodos de congelación.*

<b>Producto y Método</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Grasa (%)</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>pH (%)</b>	<b>Terneza (escala de 1 a 4)</b>	<b>Jugosidad (escala de 1 a 4)</b>
<b>Carne fresca</b>	16.88	4.83	20	6.61	1.70	2.70
<b>Congelación criogénica</b>	16.16	4.59	19.6	6.58	3.60	1.90
<b>Congelación por placas</b>	14.67	4.26	18	6.26	2.60	3.30
<b>Congelación por túnel</b>	14.13	4.33	17.6	6.39	2.10	2.10

Fuente: laboratorio de control de calidad (2009).

Gráfico 1. Escala de proteína, grasa, capacidad de retención de agua y pH.



#### 4.2 PROTEÍNA.

Como se observa en el cuadro 4, de ANVA indica que existe diferencias altamente significativas, por efecto de los tratamientos (criogénica, placas y túnel). Según López y tejerina (2005) menciona que sometidas al congelamiento tradicional el muslo de pollo, su coeficiente de variación se obtuvo 0.92%, siendo que el experimento y el diseño fue apropiado logrando altamente significativo.

*Cuadro 4. Análisis de varianza para la proteína de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M	F.c	Ftab.		significancia
					0.05	0.01	
Tratamientos	2	6.645	3.322	0.34	5.14	10.92	**
Error	6	0.050	0.008				
total	8	6.695	3.331				

C.V. = 0.61 %

*Cuadro 5. Tukey para la proteína de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Tratamientos	Medias de los tratamientos (%)	Diferencia estadística significativa
Congelación criogénica	16.16	a
Congelación por placas	14.67	b
Congelación por túnel	14.13	c

Fuente: Laboratorio de control de calidad (2009).

Se verifica en el cuadro 5, que en el tratamiento por congelación criogénica muestra mayor estabilidad de las proteínas con 16.16%, seguido por la congelación por placas y túnel 14.67% y 14.13% respectivamente, estas observaciones están de acuerdo con López y Tejerina (2005), en estudios del contenido proteico de la pechuga y muslo de pollo a congelación tradicional con un descenso de proteínas a 20.75% de pechuga y un 18.35% de muslo, en relación al contenido proteico inicial 24.27% de pechuga y 20.73% de muslo. Estos cambios que obtienen las proteínas ocurren cuando los cristales de hielo son de gran tamaño, originando roturas de las células y como consecuencia de las pérdidas por exudado que tiene lugar durante la descongelación, ya que va

formándose gotitas de líquido muy pequeñas que no son incorporadas rápidamente por el tejido, al ir disminuyendo la velocidad de congelación aumenta la formación de hielo extracelular, en esta etapa las diferentes presiones osmóticas que producen desplazamientos de agua entre el espacio intra y extracelular, dan comienzo a congelarse el agua extracelular y elevándose en esta la concentración de iones de sal, lo que origina la difusión del agua intracelular dando como consecuencia a la exudación y el encogimiento de la fibra muscular. Por otra parte Abugoch y Quitral (2006) analizaron el contenido proteico de la carne fresca de reineta fue 25.4%, sometieron a congelación tradicional fue 23.5%. Los cambios que se producen en las proteínas a estas temperaturas, se deben principalmente a la desnaturalización de las mismas, especialmente de las proteínas miofibrilares, estas proteínas constituyen alrededor del 65-80% del total de proteínas y están conformadas por la miosina, actina, actiomiosina y la troponina (Suzuki, 1997). Al formar los cristales de hielo, se produce una deshidratación parcial de las proteínas, se rompe el sistema de puentes de hidrógeno, se exponen nuevas regiones de la molécula y algunos grupos hidrofóbicos permanecen expuestos en la superficie de la molécula, lo que facilita las interacciones proteína-proteína (Dondero, 1990). También es importante considerar el estudio de exudado en carnes (Jonson y *col.*, 2001) que puede tener gran relevancia en el carácter nutricional, funcional y económico de la especie debido a que si logramos disminuir el exudado, se minimizan las posibilidades de pérdidas de proteínas soluble en el líquido expulsado, lo cual ayuda a mantener su carácter nutricional y propiedades funcionales.

#### 4.3 GRASA.

Como se observa en el cuadro 6, de ANVA indica que existe diferencia significativa, por efecto de los tratamientos (criogénica, placas y túnel). Según López y Tejerina (2005) afirma que sometidas al congelamiento tradicional el muslo de pollo, su coeficiente de variación es 2.8% siendo que el experimento ha sido conducido eficientemente obteniendo diferencia significativa.

*Cuadro 6. Análisis de varianza para la grasa de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M	F.c	Ftab.		significancia
					0.05	0.01	
Tratamientos	2	0.181	0.090	7.334	5.14	10.92	*
Error	6	0.074	0.012				
total	8	0.255	0.103				

C.V. = 2.53 %

*Cuadro 7. Tukey para la grasa de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Tratamientos	Medias de los tratamientos (%)	Diferencia estadística significativa
Congelación criogénica	4.59	a
Congelación por túnel	4.33	a b
Congelación por placas	4.26	b

Fuente: Laboratorio de control de calidad (2009).

En el cuadro 7, se observa que la prueba de comparaciones de Tukey indica que el tratamiento por congelación criogénica y por túnel es el de mayor aceptabilidad, con 4.59 y 4.33% en cuanto al contenido de grasa de la carne en estudio. Al respecto López y Tejerina (2005) sometieron la pechuga y muslo de pollo a congelación tradicional obteniendo como resultado 0.95% de pechuga y un 2.13% de muslo respectivamente, en relación al contenido de grasa inicial 0.98 de pechuga y un 2.47% de muslo, significa que estos resultados no se ven afectadas por la aplicación del frío. Al respecto Sams (1999), el aumento en firmeza durante el proceso del congelado y descongelado de la carne, proviene

de la solidificación de la grasa intermuscular e intramuscular que enmascara a la hora de masticar la cantidad del tejido conectivo que se encuentra dentro y alrededor de los músculos. De aquí se deduce (según Aberle *et al.*, 2001) que la grasa intramuscular o marmoleo contribuye a la firmeza de la carne, durante el congelamiento la grasa se solidifica y favorece que los cortes de venta al detal, como filetes y chuletas, retengan un grosor uniforme y una forma característica durante el almacenamiento y presentación al consumidor (Jonson y *col.*, 2001) que el marmoleo también es un atributo de calidad ya que afecta la atractividad de los cortes y las características organolépticas al aportar jugosidad y lubricación. Por otra parte (Falla, 2000) dice después de haber sido descongelado la carne la grasa mejora la terneza, pero la grasa depende de la cocción, en carne poco cocida la grasa no es importante para la terneza sí pero cuando se cocina mas y cuando el contenido de grasa es mínimo la carne es seca y dura.

#### 4.4 CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).

*Cuadro 8. Capacidad de retención de agua de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Método	C R A (%)
Carne fresca	20
Carne sometida a congelación por placas	18
Carne sometida a congelación por túnel	17.6
Carne sometida a congelación criogénica	19.6

Fuente: Laboratorio de control de calidad (2009).

En el cuadro 8, se muestra las carnes sometidas a los métodos de congelación por placas, túnel y criogénica. Según López y Tejerina (2005), encontraron 19.53% de carne fresca de pechuga, y un 13.86% de carne fresca del muslo, sometida a congelación tradicional se obtuvieron 13.54 de pechuga y un 12.57% de muslo; las carnes que han sido sometidas a congelación han visto su

CRA reducida, aproximadamente en un 30%, esta reducción se puede deber a la acción que la formación de hielo supone sobre la rotura del tejido muscular, Jalang, *et al.*, (1997) un método de congelación aplicado y descongelación rápida reduce el goteo al mínimo. Al respecto Hulot y Ouhayou (1999) dicen que la CRA de la carne fresca de conejo es de 18.99%, sometida a congelación tradicional dan resultados de 17.98% fue netamente inferior al encontrado en la mayoría de los casos en conejo de carne (30.70 a 35.57; Hernández *et al.* 2004; Ramirez *et al.* 2004; Ariño *et al.* 2006; Hernández *et al.* 2006). Solamente en un estudio la CRA descrito en carne de conejo fue inferior (13.57 – 13.77%; María *et al.* 2006) al que encontramos a al conejo de monte. A lo dicho Lebas (1996), la acción de formación de hielo en la rotura del tejido muscular y en el descenso de la CRA es bien conocida la formación y modificación de cristales de hielo que conducen a una redistribución del agua de los tejidos como exudado. Heldman (2000), explica la pérdida de CRA del tejido por la acumulación de solutos y su relación con las membranas, además de la distorsión del tejido resultado de la formación de grandes cristales extracelulares. Las pérdidas de peso que sufren los músculos durante la descongelación son menores al estar los músculos unidos al esqueleto; esto tiende a reducir la exudación al mínimo. Según Medina (2000) las mermas por descongelación puede considerarse aceptables en cualquier proceso de congelación – descongelación de carnes, especialmente si se lleva en consideración la adsorción de agua por parte de la fibra muscular que naturalmente ocurre durante el enfriamiento en el chiller y a la no utilización capaces de fijar esta agua adsorbida. Algunos autores (Planck, 1990; Jasper y Placzek, 1990) indican que, dependiendo del sistema de congelación y las condiciones de descongelación empleados, las pérdidas por exudado pueden situarse entre 0.3 y 1.5%. La CRA se supone que es causada en primer lugar por una inmovilización de agua de los tejidos en el sistema miofibrilar (Metzger *et al.*, 2003), más específicamente el agua es mantenida o atrapada en el músculo o producto muscular por una acción capilar que es generada por pequeños poros o aproximadamente el 70% del volumen total de la masa molecular, esto significa que una notable parte del agua inmovilizada debe

estar localizada en los filamentos gruesos y finos de las miofibrillas (Lambertini *et al.*, 1996). El agua más fácil de extraer es el agua extracelular y de hecho es la que origina el llamado “drip loss” o “pérdida por goteo”. Si se aplica una fuerza sobre el sistema, parte del agua inmovilizada, se libera como agua perdida; mediciones de esta agua liberada son usadas como indicador de las propiedades de ligar el agua de las proteínas (Dal Bosco *et al.*, 1997).

#### 4.5 pH.

*Cuadro 9. pH de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Método	pH
Carne fresca	6.61
Carne sometida a congelación por placas	6.26
Carne sometida a congelación por túnel	6.39
Carne sometida a congelación criogénica	6.58

Fuente: Laboratorio de control de calidad (2009).

En el cuadro 9, se observa los pHs de las carnes sometidas a diferentes tratamientos. Se muestra los resultados Según López y Tejerina, (2005) encontraron 5.85 de carne fresca de pechuga y 6.07 de carne fresca de muslo, sometida a congelación tradicional obtuvieron 5.83 de pechuga y 5.83 de muslo; el pH muestra un valor medio inferior en las carnes sometidas a congelación. Dal Bosco *et al.* (1997) en estudio de pH de la carne congelada de conejo fue 6.20 en relación al pH inicial de la carne fresca que fue 6.60, es difícil separar el efecto del peso del de la edad, sin embargo las correlaciones entre el peso y el pH encontradas según la tendencia observada en razas cárnicas, en las que se han visto que el pH disminuye con la edad y, para la misma edad, con el incremento de peso. El pH de la carne de conejo de monte sometida a congelación tradicional fue 6.00 de muslo Longissimus dorsi (LD) y el muslo Biceps Femoris (BF) fue de 6.03, si el pH es mayor que 6 indica

carnes fatigadas, de conejos exhaustos antes de su muerte en el lance cinegético, que han gastado el glucógeno durante la carrera (Hulot y Ouhayoun, 1999), formándose menos ácido láctico que en las razas domesticas. Los estudios en los que el pH del muslo LD fueron (6.05 – 6.2 Según Lambertini *et al.* 1996; 6.41 – 6.45 Según metzger *et al.* 2003); se puede explicar además de por la variedad de edades, por que en cada conejo el estrés y la carrera hasta que fue abatido en la cacería fueron muy dispares, pues algunos conejos habrán tenido un lance fatigoso y prolongado y otros breve. Según Reichet (1996) los valores de pH, color perdida por exudado y capacidad de retención de agua, son parámetros indirectos de calidad tecnológica a través de los cuales se pueden caracterizar una carne descongelada. En este sentido, si bien el valor de pH final en carnes descongeladas de aves no tiene tanta importancia al momento de evaluar su calidad como en los casos de las carnes rojas (Grossklaus, 1999), podrían resultar conveniente considerarlo debido a su estrecha relación con la capacidad de retención de agua muscular (Felicio, 1999; Qiao y col., 2001). Reichert (1996) también ha informado sobre la vinculación existente entre el valor del pH final en carnes y el color superficial que ésta presenta. Sin embargo, tratándose de carne de pollo descongelado la influencia de estos parámetros sobre la calidad en los casos extremos de carnes PSE y DFD no está bien establecido como para las carnes bovinas y porcinas (Qiao *et al.*, 2001). Eikelenboom *et al.*, (1996), mencionan que en las carnes blancas, el pH es una importante característica para determinar su calidad comestible. En efecto se ha observado que el pH muscular influye sobre el color, terneza, sabor, la fijación de agua y conservabilidad de la carne; al bajar el pH disminuye la capacidad de retención de agua y la intensidad del color, pero mejora la resistencia a la contaminación microbiana y facilita la penetración de la sal (Hofman, 1998; Concellon, 1991; Coma y Piquer, 1999).

## 4.6 EVALUACIÓN SENSORIAL.

### 4.6.1 TERNEZA DE LA CARNE DE CUY.

En el cuadro 10, se muestra que indica que existe diferencia altamente significativa, entre tratamientos (criogénica, placas y túnel). Según Ramos (2005) menciona que sometidas al congelamiento la pechuga de pollo su coeficiente de variación es 9.50%, ha sido realizado los ensayo en tiempo y espacio para minimizar el error experimental, logrando altamente significativa.

*Cuadro 10. Análisis de varianza para la terneza de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M	F.c	Ftab.		significancia
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	20.2	6.733	8.134	2.86	4.38	**
Error	36	29.8	0.827				
total	39	50	7.561				

C.V. = 9.10 %

*Cuadro 11. Tukey para la terneza de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Tratamientos	Medias de los tratamientos (%)	Diferencia estadística significativa
Congelación criogénica	3.60	a
Congelación por placas	2.60	a b
Congelación por túnel	2.10	b c
Carne Fresca	1.70	b c

Fuente: Laboratorio de control de calidad (2009).

En el cuadro 11, se muestra que el tratamiento por congelación criogénica con 3.60 y placas 2.60 son los de mayor aceptabilidad en cuanto a la terneza, siendo consideradas las más duras las carnes por congelación por túnel y carne fresca, en el mismo sentido Ramos (2005) indica la pechuga de pollo sometidos a congelación por IQF, congelación tradicional y fresca, mediante la prueba de Warner – Bratzler se observa que la pechuga IQF fueron las que requirieron menor fuerza para el corte 0.92 y las de congelación tradicional fue 3.16 de fuerza son mas tiernas que la fresca que fue 3.76 de fuerza; las carnes duras sufrieron la perdida de firmeza el cual sería causa de la desintegración o degradación de la estructura matriz extracelular, de las fibras de colágeno en el tejido conectivo pericelular. Según Gou et al., (1998) en la evaluación sensorial por los consumidores, la carne de cordero que estuvo 1 semana en congelación (congelación tradicional) obtuvo la mejor aceptabilidad en los tres parámetros, siendo significativamente diferente a los demás tratamientos (excepto en la calidad del sabor, donde no se diferenció de la carne congelada durante 3 meses). Esto puede deberse a que los consumidores tienen preferencia por aquello a lo que están habituados a consumir (Sink, 1999) y es importante destacar que la carne fresca de cordero no presentó diferencias significativas respecto a las de mayor tiempo en congelación, lo cual responde a que optimizando las condiciones de congelación y del mantenimiento se puede, incluso, aumentar la aceptabilidad del producto en fresco al mejorar la terneza, derivado de la rotura de estructuras favoreciendo la maduración. De 1 a 6 meses de mantenimiento en congelación no existieron diferencias significativas, aunque tradicionalmente, la terneza se ha considerado como el principal factor de influencia en la aceptabilidad (Andersen et al., 2005). El sabor es el principal atributo de aceptabilidad o rechazo en el cordero (Crouse, 1993), como demuestra el hecho de que la carne de 1 mes en congelación, a pesar de tener mayor calidad de la terneza que otras, obtuvo mejor aceptabilidad general tras ser la de peor calidad del sabor (Rhee y Ziprin, 1996).

#### 4.6.2 JUGOSIDAD DE LA CARNE DE CUY.

Observando el cuadro 12, de ANVA indica que existe diferencia significativa entre tratamientos (criogénica, placas y túnel). Según Ramos (2005) encontró en el congelamiento de la pechuga de pollo su coeficiente de variación 11.10% fue que el diseño ha sido apropiado y se obtuvo diferencia significativa.

*Cuadro 12. Análisis de varianza para la jugosidad de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

Fuente de Variación	G.L	S.C	C.M	F.c	Ftab.		significancia
					0.05	0.01	
Tratamientos	3	12	4	3.789	2.86	4.38	*
Error	36	38	1.055				
total	39	50	5.055				

C.V. = 10.27%

*Cuadro 13. Tukey para la jugosidad de la carne de cuy sometida a diferentes métodos de congelación.*

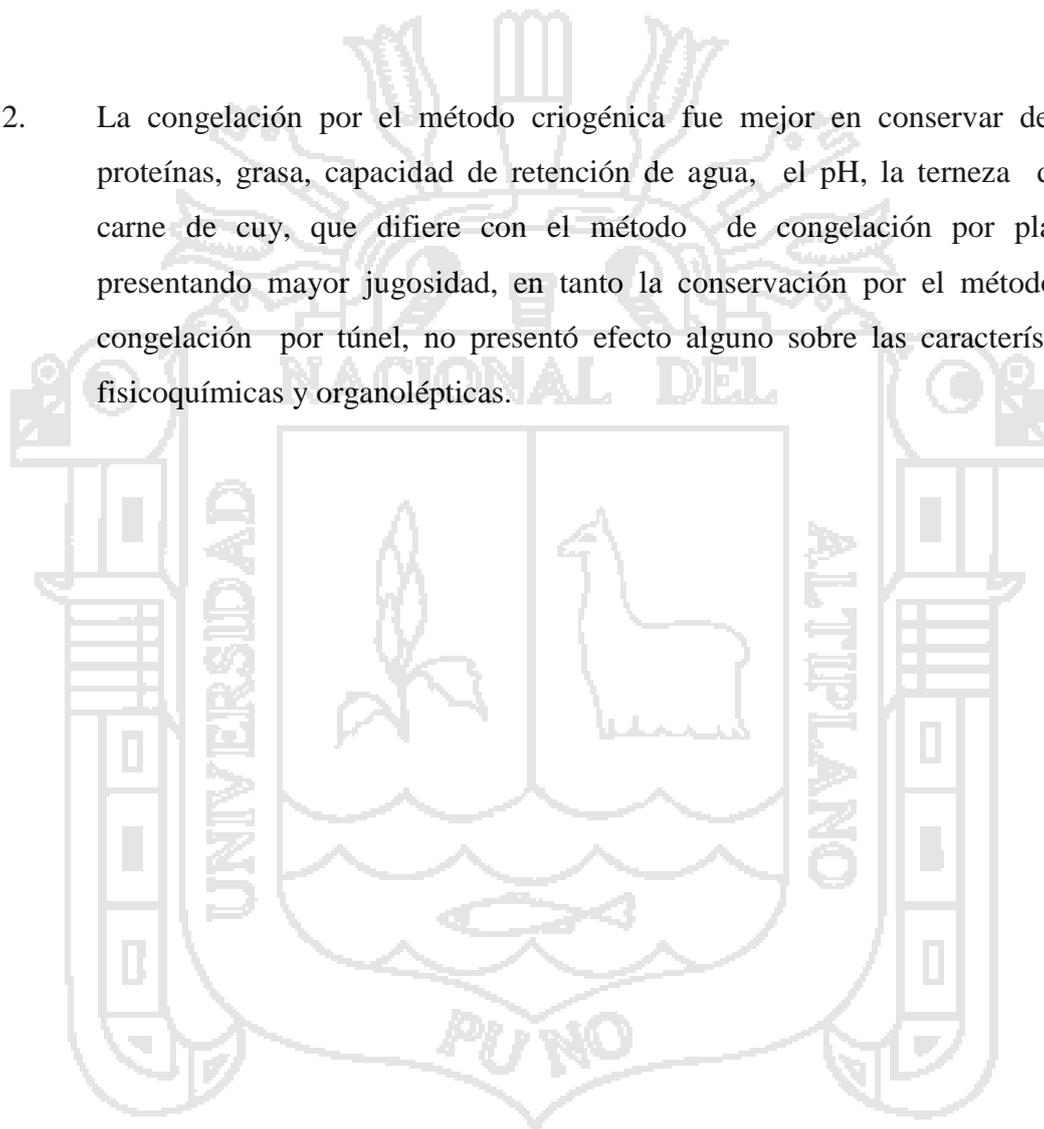
Tratamientos	Medias de los tratamientos (%)	Diferencia estadística significativa
Congelación por placas	3.30	a
Carne fresca	2.70	a b
Congelación por túnel	2.10	b c
Congelación criogénica	1.90	b c

Fuente: Laboratorio de control de calidad (2009).

Se verifica en el cuadro 13, que podemos afirmar que en el tratamiento por congelación por placas fue 3.30 y carne fresca fue 2.70 son los de mayor jugosidad de la carne en estudio. A lo dicho Ramos (2005) señala que la pechuga de pollo sometido a congelación por IQF, congelación tradicional y fresca, no existe mucha diferencia los resultados obtenidos, ya que esta menciona que la pérdida de agua por cocción de la pechuga IQF fue significativamente mayor que la carne de pechuga fresca y congelación tradicional. Al respecto (Meilgaard et al., 1991; Hollander, 1998), la mayor pérdida de agua es probable que la diferencia pueda haber sido eliminada por la masticación y secreción salival de los panelistas durante el análisis sensorial. Según Dondero (1990) luego de haber sido descongelado, la temperatura de cocción influye en las mermas o pérdidas por cocción y en consecuencia en la jugosidad (Medina, 2000) una cocción mínima (exterior cocido y centro crudo) limita las pérdidas de agua a un 15%, una cocción más intensa puede aumentar las pérdidas de cocción al 25 - 30% del peso original. (Andersen *et al.*, 2005) las carnes con alto nivel de grasa es más jugosa. En el mismo sentido Rhee y Ziprin (1996), se ha demostrado en repetidas ocasiones que la firmeza está relacionada con el contenido de varios iones y los cambios por descongelación influyen en la concentración de los mismos. Durante la descongelación los cambios cationicos totales se sitúan dentro de las proteínas de la carne, resultando una mayor hidratación y una mejor jugosidad (Crouse, 1993).

## CONCLUSIONES

1. El contenido de los componentes fisicoquímicas de la carne de cuy se mantuvieron mejor por el método de congelación criogénica.
2. La congelación por el método criogénica fue mejor en conservar de las proteínas, grasa, capacidad de retención de agua, el pH, la ternera de la carne de cuy, que difiere con el método de congelación por placas, presentando mayor jugosidad, en tanto la conservación por el método de congelación por túnel, no presentó efecto alguno sobre las características fisicoquímicas y organolépticas.



## RECOMENDACIONES

- Se recomienda para los tres métodos de congelación; criogénica, placas y túnel observar la estructura celular de la proteína de la carne de Cuy (*Cavia porcellus*).
- En el proceso del descongelado de los tres métodos de congelación (criogénica, placas y túnel), se recomienda determinar la pérdida de vitaminas, color, olor, y oxidación de las grasas.



**BIBLIOGRAFÍA**

1. Aberle E. D., J.C. Forrest, D.E. Gerrard y E.W. Mills., (2001). “*Principles Of Meat Science*”. 4th ed., Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 354.
2. Abugoch L. y Quitral V. (2006). “*Estudio de las modificaciones en Proteínas de Reineta (Brama australis), Sometidas a Congelación y almacenamiento a -18°C y -30°C*”. Universidad de Chile .Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Depto. Ciencias de los Alimentos y tecnología Química. Santiago. Chile.
3. Alcázar C.J. (2001). “*the effect of broiler breast meat color on Ph, moisture, Water*”. Water – holding capacity, and emulsification capacity. Poultry Sci. 80: 676 – 680.
4. Alcázar C.J. (2002). “*Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias*”. 2da Edic. Cusco, Perú.
5. Amarengo W. y Chai L. (2003). “*Descongelación de Carne en Laboratorio*”. Quinta Edición, Butterworth Heinemann.
6. Andersen, H.J., Oksbjerg, N. & Therkildesen, M., (2005). “*Potential quality control tools in the production of fresh pork, beef and lam demanded by the European Society*”. Livestock prod. Sci., 94, 105-124.
7. Anzaldúa M. A. (1994). “*Evaluación Sensorial de los Alimentos en la teoría y práctica*”. Editorial Acriabia, S. A. Zaragoza. España.
8. Ariño B. y Hernandez P. (2006). “*Comparación of Texture and biochemical characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate*”. Meat science. 73:687 – 692.
9. Barbosa G.V. and Canovas P. D. (1997). Congelación de alimentos. pp59-69 en: A.R. Ibarz (Ed.) “*Manual de Laboratorio de Ingeniería de Alimentos*”. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
10. Barbosa G.V. y Canovas P. D. (2000). Congelación de productos alimentarios. “*Manual de Laboratorio de Ingeniería de Alimentos*”. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
11. Baños V. (1997). “*propone ley que declara al cuy (Cavia porcelus) Especie nativa del Perú y patrimonio natural de la nación, promoviendo su producción y consumo*”. Meat Science, 73:645 – 650.

12. Barbut S. (1995). “*Importance of fat emulsification and Protein matrix characteristics in meat batter stability*”. Journal of Muscle Foods 6,161 – 177.
13. Bilgili S. F. (1989). “*Research note Effect of post mortem aging temperatura on sarcomere length and tenderness of broiler pectoralis major*”. Poultry Science 68, 1588 – 1591.
14. Blasco A. (2006). “*Comparisión of Carcass and meat characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate*”. Meat Sicience, 73:645 – 650.
15. Codex Alimentarius, (1990) “*Código Internacional Recomendado de Prácticas Para la Elaboración y Manipulación de alimentos congelados*” CAC/RCP 8 – 1976.
16. Coma, J. y Piquer, J., (1999). “*Calidad en la carne en porcino: Efectos de la nutrición. Avances en nutrición y alimentación animal*”. V curso de especialización FEDNA. España. 22p.
17. Concellon, A., (1991). “*Tratado de porcicultura. La canal y la carne porcina*”. Tomo III primera edición Barcelona España. Editorial. Aedos. 807p.
18. Craig E., Fletcher D. y Papinaho P. (1999). “*The effects of Antemortem Electrical stunning and Postmortem Electrical stimulation on biochemical and Textural Properties of broiler breast meat*”. Poultry sci. 78:490 – 494.
19. Crouse, J.D., (1993). Theeffects of breed, sex, slaughter weight and age on lamb flavor. Food technology, 37,264-267.
20. Currie R.W. y Wolfe F.H. (1980). “*Rigor related changes in mechanical propierties (tensile and adhesive) and Extracelular space in beef Muscle*”. Meat Science. 4,123 – 143.
21. Delgado A. (2006). “*Conocimiento y Habitos de consumo de la carne de Cuy en una población de jóvenes estudiantes Universitarios de Sevilla*”, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola. Universidad de Sevilla. Sevilla.
22. Dondero. M., (1990). “*Bioquímica y tecnología de la aplicación en frio en alimentos*”. Escuela de alimentos. Facultad de Recursos Naturales Universidad Católica de Valparaíso 1, 49-75.
23. Earle R.L (1998). “*Ingeniería de Alimentos*”, Editorial Acribia, Zaragoza – España.

24. Egan H. y Sawyer R. (1991). “*Análisis Químico de Alimentos de Person*”. Cuarta Edición, Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. Mexico.
25. Eikelenboom, G; Hoving, H. Yvan Derwal, P.G., (1996). “*The eating of quality of pork 1. The influence of ultimate pH*”. *Fleischwirtschaft* 76(4): pp 392-393.
26. Fessenden R.J. (1998). “*Química Orgánica*”. University of south Florida.
27. Fennema, O. (2000): “*Química de los Alimentos*”, Editorial Acribia, Zaragoza – España.
28. Felicio, P.E., (1999). “*Qualidade de carne bovina; características físicas y organolépticas*”. En: XXXVI Reuniao Anual da sociedade Brasileira de Zotecnia. Anais. Porto Alegre.
29. Figueroa, Ch. (2005). “*El cuy y sus actividades productivas*”, Centro Ideas-Programa San Marcos, Línea Técnica Pecuaria, Cajamarca - Perú.
30. Fletcher D. L. (1999). “*Broiler breast meat color variation, pH, and texture*”. En: *Poultry Science*, v. 78, 1999:1323-1327.
31. Fremery . (2000). “*Relation ship between chemical properties and tendernes of poultry muscle*”. *Jornal of Agricultural and Food Chemistry* 14, 214 – 217.
32. Fuente C. (1974). “*Departamento de producción Animal*”. UNA. La Molina. Lima. Perú.
33. Fuke S. y Ueda Y. (1996). “*Interactions bet ween umami and other llavor characteristics*”. *Trends in food science and technology*.
34. Guerrero L. (1995). “*Metodos descriptivos de Análisis Sensorial*” Alimentación, equipos y tecnología. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Peru.
35. Gou P., Guerrero, L. y Romero, A., (1998). “*The effect of panel selection and training on the external preferente mapping technique using a low number of Samples*”. *Food Science and technology international*, 4, 85-90.
36. Grossk laus, D., (1999). “*Inspeccion veterianaria de la carne de ave*”. Editorial. Acribia. Zaragoza.
37. Hamm R. (1991). “*Biochemistry of meat hydration*”. In: Chichester, C.O.,Mrak,E.M. and Stewart,G.F.(eds) *Andvances in food Research*, 10. Academic Press, New Yourk, PP. 355 – 463.

38. Hamm R. (1990). *"Influence of sating beef immediatel y after slaughter on the Water – Holding capacity of meat and sausage Mixtures"*. British Food Manufacturing industries Research Association Technical Circular no. 447.
39. Hard H. y Fisher D. (1991). *"Análisis moderna de los Alimentos"*. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España.
40. Heldman D.R. and Singh R.P.(2000) *Food Process Engineering 2da ed.* AVI Publishers, Westport CT.
41. Heldman D. R., and Lund D. B. (1992). *"Handbook of Food Engineering."* MARCEL Dekker, New York.
42. Heldman D. R. (1983). *"Factors influencing food freezing rates"*. Food Technol. 37(4), 103 – 109.
43. Hedrick H. B. Y Cols R. A. (1994). *"Principles of Meat Science"*. 3ª ed. Kendall/Hunt Publishing Co, Iowa.
44. Hofman, K., (1998). *"El pH; una característica de la calidad de la carne"*. Leischwirtschaft Español. 1:13-18.
45. Hollander R. (1998). *"Introduction to Sensory Evaluation"*. University of Penn State.
46. Herring H.K. (1990). *"Further studiens on bovine muscle tenderness as influenced by carcass positio, sarcomere length , and fiber diameter"*. Journal of Food Science 30, 1049 – 1054.
47. Hernandez P., Aliga S., Pla M. y Blasco A., (2004). *"The effect of selection for growth rate and slaughter age on carcass composition and meat quality traits in rabbits"*. Journal of Animal Science, 82: 3138-3143.
48. Hernandez P., Ariño B., Grimal A. y Blasco A. (2006). Comparación of carcass and meat characteristics of three rabbit lines selectead for litter size or growth rate. Meat science, 73: 645-650.
49. Huerta L. N. (2002). *"Caracterización de Ganado y Carne Bovina como base científica de la clasificación de canales en trópico Americano"*. ULA – Venezuela. P 1 – 18.
50. Hulot F. y Ouhayoun J. (1999). *"Muscular pH and related traits in rabbits"*. Areview. World Rabbit Science, 7: 15 – 36.

51. INIA, (1994). "Cuyes" .Lima .Perú.
52. Jasper W. y Placzek R. (1990) "*Conservación de la carne por el frío*". Acribia, Zaragoza. España.
53. Jalng, J.W., Saul, G.L., Lawrie, R.A. (1997). "*Observations on muscle press juice from bovine, ovine ans porcine muscles*". Meat Sci. 21, 73.
54. Jonson A., Sigurgisladottir S., Harsteinsson H. y Kristbergsson K., (2001). "*Textural properties of raw atlantic salmon (Salmon Salar) Fillets measured by different methods comparison to expressible moisture*". Agriculture utrition. 7,81-89
55. Khan A.W. (1974). "*relation between isometric tensión, Posmortem Ph decliene and andtendernss of poultry breast meat*". Journal of Food Science 39,393 – 395.
56. Labajova K. (2004). "*Posicionamiento de Productos Agrícolas locales versus importados*". tesis de Maestría. Departamento de Economía Agrícola. Puerto Rico.
57. Lambertini L., Lattalag., Petrosino G., Zaghini G., Vignola G., Benassi M.C. y Gatta P.P., (1996). "*Caracteristiques histoquímiques du muscle et pH delaviande de lapins hybrids sacrifies adifferents ages*". World Rabbit science, 4: 171-179.
58. Lawrie R. (1998). "*Ciencia de la Carne*". 3ra Ed. Plos – 113. Editorial. Acribia. Zaragoza.
59. Lewis M. J. (1993). "*Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*". Editorial. Acribia. Zaragoza. España
60. López P. M. y Tejerina B. D. (2005). "*Avance de resultados sobre la Calidad de la Carne Pintadas en Extremadura*". AIDA, Zaragoza. ITEA 26(II), 816 – 818.
61. Lowe B. (1998). "*Factors affecting the palatability of poultry with emphasis on histo logical Post – Mortem changes*". Advances in Food Research 1,203 – 256.
62. Lyon B. y Lyon C. (1990). "*Texture profile of broiler pectoralis major as influenced by Post – Mortem de boning time and hert method*". Poultry Science. 69,329 – 340.

63. Lyon B. G. y Lyon C. E. (1998). “*Assessment of three devices used in shear tests of cooked breast meat*”. Poultry Sci. 77: 1585-1590.
64. Maza S. (2001). “*Descongelación y Evaluación física Organoléptica de Productos Pesqueros Congelados*”. Ed. Industria Alimentaria. Moscú.
65. Marsh B.B. (1993). “*Meat Tenderness and the sliding – Filament hypothesis*”. Journal of Food technology 9, 129 – 139.
66. Maria G.A., Buil T., Liste G., Villarroel M., Sañudo C. y Olleta J.L., (2006). “*Effects of transport time and season on aspects of rabbit meat quality*”. Meat Science, 72: 773-777.
67. Medina M. (2000). “*Análisis de Alimentos*” Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Central de Venezuela. Venezuela.
68. Meilgaard M. (1991). “*Sensory Evaluation Techiques*”. 2da Edic. CRC Press, Inc, Boca Raton, Fl. 354.
69. Metzger SZ, Kustos K. y Szendro Zs., Szabo A., Eiben Cs. Y Nagy i., (2003). The effect of housing system on carcass traits and meat quality of rabbit world rabbit science, 11:1-11.
70. Murphy R. Y. and Marks B. P. (2000). “*Effect of meat temperatura on Proteins, Texture and cook loss for gound chicken breast patties*”. Poultry Sci. 79: 99 – 104.
71. Northcutt J.K. (1994). “*Water – Holding properties of thermally preconditioned chicken breast and leg meat*”. Poultry Sci. 73: 308 – 316.
72. Orrego A. C. (2004). “*Procesamiento de Alimentos/ Congelación*” Facultad de Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá - Colombia.
73. Paul P. C. (1998). “*Studies on tendernes of beef. I. Rate of heat penetration*”. Food Research 17, 504 – 510.
74. Pietrzak M., Greaser M. y Sosnicki A. (1997). “*Effect of rapid Rigor Mortis processes on Protein Functionality in pectoralis major muscle of domestic turkeys*”. J. Anim. Sci. 75. 2106 – 2116.
75. Postolski J. (1986). “*Tecnología de Congelación de Alimentos*” Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.
76. Qiao M. (2001). “*Diccionario Técnico de Industrias Alimentarias*”. 2da Edic. Cusco, Perú.

77. Qiao M.; Fletcher, D.L.; Smith, D.P.; Northcutt, J.K.(2001). “*The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity and emulsification capacity*”. En: Poultry Science, V. 80: 676-680.
78. Quiroga G., Garcia S. y Lopez J. (2001). “*Tecnología de Carnes y Productos Cárnicos*”. FAO. P 8 – 12.
79. Quiñonez R. (1999). “*Manual de procesamiento de Carnes*”. Escuela Nacional Agraria. Chile.
80. Ramos A. J. (2005). “*Efecto del método de congelación sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de Pechuga de pollo*”. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico.
81. Ramirez J.A., Oliver M.A., Pla M., Guerrero, L., AriñoB., Blascoa.Pascual M. y Gil M. (2004). “*Effect of selection for growth rate on biochemical, quality and texture characteristics of meat from rabbits*”. Meat Science, 67: 617-624.
82. Ramsbottom J. M. and Strandine E. J. (1999). “*Initial physical and chemical changes in beef as related to tenderness*”. Journal of Animal Science 8, 398 - 410.
83. Reichert, J.E, (1996). “*Possible methods of automatic on – line determinations of quality parameters when classifying and selecting carcasses and meat cuts*”. En: poultry Science, V. 80: 676-680.
84. Rhe, K.S. & Ziprin, T.A., (1996). “*Identification and acceptance of lamb versus beef and pork by consumers and experienced Sensory Panelist*”. Journal of muscle foods, 7, 243-253.
85. Rojas P. y Treguear W. (1999). “*Fundamentos De Congelación*” Editorial Continental. México.
86. Samejima K. y Yasui T. (1982). “*Heat – induced gelling properties of Actomyosin*”. Effect of tropomyosin and troponin. Agricultura and Biological chemistry 46,535 – 540.
87. Sams, A.R., (1999). Meat quality during precessing. Poultry Sci. 78: 798-803.
88. Schwartzberg H. G. (1999). “*Food freeze concentration.In: Biotechnology and Food Process Engineering.*” H.G. Schwartzberg and M.A. Rao, eds. Institute of Food Technologist. Chicago.
89. Smyth A.B. (1996). “*heat - induced gelacion properties of muscle Proteins*”. Ph. D Dissertation. University College, Cork, Ireland.

90. Sink J.D., (1999). “*Factors influencing the flavour of muscle foods*”. Journal of food Science, 44, 1-11.
91. Solomon L.W. and Schmidt G.R. (1997). “*Efect of vacuum and mixing time on the extractability and Funtionality of pre - and postrigor beef*”. Journal of food Science 45,283 – 287.
92. Suzuki, T., (1997). “*Tecnología de las proteínas de pescado y krill*”. Editorial. Acribia S.A., Zaragoza, España.
93. Téllez V. J. (1992). “*Tecnología e Industrias cárnicas*”. Artes Graficas Espino. Lima, Perú.
94. Ureña M. (1999).”*Nuevo método para el tratamiento de datos obtenidos a partir de pruebas descriptivas. Aplicación en un guía para la evaluación sensorial*” Publicación en anales científicos. Edi. Agraria. Lima. Perú.
95. Laboratorio de control de calidad, 2009. Facultad de ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas. Universidad Católica de Santa María. Arequipa. Perú.
96. Voyle C. A. (2000). “*Meat In:Vaugham, J. G. Food Microscopy*”. Academic Prensa,London, PP. 193 - 232.
97. Wang S. F. and Smith D. M. (1995). “*Gelation of chicken breast Muscle Actomyosin as influenced by weight ratios of Actin to myosin*”. Journal of Agricultural and food chemistry 43,331 – 336.
98. Welbourn J. L. (1995). “*Relation ships among shear values sarcomere lengths and cooling procedures in turkeys*”. Journal of Food Science 33, 450 – 452.
99. Williams C. S. y Chung R. A. (1998). “*Comparative microscopy and phometry of skeletal muscle fibers in poultry*”. Food Microstructure S. 207 – 217.
100. Young L. L. y Smith D.P. (2004). “*Moisture retention by Water and air - Chilled chicken broilers during processing and cutup operations*”. Poultry Sci. 83: 119 – 122.
101. Young L. L., Northcutt J. K. y Lyon C.E. (1996). “*effect of Stunning Time and polyphosphates on quality of cooked chicken breast meat*”. Poultry Science 75, 677 – 681.
102. Varnam H. A. y Sutherland P.J (1998).”*Carne y productos cárnicos*”. Facultad de ciencia y Tecnología de los Alimentos y Ciencias Químicas Universidad

de Burgos .Editorial Acribia, S.A. Zaragoza. España.

103. Vasquez V., (1990). “*Diseño estadístico para la investigación científica*”.

Editorial Amaru. Lima. Perú.

104. Zaldívar, A.M., et al. (1990). “*Informe final Proyecto Sistemas de producción de cuyes en el Perú Fase I*”. INIA-CIID. 96 págs.





ANEXO 1. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE TERNEZA

**I: Cuestionario de terneza**

Nº de Panelista \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

**Prueba:** Prueba de ordenamiento de muestras.

**Producto:** Carne de cuy

**Parámetro Sensorial:** Terneza

**Instrucciones:**

1. Usted recibirá un plato de cuatro muestras identificadas con códigos diferentes.
2. Pruebe las muestras según el orden establecido.
3. Coloque la muestra entre sus muelas, con una mordida evalúe la fuerza necesaria para penetrar la muestra completamente y tome esta evaluación como su observación de la terneza de la muestra.
4. Acomode **las muestras** de menor a mayor intensidad de fuerza utilizada para penetrar la muestra.
5. Repita el mismo procedimiento hasta evaluar todo los pares de muestras.

MENOS TIERNO (E.E)

(1) \_\_\_\_\_

(2) \_\_\_\_\_

(3) \_\_\_\_\_

(4) \_\_\_\_\_

MÁS TIERNO

E.E = Escala de Evaluación

**Observaciones:**

.....  
.....

Cualquier comentario deberá hacerlo en el área de observaciones. Favor hacer todas las preguntas antes de comenzar, ya que una vez comenzada la prueba no se puede proveer ayuda. **Gracias por su ayuda!!**

## ANEXO 2. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE JUGOSIDAD

**II. Cuestionario de jugosidad**

N° de Panelista \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

**Prueba:** Ordenamiento de muestras.**Producto:** Carne de cuy**Parámetro Sensorial:** Jugosidad**Instrucciones:**

1. Usted recibirá un plato con cuatro muestras identificadas por diferentes códigos.
2. Pruebe las muestras según el orden establecido.
3. Coloque la muestra entre sus muelas, con una mordida penetre la muestra completamente y mastique tres veces, evalúe la jugosidad en base a cuan húmeda se siente su boca.
4. Acomode **las muestras** de menor a mayor sensación de jugosidad.
5. Enjuague su boca con agua y realice el mismo procedimiento con las siguientes muestras que se encuentra en el plato.
6. Repita el mismo procedimiento hasta evaluar todos los pares de muestras.

MENOS JUGOSA (E.E)

(1) \_\_\_\_\_

(2) \_\_\_\_\_

(3) \_\_\_\_\_

(4) \_\_\_\_\_

MÁS JUGOSA

E.E = Escala de Evaluación

**Observaciones:**

.....

.....

Cualquier comentario deberá hacerlo en el área de observaciones. Favor hacer todas las preguntas antes de comenzar, ya que una vez comenzada la prueba no se puede proveer ayuda. **Gracias por su ayuda!**

*ANEXO 3. Fotografías de la congelación de la carne de cuy por placas, túnel y criogénica.*



*ANEXO 4. Fotografías del análisis proximal y características tecnológicas.*



