



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



**EFFECTO DEL NIVEL DE ESTRÉS DURANTE EL ANTE MORTEM
DEL CUY (*Cavia porcellus* L.) EN EL PROCESO DE
CONGELACIÓN**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDUARDO YUCRA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO – PERÚ

2020



DEDICATORIA

A Dios, por brindarme mucha salud y permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida profesional.

A mis queridos padres, Juan Yucra Condori (Q.E.P.D.) y Libia M. Mamani Castillo; quienes, con su esfuerzo y dedicación, me apoyaron a lo largo de mi vida y durante mi formación profesional.

A mis hermanos Jaime, Fredy y Soledad por estar siempre conmigo.



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, a la plana docente y administrativos por los conocimientos durante mi formación profesional.

Al Dr. Alejandro Coloma Paxi, Director de Tesis, por su acertada conducción y orientación en el presente trabajo de investigación.

Al D.Sc. Luis Alberto Jiménez Monroy, M.Sc. Saire Roenfi Guerra Lima, Ing. Juan Quispe Ccama, por su aporte en la ejecución y culminación del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Ulises Alvarado Mamani, por el apoyo constante en el desarrollo de la presente tesis.

Al Sr. Pablo Condori Silva, por las facilidades brindadas en el laboratorio de Microbiología General de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial.

A todas las personas que me apoyaron durante el tiempo que se desarrolló la presente tesis.



ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	13
2.1. EL CUY (<i>cavia porcellus</i>)	13
2.1.1. CLASIFICACIÓN ZOOLOGICA DE LA ESPECIE <i>cavia porcellus</i>	15
2.1.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL CUY	16
2.1.3. TIPOS DE CUYES.....	17
2.1.4. BENEFICIO DE LA CARNE DE CUY	18
2.1.5. TÉCNICAS DE FAENAMIENTO EN CUYES.....	19
2.2. LA CARNE DE CUY	22
2.2.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL TEJIDO MUSCULAR	22
2.2.2. ESTRUCTURA DE LAS FIBRAS MUSCULARES.	24
2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE	25
2.3.1. ESTRÉS EN CUYES	25
2.3.2. PARÁMETROS ETOLÓGICOS	26
2.3.3. EL PROCESO DE ESTRÉS	27
2.3.4. EFECTOS DEL ESTRÉS DE LOS ANIMALES EN LA CALIDAD DE LA CARNE.....	28
2.4. CONGELACION DE ALIMENTOS	29
2.4.1. CURVAS DE CONGELACIÓN.....	31
2.4.2. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL PROCESO DE CONGELACIÓN.	33
2.4.3. ASPECTOS FÍSICOS DE LA CONGELACIÓN.....	34
2.4.4. MÉTODOS DE CONGELACIÓN DE CARNE.....	38
2.4.5. TIEMPO DE CONGELACIÓN.	40
2.5. PARAMETROS DE CALIDAD.....	42
2.5.1. ACIDEZ DE LA CARNE	42
2.5.2. PH.....	44
2.6. ADQUISICIÓN DE DATOS EN CONGELACIÓN.....	47
2.6.1. IDE DE ARDUINO.....	47
III. MATERIALES Y MÉTODOS	49
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	49



3.2. MATERIALES DE EXPERIMENTACIÓN	49
3.2.1. MATERIA PRIMA	49
3.2.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	49
3.3. METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO	50
3.4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	53
3.4.1. EVALUACIÓN DE TIEMPO Y TEMPERATURA DE INICIO DE CONGELACIÓN	53
3.4.2. EVALUACIÓN DE PH.	53
3.4.3. EVALUACIÓN DE ACIDEZ.....	53
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	54
3.5.1. MODELO ESTADÍSTICO	54
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	56
4.1 EVALUACIÓN DE TIEMPO DE CONGELACIÓN	56
4.2 EVALUACIÓN DE TEMPERATURA DE INICIO DE CONGELACIÓN.....	60
4.3 EVALUACIÓN DE POTENCIAL DE HIDROGENO (PH)	61
4.3.1 PH POST MORTEM INICIAL.....	61
4.3.2 PH DE LA CARNE A LAS 24 HORAS POST MORTEM	62
4.4 EVALUACIÓN DE ACIDEZ.....	65
4.4.1 ACIDEZ POST MORTEM INICIAL	65
4.4.2 ACIDEZ DE LA CARNE 24 HORAS POST MORTEM	65
V. CONCLUSIONES	67
VI. RECOMENDACIONES	68
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	78

ÁREA : Ingeniería y Tecnología

TEMA : Propiedades Físicas y Estructurales

FECHA DE SUSTENTACIÓN 09 DE ENERO DEL 2020



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuy tipo línea Perú	14
Figura 2. Cuy tipo línea andina.....	15
Figura 3. Cuy tipo línea inti	15
Figura 4. Curva de congelación del agua pura y de un alimento (a dos velocidades)	32
Figura 5. Curva de congelación de un alimento	32
Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de carne de cuy congelado.....	51
Figura 7. Curvas de congelación promedio para la carne de Cuy sin estrés.....	56
Figura 8. Curvas de congelación promedio para la carne de Cuy con estrés	57



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características del cuy	17
Tabla 2. Clasificación de los cuyes.....	18
Tabla 3. Composición química de la carne de Cuy.	23
Tabla 4. Composición química de la carne de Cuy con relación a otras especies.....	24
Tabla 5. Propiedades del hielo en función de la temperatura.	37
Tabla 6. pH y acidez de las carnes en diferentes especies.....	43
Tabla 7. Distribución de tratamientos y repeticiones.	54
Tabla 8. Análisis de Varianza para Tiempo de Congelación.....	58
Tabla 9. Comparación de prueba TUKEY para Tiempo de Congelación por Estado. ...	58
Tabla 10. Comparación TUKEY para Tiempo de Congelación por Temperatura.	59
Tabla 11. Análisis de Varianza para Temperatura de Inicio de Congelación.....	60
Tabla 12. Análisis de Varianza para pH post mortem inicial.	62
Tabla 13. Análisis de Varianza para pH a las 24 horas post mortem.	63
Tabla 14. Comparación TUKEY para pH a las 24 horas post mortem por estado.	63
Tabla 15. Comparación TUKEY para pH a las 24 horas post mortem por Temperatura.	64
Tabla 16. Análisis de varianza para acidez post mortem inicial.....	65
Tabla 17. Análisis de Varianza para acidez a las 24 horas post mortem.....	66
Tabla 18. Comparación TUKEY para acidez a las 24 horas post mortem por Estado. ...	66



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

h	: Horas
pH	: Potencial de Hidrogeno
°C	: Grados Centígrados
DCA	: Diseño Completo al azar
g	: Gramos
mg	: Miligramos
SE	: Sin estrés
CE	: Con estrés
ml	: Mililitros
cm	: Centímetros
NaOH	: Hidróxido de sodio
ANOVA	: Análisis de varianza
ATP	: Adenosín Trifosfato
REP	: Repeticiones
ac	: Ácido
ec	: Ecuación
%	: Porcentaje



RESUMEN

El objetivo del Trabajo de Investigación fue determinar el efecto del nivel de estrés y temperatura de congelación sobre tiempo de congelación, temperatura de inicio de congelación, pH y acidez. Para lo cual las variables experimentales fueron: nivel de estrés (con y sin estado de estrés) y Temperatura de congelación (-10, -20 y -30°C), los cuales fueron conducidos por el diseño completamente aleatorio. Para las pruebas experimentales se utilizaron cuyes de la línea Inti de 7.5 a 8.5 meses de edad, que fueron adquiridos del criadero “El Cututin” (Patallani, Paucarcolla) con un peso vivo promedio de 880 a 1079 g. Los cuyes fueron sacrificados siguiendo los procesos: recepción, beneficio, desangrado, escaldado, pelado, eviscerado, lavado, oreo, pesado y congelado. El proceso de congelación se realizó en un congelador comercial, controlado por sistema de sensores conectados a un software Arduino para la recolección de datos. Los datos obtenidos fueron analizados en el software estadístico Statgraphics Centurion 16.1. Los resultados obtenidos mostraron que la variable de estado (sin estrés, con estrés) afecta en cuanto al tiempo de congelación, pH y acidez, pero no afecta en la temperatura de inicio de congelación. Por otra parte, la variable de temperatura de congelación (-10, -20 y -30°C) afecta al tiempo de congelación ya que el cuy se congela a 8.08, 6.53 y 6.05 horas respectivamente, y no afectaron a la temperatura de inicio de congelación, pH y acidez. En conclusión, el estado de estrés afecta en el tiempo de congelación, como también en las características de pH y acidez a las 24 horas post mortem, con respecto a la temperatura de congelación (-10, -20 y -30°C) afecta significativamente sobre el tiempo de congelación, pero no afecta a las variables de pH, acidez y temperatura de inicio de congelación.

PALABRAS CLAVE: Cuy (*Cavia porcellus*), Congelado, Estrés, Temperatura de inicio, Tiempo.



ABSTRACT

The objective of Research Work was to determine the effect of the level of stress and freezing temperature over freezing time, temperature of start of freezing, pH and acidity. For which the experimental variables were: level of stress (with and without stress state) and freezing temperature (-10, -20 and -30°C), which were driven by the completely random design. For experimental tests, guinea pigs of the Inti breed of 7.5 to 8.5 months of age were used, which were acquired from the farm “El Cututin” (Patallani, Paucarcolla) with an average weight alive of 880 to 1079 g. The guinea pigs were slaughtered following the processes: reception, benefit, bleeding, scalding, bare, eviscerated, washed, oreo, heavy and frozen. The process of freezing was performed in a commercial freezer, controlled by sensor system connected to on Arduino software for data collection. The data obtained were analyzed in the Statgraphics Centurion 16.1 statistical software. The results obtained showed that the state variable (without stress, with stress) affects the freezing time, pH and acidity, but does not affect the freezing start temperature. on the other hand, the temperature variable of freezing (-10, -20 and -30°C) affects the freezing time since the Cuy freezes at 8.08, 6.53 and 6.05 hours respectively, and did not affect the starting temperature of freezing, pH and acidity. In conclusion, the state of stress affects the freezing time, as well as the pH and acidity characteristics at 24 hours post mortem, with respect to the freezing temperature (-10, -20 and -30°C) significantly on the freezing time, but did not affect the variables of pH, acidity and temperature of the onset of freezing.

KEY WORDS: Cuy (*Cavia porcellus*), frozen, stress, starting temperature, time.



I. INTRODUCCIÓN

El cuy es un mamífero roedor originario de la zona andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. En los países andinos existe una población estable de más o menos 35 millones de cuyes. La distribución de la población de cuyes en el Perú y Ecuador es amplia; se encuentra casi en la totalidad del territorio. Actualmente la producción y el consumo de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) a nivel nacional se está incrementando. La carne de cuy (*Cavia porcellus*) es un alimento cuyo valor nutricional es valioso por su gran fuente de proteínas, además con una alta digestibilidad, bajas tasas de colesterol y triglicéridos esenciales para el ser humano.

Está también el aspecto ético, donde los seres humanos, y especialmente los profesionales del área pecuaria, tienen la responsabilidad y deber de velar por el bienestar de los animales. Es por ello que se deberán tomar medidas para minimizar el dolor, la ansiedad y el estrés experimentados durante su vida y antes del sacrificio, de esta manera asegurar al máximo su bienestar. Es así que diversos estudios científicos demuestran que la utilización de protocolos de bienestar animal permite obtener productos cárnicos de óptima calidad y alcanzar altos grados de eficiencia en las distintas etapas de la cadena. Si a ello se suma el mejoramiento en los ingresos, como resultados de un aumento de precio de los productos, se concluye que la adopción de esta nueva tendencia en el negocio es una alternativa favorable para su desarrollo.

La congelación es una técnica de conservación en la que la temperatura del alimento se reduce por debajo de su punto de congelación, generalmente a -18°C o menos, la congelación es un medio excelente para mantener casi inalteradas durante un tiempo prolongado las características originales de los alimentos. Este tipo de conservación radica en la disminución de la temperatura, generalmente entre 20 a 30°C , lo cual permite



que las reacciones bioquímicas sean más lentas y además inhibe la actividad microbiana, generando el estado de latencia de esta.

Por dichas consideraciones los objetivos del presente trabajo fueron:

- Determinar el efecto del estado de estrés sobre la temperatura de inicio, tiempo de congelación y características químicas de la carne de cuy (pH y acidez).
- Determinar el efecto de la temperatura de congelación en las características químicas de la carne de cuy (pH y acidez), temperatura de inicio y tiempo de congelación.



II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL CUY (*Cavia porcellus*)

Cuy es un animal emblemático de la diversidad genética de los animales domésticos de los Andes. Como tal, la conservación de la biodiversidad intraespecífica del cuy es primordial, tanto por ser una fuente de proteínas importante para los pobladores andinos como para conservar la herencia simbólica del cuy, las prácticas culturales relacionadas con su crianza, como animal de consumo y en medicina tradicional (Grégoire, Joly, Huamán, Silva, & León, 2010).

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 (Chambilla, 2010).

La población de cuyes (*Cavia porcellus*) en Latinoamérica se estima en 35 millones, siendo el Perú el primer productor con 22 millones de cuyes que habitan mayormente en zonas pobres del país. Producen 17.000 toneladas de carne al año, destinados principalmente al autoconsumo. La crianza de cuyes en el Perú es una actividad complementaria a la agrícola, manejada en forma tradicional en sistemas familiares que contribuyen a la seguridad alimentaria de los pobladores rurales pobres y en extrema pobreza. Por su bajo costo de producción, elevado precio de venta y demanda en el mercado, los cuyes contribuyen a la generación de microempresas familiares (Heredia & Vargas, 2011).

El cuy es un roedor manso, empleado como mascota, animales de experimentación y productor de carne para el consumo humano. La piel se puede utilizar en la industria

del curtido y la materia fecal con el orín, forma un excelente abono orgánico (Camacho, 2011).

En el Perú, los trabajos sobre el cuy se iniciaron en 1966, con la evaluación de germoplasma de diferentes ecotipos muestreados a nivel nacional. En 1970, en la estación experimental agropecuaria La Molina del INIA, se inició un programa de selección con miras a mejorar el cuy criollo en todo el país. Los animales se seleccionaron: por su precocidad y prolificidad, y se crearon las líneas Perú, Andina e Inti. Encontrándose distribuido en el Perú dos genotipos de cuyes, el criollo y el mejorado (Baltodano, 2019).

- *Línea Perú.* Seleccionada por su precocidad; a las nueve semanas alcanza su peso de comercialización; puede presentar un índice de conversión alimentaria de 3,81 si los animales son alimentados en condiciones óptimas, llegando a pesar de 2.8 a 3.0 kg; su prolificidad promedio es de 2,8 crías por parto. Son de pelaje de tipo 1, de color alazán (rojo) puro o combinado con blanco.



Figura 1. Cuy tipo línea Perú

- *Línea Andina.* Seleccionada por su prolificidad (3,9 crías por parto); obtiene un mayor número de crías por unidad de tiempo, como consecuencia del aprovechamiento de su mayor frecuencia de presentación de celo post partum (84 por ciento) en comparación con otras líneas. Los individuos son de color blanco.



Figura 2. Cuy tipo línea andina

- *Línea Inti.* Seleccionada por su precocidad corregida por el número de crías nacidas, es la que mejor se adapta a nivel de productores logrando los más altos índices de sobrevivencia. Alcanza en promedio un peso de 800 g a las diez semanas de edad, con una prolificidad de 3,2 crías por parto. Predomina en el pelaje el color bayo (amarillo) entero o combinado con blanco (Vidalón, 2014).



Figura 3. Cuy tipo línea inti

2.1.1. CLASIFICACIÓN ZOOLOGICA DE LA ESPECIE *CAVIA PORCELLUS*

Para la clasificación del cuy existen diversos criterios de clasificación del *Cavia porcellus*, porque los autores consideran la existencia de algunas especies diferentes (Avilés, Martínez, Landi, & Delgado, 2014).



REINO: Animal

SUBREINO: Metazoarios

TIPO: Cordados

SUBTIPO: Vertebrados

CLASE: Mamíferos

SUBCLASE: Placentarios

ORDEN: Roedores

FAMILIA: Caviidae

GÉNERO: *Cavia*

ESPECIE: *Cavia porcellus*

2.1.2. CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DEL CUY

El cuy es un animal mamífero, roedor; su tamaño varia de 20 a 30 cm.; de piel fina cubierta de pelos también finos. Su cabeza es pequeña, con dos orejas pequeñas erguidas; ojos medianos y vivos; hocico corto; boca pequeña que encierra a la lengua y los dientes, siendo los más resaltantes, los incisivos muy desarrollados. Cuello corto y grueso, lo mismo que su tronco. Sus cuatro patas son cortas, terminadas en cuatro dedos, con sus respectivas uñas. Carece de cola, su pelaje es de distintos colores (Huingo, 2018).

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, 1995).

El cuy está dotado de una dentadura bien definida característico de un herbívoro con incisivos que junto con sus labios realizan la aprensión y corte del alimento, no tiene caninos, mejor aún los premolares y los molares están adaptados para triturar alimentos como forraje frutas, semillas, etc. (Campesinos, 2002).



Tabla 1. *Características del cuy*

Parámetro	Característica
Longevidad media	4 - 8 años
Temperatura corporal	37,2°C a 39,5°C
Peso adulto (tres meses)	500g a 1.200g macho; 700g a 900g (hembra)
Longitud corporal	20cm a 25cm.
Cabeza	Grande y su boca corta
Cuello	Fuerte insertada al tronco con 7 vértebras cervicales.
Tronco	Forma alargada y redonda, conformando por 13 vertebras.
Abdomen	Voluminoso y con gran capacidad, se sostiene por 7 vértebras lumbares.
Extremidades	Miembros posteriores más largos y gruesos que los anteriores.
Numero de dedos	Miembros anteriores 4 y posteriores 3
Color del pelo	De un solo color: blanco, bayo, negro y rojizo. Combinado: 2 o más colores en su cuerpo
Forma del pelo	Puede ser corto, largo, liso crespo y combinado
Vista	Buena
Oído	Muy buena
Olfato	Muy bueno

Fuente: Campesinos (2002).

2.1.3. TIPOS DE CUYES

El estudio de los tipos y variedades se ha agrupado a los cuyes de acuerdo a su conformación, forma, longitud de pelo y tonalidades de pelaje (Zaldívar, 1995).

Tabla 2. *Clasificación de los cuyes.*

Clasificación	Características	
Tipo de pelo		
1	Pelo lacio, corto y pegado al cuerpo.	
2	Pelo crespo, arrocetado u ondulado.	
3	Pelo lacio largo y en menor número los hay crespos	
4	Pelo erizado.	
línea		
Andina	Se caracteriza por ser un animal prolífico	
Inti	Se caracteriza por ser prolífica y precoz.	
Raza		
Perú	Fertilidad promedio	95%
	Tamaño de camada (Prom.)	2,61
	Período de gestación	68 días
	Gestación post parta	54,55%
	Peso al nacimiento	176 g
	Conversión alimenticia	3,03
	Ganancia de peso/día	16,7g
Andino	Rendimiento de carcasa	73%
	Fertilidad promedio	98%
	Tamaño de camada promedio	3,22
	Período de gestación	67 días
	Entre 1 – 2 partos	75,2%
	Peso al nacimiento	115 g
	Peso al empadre	800 g
Ganancia de peso/día (Prom.)	11,0 g	
	Índice productivo	1,0

Fuente: Blanco (2005).

2.1.4. BENEFICIO DE LA CARNE DE CUY

El proceso de faenamiento de carne de cuy con el sistema mecanizado ayuda a reducir los tiempos de pelado de los animales, además que el empleo de los equipos y tecnologías hacen que la higiene del cuy sea más garantizada para el consumo (Quishpi,



Alexandra, & Padilla, 2015). Este proceso se inicia con la selección de animales de buena calidad para su sacrificio que se realiza aturdiendo al animal y degollando para eliminar la sangre de su organismo, a continuación, el proceso de escaldado que se realiza mecánicamente, luego se lava y refrigera (Condolo, Luis, & Merino, 2018).

Según el estudio de métodos y tiempos para obtención de carne de cuy (*Cavia porcellus*) empacada a vacío, realizado por (Argote, Velasco, & Paz, 2015), se establecen los siguientes pasos para el faenamiento de la carne de cuy.

- Recepción y pesaje
- Sacrificio
- Degollé y desangrado
- Escaldado y pelado
- Lavado y eviscerado
- División de canal
- Secado
- Empacado al vacío
- almacenamiento

2.1.5. TÉCNICAS DE FAENAMIENTO EN CUYES

2.1.5.1. Faenamiento Tradicional Del Cuy

El desnucamiento del animal constituye la forma tradicional de faenamiento. Este método, aunque es dificultoso y requiere de mayor práctica, resulta eficiente. Consiste en faenar el cuy, agarrándolo con una mano las patas traseras y poniendo los dedos de la otra mano alrededor del cuello del animal, luego se hace un movimiento que acerque un poco las manos y se da un estirón fuerte separando las manos, sin soltar al animal, para que la



columna vertebral se separe del cráneo. En algunos casos el faenamiento del cuy se realiza también a través de un solo corte en el cuello (Condolo, Luis, & Merino, 2018).

Nuestra provincia a nivel de la sierra se ha caracterizado por el consumo masivo de carne de cuy durante todo el año. Su proceso de pelado se realiza fracturando el cuello o asfixiando al animal con el fin de causar la muerte, luego es sumergido (escaldadura) en agua hirviente para suavizar la extracción del pelo que se realiza en forma manual, esta labor conlleva el riesgo de causar quemaduras en las manos de la persona que pela; a continuación se procede a lavar con agua fría y jabón para retirar la grasa de la piel, luego se realiza un corte transversal a la altura del abdomen con el fin de retirar sus vísceras, enjuagar la sangre que ha quedado en su interior, como último paso se aliña (Moposita, 2016).

2.1.5.2. PASOS PARA EL FAENAMIENTO DEL CUY

Recepción y Pesaje.

Los animales en pie llegan en canastillas plásticas cuyas dimensiones son de 80 x60x 20 cm con una capacidad aproximada de 10 animales, con las características de calidad requeridas como peso de 1.300 g, colores claros, temperamento tranquilo y estado de sanidad aceptable. Cada cuy se pesó en una balanza normal para llevar un control de peso en tablas de registro. El tiempo que se tardó un operario en realizar la operación de pesaje fue de 0,45minutos en promedio por animal (Caicedo, 2019).

Sacrificio

En esta operación del proceso, un operario ejecutará el sacrificio por "descabelle" (apretando la cabeza del animal contra su pecho, con relativa fuerza) para el rompimiento del cuello del cuy, que sigue vivo para bombear la sangre facilitando de esta manera la



operación de desangrado. Se estira al animal, se aprieta el pulgar y se hace girar la cabeza para la rotura del cuello (Mayorga, 2019).

Degollé y Desangrado

En el método del descabelle, algunos animales se desangraron por la nariz (esto, generalmente en los Cuyes de menor edad), a otros fue necesario realizarles un corte en el cuello, a la altura de la vena yugular para el desangrado, operación que fue realizada por el mismo operario que hace el sacrificio. Se corta las yugulares a la altura del cuello, haciendo un corte de aproximadamente 2 centímetros de longitud (Cordova & Flores, 2010).

El tiempo empleado fue de 1,45 minutos en promedio por cuy. Luego del descabelle, para facilitar el desangrado del animal (Camacho, 2011).

Escaldado y Pelado

Posterior al desangrado, los animales se sumergieron en agua a una temperatura promedio de 60 °C durante 10 segundos y se realizó el pelado de manera manual (Argote, Velasco, & Paz, 2015).

El proceso de faenamiento de carne de cuy con el sistema mecanizado ayuda a reducir los tiempos de pelado de los animales, además que el empleo de los equipos y tecnologías hacen que la higiene del cuy sea más garantizada para el consumo.

Lavado y Eviscerado

El lavado se realizará en un lugar limpio y cómodo para el operario, con el fin de evitar microorganismos provenientes de la materia fecal y pelo. El eviscerado se efectuará mediante un corte transversal sobre el abdomen del animal con un cuchillo bien afilado, aplicando una pequeña presión sobre la parte inferior para ligeramente cortar la piel,



estiramos con las manos para abrir de mejor manera y delicadamente dejar salir todas sus viseras. Se procese a realizar la limpieza interna del animal teniendo mucho cuidado de dejar las pequeñas cantidades de grasas del animal, ya que se encuentran pegadas en los intestinos (Tenelanda & Padilla, 2015).

Con mucho cuidado para que estos no se habrán dentro del animal. Ya que podrían generar malos olores y el rechazo del producto, por consiguiente. Un especial cuidado al momento de dejar parte que son comestibles pero que deberán estar sin nada pegados en el mismo. La bilis se tendrá que sacar con mucho cuidado para que esta no se reviente (Camacho, 2011).

2.2. LA CARNE DE CUY

La carne de cuy es magra es decir con un porcentaje de grasa menor al 10%, con un alto contenido de proteínas (20.3%), baja en contenido de colesterol (65 mg/100 g) y sodio, por lo que es ideal para incluirla en una alimentación variada y equilibrada. Es una carne apta para todos los grupos poblacionales (niños, adolescentes, mujeres, deportistas y de la tercera edad) y en diversas situaciones fisiológicas, como por ejemplo el embarazo o la etapa de lactancia (Mamani, 2016).

2.2.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA 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 y tres ácidos grasos (Téllez, 1992).

En la Tabla 3, se presenta la composición química de la carne de cuy en donde se observa que la carne de cuy tiene 20.3 % de proteína y 7.8 % de grasa. Por otra parte, en la tabla 4 se presenta la composición química de la carne de cuy con relación a otras especies, en donde la carne de cuy presenta características similares a la carne de conejo con 20.4 % de proteínas y 8 % de grasas, superando a otras especies como: cabra, ave, vacuno, porcino y ovino.

Tabla 3. *Composición química de la carne de Cuy.*

COMPOSICION	%
Humedad	70.6
Proteína	20.3
Grasa	7.8
Carbohidratos	0.5
Minerales	0.8

Fuente: Figueroa (2005).

Tabla 4. *Composición química de la carne de Cuy con relación a otras especies.*

ESPECIE	PROTEINA	GRASA	ENERGIA (Kcal)
Cuy	20.3	7.8	960
Conejo	20.4	8.0	1590
Cabra	18.7	9.4	1650
Ave	18.2	10.2	1700
Vacuno	18.7	18.2	2440
Porcino	12.4	35.8	3760
Ovino	18.2	19.4	2530

Fuente: (Sánchez, 2019).

2.2.2. ESTRUCTURA DE LAS FIBRAS MUSCULARES.

La fibra muscular es la unidad contráctil del músculo esquelético. Su longitud puede variar de varios milímetros a 30 cm, es multinucleada y su diámetro oscila entre 10 y 100 μm , ésta contiene ciertas estructuras fibrilares dispuestas longitudinalmente, las miofibrillas, que están constituidas por finas fibras de proteína. Rodeando a cada fibra muscular y bajo el tejido conjuntivo del endomisio existe una lámina, el sarcolema o membrana de la fibra muscular, en cuyo interior se encuentran las miofibrillas que están rodeadas por una fase líquida, el sarcoplasma, en el que aparecen una serie de orgánulos que incluyen las mitocondrias, lisosomas, peroxisomas y los cuerpos lipídicos sarcoplásmicos (Huamani, 2014).

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

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 (Chambilla, 2010).

2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DE LA CARNE

2.3.1. ESTRÉS EN CUYES

El estrés puede ser definido como una situación en la cual el equilibrio de un organismo (estado homeostático) es modificado como consecuencia de la acción de un estímulo intrínseco o extrínseco al animal, denominado agente estresante. De este modo, el animal responde mediante una serie de reacciones de comportamiento y/o fisiológicas con el objeto de compensar y adaptarse a la nueva situación (Mancera & Martín, 2003).

El estrés es una respuesta inespecífica del organismo animal ante condiciones ambientales adversas que produce ajustes fisiológicos y metabólicos para mantener la homeostasis, genera efectos sobre el sistema nervioso central, el sistema neuroendocrino y el sistema inmune (Sordillo & Aitken, 2009). En la respuesta neuroendocrina al estrés, el hipotálamo libera el factor liberador de corticotropina, arginina vasopresina, péptidos derivados de la propia melanocortina, endorfinas y las hormonas catabólicas (catecolaminas y glucocorticoides) que participan de forma adversa con las hormonas



anabólicas (hormona de crecimiento y hormonas gonadales), activando respuestas adaptativas para la sobrevivencia (Feng *et al.*, 2012).

El estrés es el conjunto de reacciones fisiológicas desencadenadas por cualquier exigencia ejercida sobre el organismo, por la incidencia de cualquier agente nocivo llamado estresor. Se puede definir, pues como “la respuesta física y específica del organismo ante cualquier demanda o agresión” (Herrera, 2011).

Durante su crianza los cuyes están expuestos a diferentes factores que causan algún tipo de estrés, los cuales pueden tener efectos adversos para la salud, el bienestar animal y la calidad de la carne. El estrés ha sido utilizado como un indicador de bienestar animal. Este altera la homeostasis interna de los animales induciendo cambios en la actividad del eje hipotálamo-pituitaria-adrenocortical (HPA) y el sistema simpático adrenomedular (Sanmiguel *et al.*, 2018).

Esto puede implicar incomodidad o incluso dolor para los animales, lo cual puede generar estrés y, por consiguiente, cambios comportamentales y fisiológicos que conllevan a la disminución de su bienestar (Mpakama, Chulayo, & Muchenje, 2014).

2.3.2. PARÁMETROS ETOLÓGICOS

Condiciones generadoras de estrés promueven respuestas psicoendocrinas (Charmandari, Tsigos, & Chrousos, 2005), donde los animales afrontan cambios comportamentales, muchas veces estereotipados, inherentes a la amortiguación de la respuesta fisiológica.

El diseño de un protocolo de evaluación de comportamiento y bienestar especie específico genera más confiabilidad, ya que es necesario conocer el comportamiento normal de los animales para identificar los cambios generados por las condiciones en el que el animal se encuentra (Whay *et al.*, 2007). En estos estudios se registran patrones de



comportamiento tales como acicalamiento, picoteo, agresividad entre congéneres (Jong, Gunnink, Rommers, & Bracke, 2013; Rodenburg *et al.*, 2013), vocalización (Harewood & McGowan, 2005), así como acostarse, levantarse, defecar, orinar e interacciones agresivas, entre otros. Los resultados se analizan como porcentajes del número de observaciones totales (Candiani *et al.*, 2008), frecuencia de los eventos comportamentales y duración de cada evento (Bulitta, Aradom, & Gebresenbet, 2015). Los datos etológicos son más precisos si se utilizan cámaras de video que registren durante el tiempo del experimento las 24 horas de cada día (Huynh, Aarnink, Truong, Kemp, & Verstegen, 2006).

2.3.3. EL PROCESO DE ESTRÉS

Se desarrolló un modelo general de respuesta al estrés llamado “Síndrome General y Adaptación” G.A.S. (General Adaptation Syndrome), en donde divide la reacción generada por el organismo sometido a estrés en tres fases: fase de reacción de alarma, citando los cambios fisiológicos y bioquímicos generados por el organismo frente a un estímulo al que no está adaptado cuantitativamente o cualitativamente; fase de resistencia, en la que se resumen todas las reacciones sistémicas expresadas frente a un estímulo prolongado al cual el animal se está adaptando progresivamente; y fase de agotamiento, con la que finalizan las reacciones por la permanencia del estímulo (Selye, 1946).

Muchas situaciones de manejo de los animales (agrupamientos, transporte, etc.) provocan signos de marcada actividad de la corteza adrenal. La activación de la glándula adrenal acompaña a las reacciones de factores estresantes tan diversos como el frío, calor, manipulaciones, exposición a nuevos ambientes, ejercicio muscular o estímulos sociales (Hahn, Mader, & Eigenberg, 2003)



Animales con pobre bienestar tienden a sufrir inmunodepresión, disminución de la eficiencia productiva y cambios en el comportamiento (Broom, 2007). Por lo anterior, se puede considerar que diseñar y ejecutar estrategias que incrementen la capacidad de los animales para mitigar los efectos fisiológicos del estrés puede ser importante para mejorar el desempeño productivo. Para ello se requiere evaluar indicadores multimodales que, en conjunto, determinen de manera confiable la severidad del estrés y el cambio en el bienestar (Otovic & Hutchinson, 2015).

La jerarquía entre animales (peleas), el ruido, las vibraciones en el transporte (frecuencia, dirección y aceleración), la falta de experiencias previas el reagrupamiento social, los factores climáticos (temperatura, humedad y gases), la carga y descarga, el tiempo de transporte y la privación de agua y alimentos, son factores estresantes a considerar; y que a su vez generan un desequilibrio endocrino que altera el metabolismo energético del animal (Swanson & Morrow-Tesch, 2001).

Considerándose la libertad de miedo entre las cinco libertades del bienestar animal, los test que miden el miedo son indicadores del bienestar (Elrom, 2000; Forkman, Boissy, Meunier-Salaün, Canali, & Jones, 2007).

2.3.4. EFECTOS DEL ESTRÉS DE LOS ANIMALES EN LA CALIDAD DE LA CARNE.

Los animales de sangre caliente, sienten dolor y miedo. En particular los mamíferos, incluyendo los destinados a la producción de alimentos tienen una estructura cerebral que les permite sentir el temor y el dolor, es muy probable que sufran de la misma manera que los humanos. Este temor y el dolor, que generalmente son consecuencia de lesión o de maltrato, lo que afecta significativamente en la calidad de la carne (Pantoja, 2014).



La energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene de los azúcares (glucógeno) presentes en el músculo. En un animal sano y descansado, el nivel de glucógeno de sus músculos es alto. Una vez sacrificado el animal, este glucógeno se convierte en ácido láctico, el músculo y la canal se vuelven rígidos (*rigor mortis*). Este ácido láctico es necesario para producir carne tierna, de buen sabor, calidad y color. Pero si el animal está estresado antes y durante el sacrificio, se consume todo el glucógeno y se reduce el nivel de ácido láctico que se desarrolla en la carne luego de su sacrificio. Esto puede tener efectos adversos muy graves en la calidad de la carne (Mariño , 2010).

2.4. CONGELACION DE ALIMENTOS

La congelación es la aplicación de las bajas temperaturas las cuales se distinguen porque las temperaturas del alimento se reducen por debajo de su punto de congelación, producto de lo cual una fracción elevada del agua contenida en aquel cambio de estado físico formando cristales de hielo. 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°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 (Delgado & Villar, 2015).

La congelación es un proceso físico-químico complejo, de intercambio de calor y agua entre las células y el medio externo, que culmina en un cambio de una fase líquida a una sólida. Al iniciarse el descenso de la temperatura, comienza a formarse hielo extracelular, con la consecuente concentración de sales, lo que provoca disminución del volumen celular y destrucción de la membrana plasmática. Al tener una tasa de



enfriamiento muy rápida, el agua no alcanza a salir del interior de la célula y se produce el hielo intracelular (Puntaca, 2019).

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 (Arbildo, 2015).

La congelación es un medio excelente para mantener casi inalteradas durante un tiempo prolongado las características originales de alimentos perecederos. Este tipo de conservación radica en la disminución de la temperatura, generalmente entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, 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 (Abugoch *et al.*, 2006).

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 & Heldman, 2001)

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°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°C en el centro térmico después de la estabilización térmica (Pastor , Afonso, & Sastre, 2017)

2.4.1. CURVAS DE CONGELACIÓN

En un producto alimentario, la congelación se traduce en primer lugar en una evolución de la temperatura, no lineal en función del tiempo y que depende de su localización en la muestra. Esquemáticamente, en un punto dado del producto, se puede distinguir la sucesión de tres etapas:

- El **período de pre - congelación** durante el cual la temperatura disminuye hasta alcanzar la temperatura a la cual da comienzo la cristalización;
- **Etapas de congelación** propiamente dicha durante la cual una gran parte del agua congelable se transforma en hielo. Durante este período, la temperatura disminuye progresivamente;
- **Fase de enfriamiento** hasta llegar a la temperatura de almacenamiento (López, 2018).

La curva de congelación típica de un alimento se muestra en la Figura 5. El proceso de congelación de los alimentos es más complejo que la congelación del agua

pura. Los alimentos presentan un comportamiento ante la congelación similar al de las soluciones.

La curva de congelación posee las siguientes secciones:

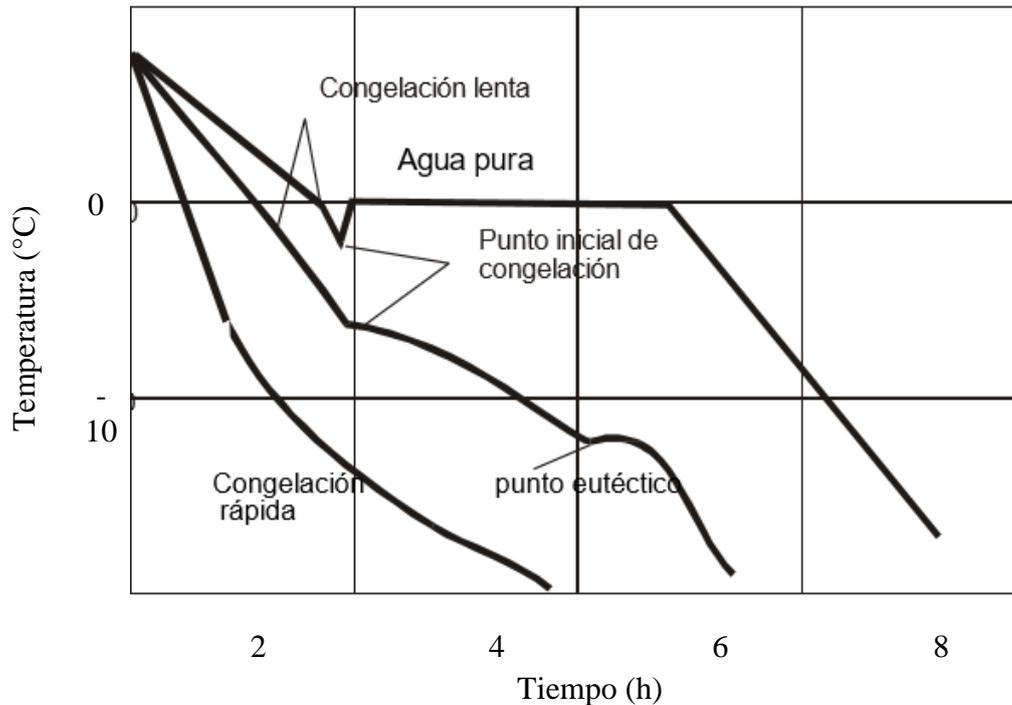


Figura 4. Curva de congelación del agua pura y de un alimento (a dos velocidades de congelación) (Orrego, 2008).

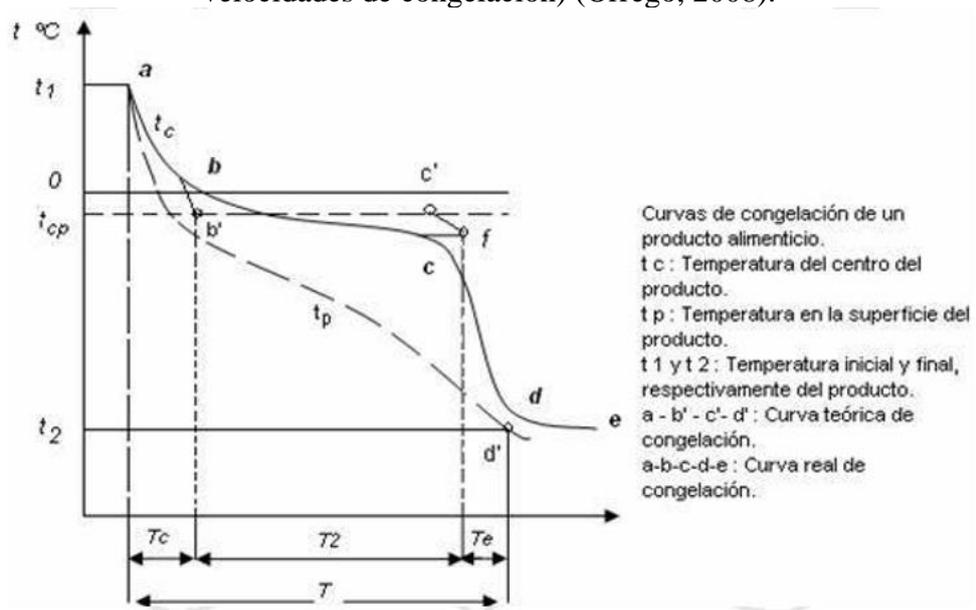


Figura 5. Curva de congelación de un alimento (Ccallo, 2009).



En la primera fase, que corresponde al tramo a hasta b se produce la refrigeración del artículo a congelar desde la temperatura inicial t_0 hasta la temperatura crioscópica t_{kr} . El tramo b a c corresponde a la congelación propiamente dicha. En teoría, este tramo tendría que discurrir horizontalmente. En la realidad, la concentración del jugo celular aumenta al incrementarse la cantidad de agua congelada, disminuyendo a la vez constantemente el punto crioscópico. Así se genera una curva diferente de la horizontal. En el punto en que la curva comienza bruscamente a caer (punto c) se inicia una nueva fase, que es el post enfriamiento del producto congelado. En esta fase (tramo desde c a d) disminuye la temperatura del artículo congelado y alcanza una magnitud de la que puede partirse en el proceso tecnológico. Aquí debe recalcarse que la división en la segunda fase (tramo b hasta c) y tercera fase (tramo c a d) es únicamente un convenio arbitrario. La sola determinación del punto c, que representa el final del propio proceso congelador, es muy difícil. De aquí se deduce que sea determinado a una temperatura de -4°C , lo que corresponde en la mayoría de los alimentos a una congelación aproximada del 73 % de la cantidad total de agua. Como la congelación del agua prosigue hasta temperaturas muy bajas, ambas fases del proceso, la congelación propiamente dicha y el post enfriamiento, discurren por consiguiente de manera simultánea dentro del tramo de c hasta d. Para poder determinar en la práctica el momento en que concluye la congelación genuina, se toma el punto f, que se halla en la intersección de las prolongaciones del tramo b a c y de d hasta c. (Ccallo, 2009).

2.4.2. ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL PROCESO DE CONGELACIÓN.

La congelación en sí misma no representa un efecto deletéreo en la calidad de la carne post rigor, y la velocidad de congelación tiene un efecto inapreciable en este tipo de carne. Sólo si la carne se congela rápidamente antes de que el rigor mortis haya sido completado, los músculos se pueden acortar muy apreciablemente si la descongelación



se lleva a cabo de manera rápida (Forrest *et al.*, 1975; Civile & Liska, 1975) y, además, puede acompañarse de considerables pérdidas por goteo (Marsh & Thompson, 1958). Este proceso llamado “rigor de la descongelación” o “thaw rigor” puede prevenirse fácilmente postergando la operación de congelado hasta que se complete el proceso de rigor mortis, o por medio de una estimulación eléctrica de la canal que acelera su consecución y permite congelar la carne en fase pre rigor sin problemas posteriores (Davey & Gilbert, 1973). Además, indican que la glicolisis continúa durante la congelación, y que un periodo suficiente de almacenamiento en congelación puede prevenir el rigor por descongelación. Otra alternativa posible es el empleo de enzimas proteolíticas exógenas como, por ejemplo, la papaína, que pueden inyectarse al animal antes del sacrificio para mejorar la terneza (García, María, & López, 1991).

2.4.3. ASPECTOS FÍSICOS DE LA CONGELACIÓN

2.4.3.1. Formación 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 sí que ingresen dos oxígenos vecinos, siempre hay un ion de hidrógeno formando enlaces. En el hielo los iones de oxígeno están distribuidos en forma (Chambilla, 2010).

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 (Ramos, 2005).

2.4.3.2. Cristalización del Agua

Un cristal puede definirse como un sólido compuesto de átomos que se han ordenado en forma repetitiva. La distancia interatómica en un cristal, sin importar su composición química, es constante y propia de cada material. “Debido a que el patrón o arreglo de los átomos es repetido en todas direcciones, existen restricciones definidas en el tipo de simetría que el cristal posee” (Ilvay, 2016).

El proceso de cristalización presenta una disminución de la temperatura hasta el subenfriamiento, por debajo del punto de congelación, una vez que la masa crítica de los núcleos es alcanzada, el sistema nuclea liberando el calor latente más rápido que el calor que está siendo retirado del sistema; seguida por una congelación de la masa total, que representa el tiempo o la duración de congelación (Chaimae, 2016).

2.4.3.2.1. Nucleación.

Es el proceso que antecede a la cristalización; en el aparecen los núcleos de hielo como consecuencia del sub enfriamiento (Alzate, 2008).

Nucleación, se refiere al inicio del proceso de separación de fases; antes de que se produzca el proceso de cristalización en el punto de congelación, se debe superar una significativa barrera de energía mediante la generación de una gran fuerza impulsora. La existencia de una barrera de energía es demostrada por la extracción continua de calor sensible por debajo de 0 °C sin la presencia de cambio de fase (Cabrera, 2019)



2.4.3.2.2. 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 (Singh & Heldman, 2001). 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 (Maltini, 1975).

2.4.3.2.3. Recristalización.

La recristalización se puede definir como cualquier cambio en el número, el tamaño, la forma, la orientación o la perfección de cristales después de finalizada la solidificación inicial. La recristalización es el proceso en el cual, con

el paso del tiempo, el promedio de tamaño de los cristales de hielo aumenta y su número disminuye por efecto de la redistribución del agua desde los pequeños cristales de hielo hasta los grandes (Luyet & Rasmussen, 1968)

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

Tabla 5. *Propiedades del hielo en función de la temperatura.*

Temperatura (°C)	Conductividad Térmica (W/m. k)	Calor especifico (KJ/Kg.K)	Densidad (Kg/M3)
-101	3.5	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	2.05	916.2

Fuente: Singh & Heldman (2001).

2.4.3.2.4. Cambios dimensionales

La congelación del agua se ve acompañada de un aumento de volumen, el que en alimentos es de un 6% aproximadamente, ya que únicamente se congela una parte del agua y también porque ciertos alimentos contienen aire. En el diseño de equipos se debe considerar esta dilatación (Barreiro & Sandoval, 2006).



2.4.3.2.5. Conductividad térmica

La conductividad térmica del hielo es cuatro veces mayor que la del agua. Este factor juega un papel importante en la rapidez de congelación. La conductividad térmica varía mucho según los productos y según la temperatura; dependiendo de la orientación estructural de los tejidos (Barreiro & Sandoval, 2006).

2.4.3.2.6. Calor desprendido en el curso 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-Cánovas & Vega-Mercado, 2000).

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

- 1.- Variación de entalpía correspondiente al enfriamiento de la temperatura inicial al punto de congelación.
- 2.- Calor latente de congelación
- 3.- Variación de entalpía correspondiente al enfriamiento del punto de congelación a la temperatura fina (Heldman & Taylor, 1997).

2.4.4. MÉTODOS DE CONGELACIÓN DE CARNE

La transferencia de calor en congelación puede ocurrir por tres mecanismos: conducción, radiación y convección. La conducción requiere un buen contacto físico



entre la carne y el medio congelante, y esto es generalmente difícil de alcanzar con carcasas y otros cortes irregulares (forma) de carne. La radiación no requiere ningún contacto físico, pero si se necesita una gran diferencia de temperaturas entre la superficie de la carne y la superficie circundante para alcanzar un significativo flujo de calor. La convección es el mecanismo de transferencia de calor más importante utilizado en la mayoría de sistemas de refrigeración de carne. En la mayoría de los casos, el aire refrigerado es el medio de transferencia; sin embargo, en algunos casos también se puede utilizar agua, salmuera o un gas criogénico (Lavado , 2018).

a. Métodos por corriente de aire: es el método más utilizado para congelar carne, ya que es económico, higiénico y relativamente no corrosivo para el equipo. La gran ventaja de los sistemas por aire es su versatilidad, especialmente cuando se requiere congelar una variedad de productos de distintas formas o productos individuales. Los sistemas van desde el más básico, en el cual un ventilador aspira aire a través de un serpentín y elimina el aire refrigerado a un cuarto aislado, hasta equipos especializados como túneles o espirales de congelación rápida. En sistemas continuos, la carne se transporta a través de un túnel de congelación o un cuarto refrigerado, usualmente con un transportador aéreo o en una faja. Esto soluciona el problema de la distribución desigual del aire, ya que cada elemento se somete al mismo perfil de velocidad/tiempo (Toldrá, 2010).

b. Métodos de congelación por contacto directo: se basa en la transferencia de calor por contacto entre los productos y la superficie de metal (que se enfría por un refrigerante primario o secundario) o por inmersión directa en un líquido refrigerado. La congelación por contacto ofrece varias ventajas sobre la congelación por aire, por ejemplo, presenta una mejor transferencia de calor y un importante ahorro de energía. Sin embargo, las desventajas son: la necesidad de productos de forma regular con grandes



superficies planas para un sistema de placa, y la necesidad de envolver y lavar el líquido de inmersión en los sistemas de inmersión (Carpio, 2015).

2.4.5. TIEMPO DE CONGELACIÓN.

Uno de los factores principales a considerar en el diseño y operación de un sistema de congelación es el tiempo de congelación. Cuando se considera el sistema de congelación, el tiempo requerido para el congelado establecerá la velocidad de movimiento del producto a través del sistema y por lo tanto la eficacia del sistema (Welti-Chanes, 2007).

La velocidad y el tiempo de congelación dependen de la cantidad total de calor que hay que extraer, de la temperatura inicial y final, de las características del producto, como por ejemplo su composición, su masa total, sus dimensiones (especialmente el espesor) y su estructura, de la presencia de embalaje y su naturaleza, y finalmente del procedimiento de enfriamiento (Genot, 2003).

La calidad del producto congelado será directamente dependiente de la velocidad a la cual se remueve el calor latente de fusión y por lo tanto la velocidad la cual se mantienen los cristales pequeños de hielo. Debido a la importancia del tiempo de congelación, es importante desarrollar métodos para estimar estos tiempos tan exactos como sea posible (Heldman & Taylor, 1997).

El tiempo de congelación, junto con la selección de un adecuado sistema de congelación, es un factor crítico para asegurar la óptima calidad del producto. El tiempo de congelación requerido para un producto establece la capacidad del sistema, además de influir de forma directa en la calidad del mismo. El método utilizado para calcular los tiempos de congelación es decisivo a la hora de seleccionar el sistema de congelación más adecuado para cada producto (Heldman, 1983).



A. Tiempo efectivo de congelación.

Es el tiempo preciso para disminuir la temperatura del producto a congelar de una determinada forma desde la temperatura inicial media uniforme t_0 hasta la temperatura tecnológicamente elegida t_e en el centro térmico (Salvadori, 1994).

B. Tiempo de congelación nominal.

Tiempo que transcurre entre el momento en que la superficie del producto alcanza $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ y el instante en que el centro térmico se encuentra a una temperatura $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ por debajo de la formación inicial de hielo en dicho punto. El tiempo de congelación nominal se emplea para calcular el deterioro sobre el alimento (Desrosier, 1983).

El tiempo real que dura el proceso de congelación va a depender de diferentes factores, ya sean relativos al producto como al equipo utilizado: Temperaturas inicial y final, Temperatura del refrigerante, Coeficiente de transferencia del producto, Variación de entalpía, Conductividad térmica del producto (Ccallo, 2009).

El tiempo de congelación depende de las propiedades termo físicas, forma, grosor del alimento, resistencia externa y la técnica de congelación a emplear, los comúnmente utilizados son congeladores de placas y túnel de corriente de aire frío. Aquí algunos datos de tiempo de congelación de algunos productos cárnicos: filete de ovino tres horas en congelador de placas, carne picada de vacuno 4 horas, en túnel de congelación, ambos con un recubrimiento de película plástica (Ccallo, 2009).

2.4.5.1. Factores que influyen sobre el tiempo de congelación

Los factores que influyen en el tiempo de congelación de productos alimenticios se deben principalmente a las características del alimento y las condiciones del equipo en el cual se va a llevar a cabo el proceso. Referente al alimento, es necesario conocer su



conductividad térmica, sus dimensiones y su temperatura inicial. De las condiciones del equipo, se debe de considerar el coeficiente convectivo de transferencia de calor, el medio de congelación y la temperatura a la cual se encuentra éste (Heldman & Taylor, 1997).

2.4.5.2. Fin de la congelación

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 (Potolski & Gruda, 1986).

2.5. PARAMETROS DE CALIDAD

2.5.1. ACIDEZ DE LA CARNE

El manejo pre sacrificio menciona sobre la energía requerida para la actividad muscular en un animal vivo se obtiene de los azúcares (glucógeno) presentes en el musculo. En un animal sano y descansado, el nivel de glucógeno presentes en el musculo es alto, Una vez sacrificado el animal, este glucógeno se convierte en ácido láctico y el musculo y la canal se vuelven rígidos (rigor mortis). Este ácido láctico es necesario para producir carne tierna y de buen sabor, calidad y olor. Pero si el animal esta estresado antes y durante el sacrificio, se consume todo el glucógeno y se reduce el nivel de ácido que se desarrolla en la carne luego de su sacrificio. Esto puede tener efectos adversos muy graves en la calidad de la carne (Jurado, Cabrera, & Salazar, 2016).

Los procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren en el organismo del animal, luego del sacrificio, están directamente relacionados con el rápido descenso del oxígeno presente en el torrente sanguíneo por lo tanto cuando se realiza el sacrificio de un animal se interrumpe la circulación sanguínea, como consecuencia de la operación de

desangrado. Los procesos post mortem propiamente dicho, comienza en la carne luego de la muerte biológica de los músculos (Mariño, Vilca, & Ramos, 2005).

Los músculos ya no pueden obtener energía a través de la respiración (vía aeróbica), y prosiguen sin él (vía anaeróbica). Esta energía está marcada por el proceso de degradación y síntesis de ATP. Se produce ácido láctico que no puede ser metabolizado ni transformado. Entonces el ácido láctico se acumula en el músculo en una cantidad que depende de las reservas de glucógeno, hasta que su producción se interrumpe, bien sea por el agotamiento del glucógeno, o porque el descenso del pH alcanza valores que inhiben las reacciones enzimáticas (Mariño, Vilca, & Ramos, 2005).

La acidez de la carne determina su grado de aceptación por el consumidor, excepto ciertos productos conservados por adición de ácido o producción de éste por bacterias lácticas, los productos cárnicos son generalmente de baja acidez. El ácido láctico en el músculo tiene el efecto de retardar el desarrollo de bacterias que contaminan la canal durante el sacrificio y el faenado. Estas bacterias deterioran la carne durante su almacenamiento especialmente en ambientes cálidos y la carne desarrolla olores desagradables, cambios de color y rancidez (Mariño, Vilca, & Ramos, 2005).

Tabla 6. *pH y acidez de las carnes en diferentes especies.*

tipo de carne	pH	Acidez (%)
pollo	6	0.17
res	5.8	0.09
cuy	6.5	0.09
cerdo	6.5	0.1
pavo	6.2	0.15

Fuente: (Jurado, Cabrera, & Salazar, 2016).



La velocidad de acidificación muscular está influenciada por la forma de aturdimiento - shock mecánico o eléctrico-. Las propiedades de la corriente de electro anestesia – tensión y frecuencia, intervienen no solamente en la instalación del rigor, primera etapa de la evolución del músculo en carne, sino también sobre la maduración (Ramirez, 2015).

2.5.2. pH

El pH nos dice la acidez exacta, indica la concentración de iones hidrogeno que es muy fundamental, en alimentos y productos cárnicos (Chambilla, 2010).

El pH de la carne depende de varios factores como: la condición post-mortem del animal y el tiempo posterior de almacenamiento. En el primer caso se puede presentar las condiciones de la carne (pálida suelta y exudativa) PSE y la carne oscura (DFD). El mismo tiene una importancia decisiva en la selección del tipo de microorganismos que crecerán y, en consecuencia, del tipo de alteraciones producidas. Un pH más alto (mayor a 7.2) favorece el desarrollo de los microorganismos (Culebro, García, Grandvallet, González, & Acosta , 2009).

El pH de la carne también es importante por razones tecnológicas; el pH bajo (menor a 5.2) favorece un curado rápido y efectivo; el alto, la retención de agua y la textura cerrada. También dependerá de la cantidad de glucógeno. El glucógeno pasará a glucosa y por vía anaeróbica (animal muerto) pasa a ácido láctico. Cuanto más se aproximen el pH al punto isoeléctrico de las proteínas de la carne, menor capacidad de retención de agua tendrá la carne. En condiciones normales el pH siempre será superior al punto isoeléctrico. Al aumentar el ácido láctico el pH se aproximará al punto isoeléctrico y si el pH es igual a este, la repulsión de las proteínas de la carne es nula por lo que hay muchas interacciones entre ellas. Cuando hay poco ácido láctico, el pH es



mayor que el punto isoeléctrico por lo que las proteínas estarán cargadas negativamente y será mayor la repulsión y por tanto el gel estará más expandido aumentando así su capacidad de retención de agua. Por ello los animales que llegan con poco glucógeno al sacrificio presentarán pH más alto (Amtmann, Gallo, Van-Schaik, & Tadich, 2006).

El pH de la carne de cuy tiene un promedio de 6.7, esto significa que se encuentran en el rango de pH de carnes óptimas para el consumo ya que posee una alta CRA, que evita la pérdida de minerales, proteínas y vitaminas (Condolo, Luis, & Merino, 2018).

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 sarcómero en el rigor están correlacionadas negativamente con la ternura de la carne (Bilgili, Egbert, & Huffman, 1989).

2.5.2.1. pH de la carne de cuy

El pH es un valor que determina si una sustancia es ácida, neutro o básica, calculado por el número de iones de hidrógeno presente en una solución. Es medido en una escala de 0 a 14, en la cual 7 significa que la sustancia es neutra. Valores de pH por debajo de 7 indican que la sustancia es ácida y valores por encima de 7 indican que la sustancia es básica. Un punto de pH podemos decir entonces que un pH de 5 es 100 veces más ácido que uno de 7 (neutro) (Ramirez, 2015).

El pH de la carne tiene un marcado efecto sobre sus propiedades físicas siendo responsable de la carne oscura al corte (la carne pierde su color original al ser expuesta al oxígeno del aire). La carne de cuy presenta unos valores de pH altos lo cual es muy



importante para la industrialización de la carne, porque aumenta la capacidad de retención de aguas y la capacidad emulsificante, lo que significa que puede utilizarse en cualquier etapa Post mortem, pero se recomienda que sea empleada a la 24 horas, pues ya tiene una maduración que garantiza la conversión del músculo a carne y un buen valor de pH (Angarita, 2005).

Los nombres PSE y DFD, describen las características físicas que presentan los músculos cuando se comparan con las características normales de la carne. Si bien no están del todo definidos los valores de las medidas objetivas de dichas características, en general, estas carnes se definen por el valor del pH en momentos determinados. De esta manera, la carne PSE es aquella que posee un pH inferior a 6 en los primeros 45 min post mortem. Mientras que la carne DFD es aquella que posee un pH igual o superior a 6 después de las 12-48 h post mortem dependiendo de la especie (Ramirez, 2015)

La carne oscura – firme - seca (DFD) resulta del estrés pre - sacrificio, el cual reduce las reservas de glucógeno en los músculos. Como resultado hay menos ácido láctico que lo normal en los músculos en el momento del sacrificio y el pH de la carne es mayor al normal. La organización post mortem normal de la carne no ocurre y por eso luce oscura y está firme y seca; es generalmente dura y poco apetitosa. También, el pH alto hace la carne más susceptible a un deterioro por bacterias. La carne DFD es un indicador de estrés, lesión, enfermedad o fatiga en el ganado antes del sacrificio y la pobre calidad también se refleja muy mal en el productor (Ramirez, 2015).

El defecto de la carne (PSE) pálido – suave – exudativo, es causado por las condiciones estresantes en el manejo pre - sacrificio. Las mismas condiciones de estrés y fatiga que producen el PSE también pueden inducir a la “mortalidad por estrés”, muerte aguda, durante el transporte y en el encierro de los animales. El PSE en cerdos es causado



por estrés severo y a corto plazo, justo antes del sacrificio, por ejemplo, durante la descarga, manejo, permanencia en jaulas y el aturdimiento. Después del sacrificio hay una rápida caída en el pH. La carne es pálida y exuda fluidos; esto la hace lucir poco apetitosa y es también inadecuada para el procesamiento (Huamani, 2014).

La carne de buena calidad tiene un pH último cercano al 5.5. Aunque hay evidencias de que los transportes pueden reducir el peso vivo y las reservas de glucógeno, no siempre se ve reflejado en el pH último (normalmente a las 24 horas post mortem). La falta de efecto sobre el pH último puede ocurrir cuando el transporte es un estresor ligero y los animales están en buenas condiciones de salud. La relación entre el contenido inicial en glucógeno del músculo y el pH último es lineal sólo con niveles de glucógeno muy bajos. Por lo cual los niveles de glucógeno no bajan lo suficiente para tener un efecto sustancial en el pH último, especialmente cuando los animales son capaces de recobrase durante el periodo de espera pre - sacrificio (Miranda, 2013).

Posterior a la matanza, el glicógeno es convertido en ácido láctico, el cual causa la disminución gradual del pH muscular hasta el valor final alcanzado, determinando “pH final”. El valor de este “pH final” para un animal que fue bien alimentado y sacrificado es aproximadamente 5.5. si el animal presento elevado estrés previo a su sacrificio, el pH final es mayor a 6.0 lo cual ocasiona que la carne sea oscura, firme y seca (Dutson, Savell, & Smith, 1981).

2.6. ADQUISICIÓN DE DATOS EN CONGELACIÓN

2.6.1. IDE DE ARDUINO

Arduino necesita de un programa externo ejecutado en otro ordenador para poder escribir programas para la placa. Este software es lo que llamamos Arduino IDE (Integrated Development Environment) o entorno de desarrollo integrado en español.



Arduino IDE es muy sencillo y basado en processing. Para usarlo el procedimiento es el siguiente: se escribe un programa en el IDE, se carga en Arduino, y el programa se ejecutará automáticamente en la placa. Processing es un lenguaje de programación y entorno de desarrollo integrado de código abierto, que sirve como medio para la enseñanza y producción de proyectos multimedia e interactivos de diseño digital (Rodríguez & Vento, 2018).

a) Arduino UNO R3

Arduino UNO es una placa electrónica. Cuenta con 14 pines digitales de entrada/salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de cuarzo de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. El nombre “UNO” fue elegido para conmemorar el lanzamiento del entorno de programación integrado Arduino (IDE) 1.0. UNO es el primero de una serie de placas Arduino USB y el modelo de referencia para la plataforma Arduino (Rodríguez & Vento, 2018).



III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se ha ejecutado en la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial en el laboratorio de Microbiología General.

3.2. MATERIALES DE EXPERIMENTACIÓN

3.2.1. MATERIA PRIMA

La materia prima que se utilizó para la ejecución del Proyecto de Investigación fueron 18 carcasas de Cuy (*Cavia porcellus*), de la línea Inti, con una edad de 7.5 a 8.5 meses con un peso vivo de 880g a 1079g. Estos se acopiaron del criadero “El Cututin”, ubicada en la carretera Puno – Juliaca km 22 Patallani Distrito de Paucarcolla.

3.2.2. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.2.2.1. Materiales

- Sensor de temperatura (termocupla) (WZP PT100)
- Transmisor para sensor de temperatura
- Cable USB
- Software ARDUINO (UNO R3)
- Matraz Erlenmeyer de 50 y 250 ml.
- Vaso precipitado de 250 ml.
- Probeta de 100 ml.
- Agua destilada
- Regla de 30cm.
- Cuchillo de acero inoxidable



- Tabla de picar
- Bandejas plásticas
- Cocina
- Lavador de plástico
- Ganchos metálicos

3.2.2.2. Equipos

- Congelador (DAEWOO, FF-142ACW, China)
- pH metro (JENWAY, 3510, china)
- Computador (laptop) (LENOVO, Think Pag, China)
- Balanza Analítica (SCOUT, Ohaus, china)
- Licuadora (OSTER, 8515, USA)

3.2.2.3. Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH) (0.1N)
- Fenolftaleína

3.3. METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO

La presente investigación se ha realizado de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:

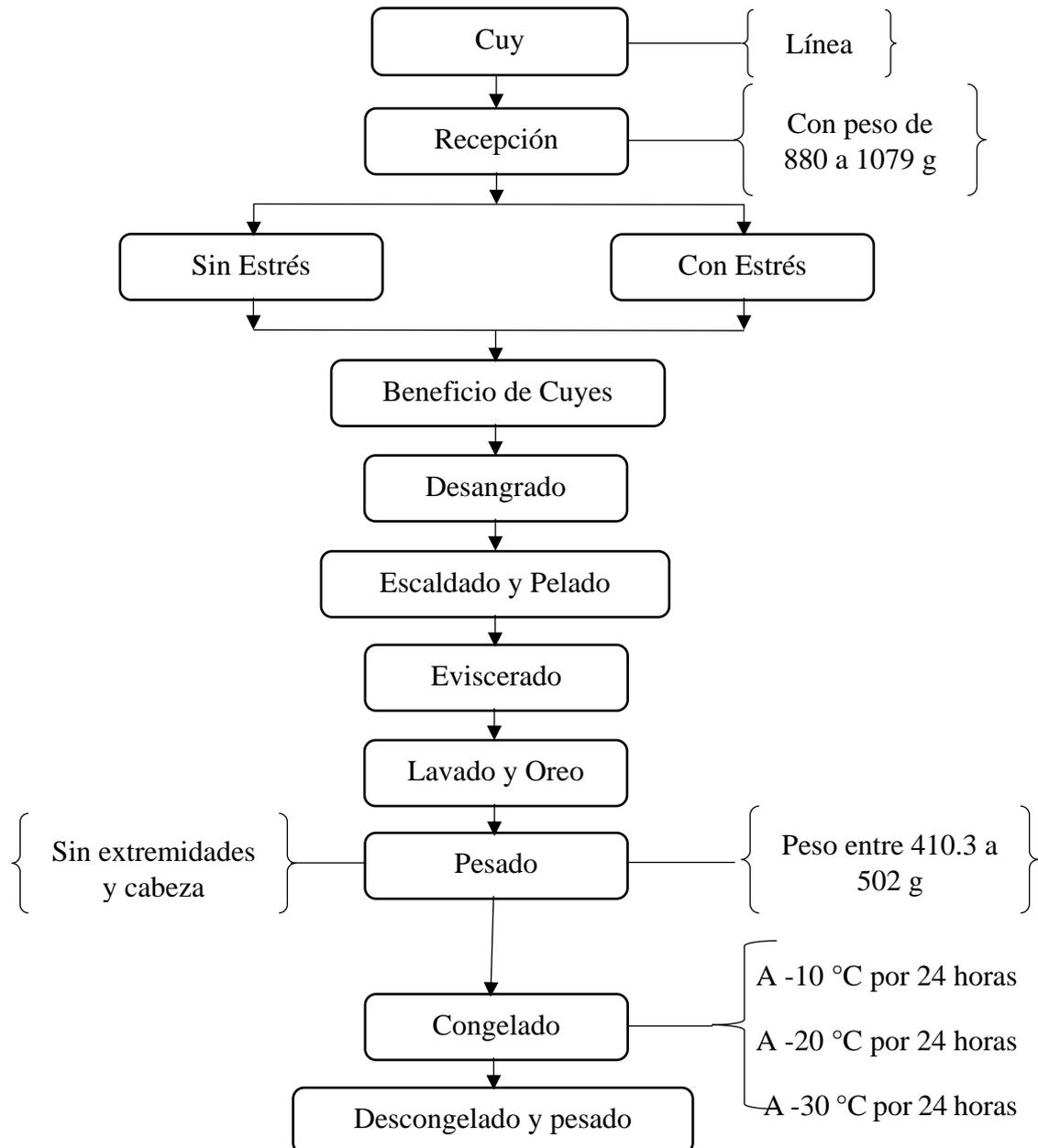


Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención de carne de cuy congelado.

A continuación, se describe las etapas del proceso:

- a. **Recepción de materia prima.** – La materia prima (cuyes) han sido adquiridas del criadero “El Cututin”.
- b. **Estrés.** – Se realizó de acuerdo a lo descrito por Swanson & Morrow-Tesch (2001), en la que menciona que la carga y descarga, el tiempo de transporte, la privación de agua y de alimentos, son factores estresantes a considerar. Por ello



en el presente trabajo, una vez adquirido el cuy 24 horas antes del sacrificio se sometió a privación de consumo de agua y alimento, también fue separado en pozas diferentes en forma individual.

- c. Beneficio.** - Se procedió a realizar un corte en la yugular a la altura del cuello.
- d. Desangrado.** - Se colgó al cuy en posición vertical por un tiempo de 1 – 3 minutos, para eliminar la sangre.
- e. Escaldado y pelado.** - Se sumergió al cuy en agua caliente con temperatura de 70°C – 90°C, por un tiempo de 20 a 30 segundos, girando al cuy para que impregne de agua por todas partes, luego se procede a retirar el pelo rápidamente sin maltratar la piel.
- f. Eviscerado.** – Se realizó un corte longitudinal por el vientre desde las extremidades superiores hasta el ano, teniendo cuidado de no perforar los intestinos, seguido se retira las vísceras.
- g. Lavado y oreo.** - Se lava con abundante agua hasta eliminar los residuos de sangre, vísceras y pelos que pueda contener, luego se deja a temperatura ambiente por un tiempo de 2 a 2.5 horas.
- h. Pesado.** - Se realizó el peso sin extremidades ni cabeza luego se realiza la leyenda respectiva.
- i. Congelado.** - Se coloca a la carcasa el sensor de temperatura (termocupla) en el muslo inferior el cual está conectado al software ARDUINO que registra el comportamiento de temperatura y tiempo, luego son colocados en la cámara de congelación a temperaturas de -10°C, -20°C y -30°C.



3.4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

3.4.1. EVALUACIÓN DE TIEMPO Y TEMPERATURA DE INICIO DE CONGELACIÓN

La metodología para determinar el tiempo y temperatura de inicio de congelación en la carne de cuy (*Cavia porcellus*), establece registrar un récord de perfiles tiempo – temperatura con el software ARDUINO, durante el proceso de congelación para lo cual con los valores registrados se procede a realizar el grafico y posteriormente se determina el tiempo de congelación y temperatura de inicio de congelación. Para ello se empleó la metodología propuesta por (Góral & Kluza, 2002) (Anderson, Sun, Erdogdu, & Singh, 2004), con algunas modificaciones.

3.4.2. EVALUACIÓN DE pH.

- Se pesó 10 g de muestra (carne de cuy).
- Se pica en trozos pequeños la muestra.
- Licuamos la muestra adicionando 100 ml de agua destilada.
- Se filtra lo licuado en un vaso precipitado, para retirar el tejido conectivo.
- Por último, llevamos a medir con el pH metro.

3.4.3. EVALUACIÓN DE ACIDEZ

Para la determinación de acidez después del sacrificio y para la carne congelada 24 horas post mortem se procedió a, licuar 10 g de muestra (carne de cuy) en 200ml de agua destilada por un minuto, tomar una muestra de 25ml del filtrado y agregar 2 a 3 gotas de fenolftaleína y titular con hidróxido de sodio 0.1N normal, anotar el volumen gastado de soda en la titulación tan pronto se evidencie el cambio de color, para expresar el resultado como ácido láctico (Pérez & Ponce , 2013).



Fórmula para determinación de ácido láctico.

$$\% \text{ ac. láctico} = \frac{V * N * f * 0.09008 * 100}{P} \dots\dots\dots \text{ec. (1)}$$

Donde, V = ml de solución gastados de hidróxido de sodio, N = normalidad de la solución, f = factor de corrección de la normalidad de la solución de hidróxido de sodio, 0.09008 mili equivalente de ácido láctico (peso molecular/l), P = peso de la muestra.

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

3.5.1. MODELO ESTADÍSTICO

Para comparar los resultados obtenidos para cada método se aplicó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo de 2X3 (estado de estrés y temperatura de congelación) y con tres repeticiones, con un total de 18 unidades experimentales y realizando su respectivo análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 7. *Distribución de tratamientos y repeticiones.*

TRATAMIENTOS	ESTADO	TEMPERATURA
		DE CONGELACION
T1	Sin Estrés	-10°C
T2	Sin Estrés	-20°C
T3	Sin Estrés	-30°C
T4	Con Estrés	-10°C
T5	Con Estrés	-20°C
T6	Con Estrés	-30°C

Fuente: elaboración propia.



Cuyo modelo estadístico lineal es:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

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

μ = es verdadero efecto medio probable.

α_i = efecto del tratamiento (estado).

β_j = efecto del tratamiento (temperatura).

$(\alpha\beta)_{ij}$ = efecto de la interacción de los tratamientos (estado y temperatura).

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

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 EVALUACIÓN DE TIEMPO DE CONGELACIÓN

Los resultados de la velocidad de congelación en la carne de cuy, se presentan en el Anexo 1, y sus respectivas curvas de congelación promedio en las figuras 7 y 8, tanto para la carne de cuy sin estrés y con estrés producido respectivamente, donde se observa que a medida que se incrementa el tiempo la temperatura disminuye, lo que nos da a entender, que con el proceso de registro y adquisición de datos en tiempo real se puede obtener curvas de congelación de carne de cuy.

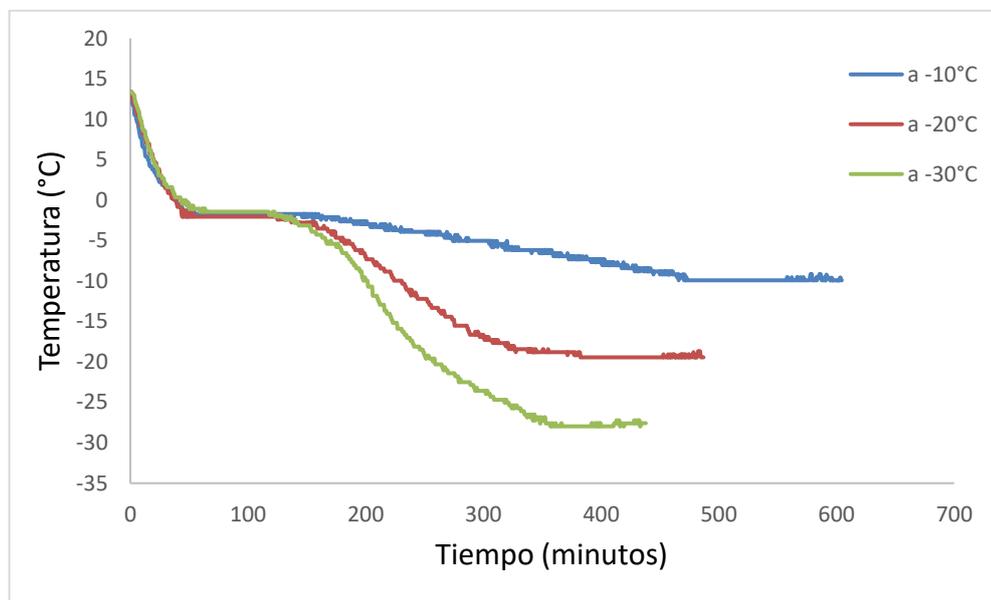


Figura 7. Curvas de congelación promedio para la carne de Cuy sin estrés

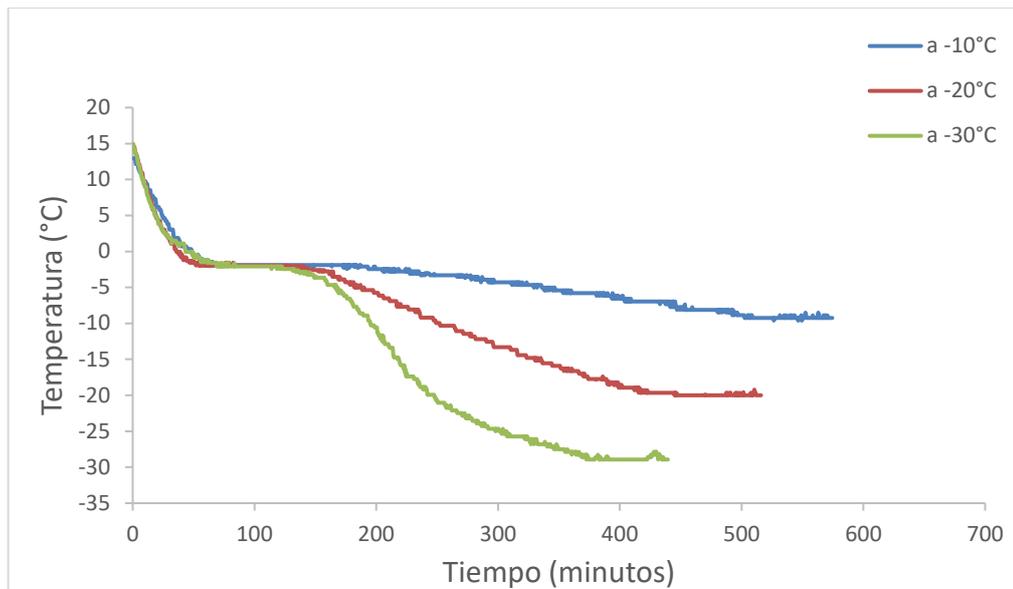


Figura 8. Curvas de congelación promedio para la carne de Cuy con estrés

comparando las curvas de congelación promedio de carne de cuy sin estrés y con estrés, que se muestran en las figuras 7 y 8, se observa que la carne de cuy sometido a estrés requiere de mayor tiempo de congelado esto es debido a que, después de la muerte del animal, una de las modificaciones más características del tejido muscular es la pérdida de sus propiedades elásticas, se produce fundamentalmente al disminuir en el músculo la concentración de ATP que permitía a la actina y miosina unirse irreversiblemente (actomiosina). La falta de circulación sanguínea priva al músculo del oxígeno indispensable para la respiración celular (Cheftel, Cuq, & Lorient, 1989).

En la Tabla 8 se muestra el análisis de varianza de los tratamientos (estado y temperatura de congelación) donde se observa que tanto para estado y temperatura el $p=0.0014$ y $p=0.0000$ son valores menores al $p>0.05$ por lo tanto existe diferencia significativa es por ello que se realiza la prueba de TUKEY a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 8. *Análisis de Varianza para Tiempo de Congelación.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P	Sig.
A: Estado	1	1.53	1.53	16.90	0.0014	*
B: Temperatura	2	13.40	6.70	74.23	0.0000	*
Interacción AB	2	0.33	0.17	1.84	0.2010	NS
Error	12	1.08	0.09			
Total	17	16.34				

* . La diferencia de medias es Significativa en el nivel 0.05

NS no significativo

En la Tabla 9 se puede observar la prueba de TUKEY para el tiempo de congelación, donde existe diferencia significativa entre medias de los tratamientos para la carne de cuy, donde la carne de cuy sin estrés producido congela en 6.6 h, mientras tanto en la carne de cuy con estrés producido congela en 7.18 h

Tabla 9. *Comparación de prueba TUKEY para Tiempo de Congelación por Estado.*

Estado	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin estrés	9	6.60	0.100154	a
Con estrés	9	7.18	0.100154	b

Por otra parte, en la Tabla 10 también encontramos diferencia significativa con respecto a la temperatura teniendo como resultado que a -30°C la carne se congela en un tiempo de 6.06 h, a -20°C se congela en 6.53 h y por último a -10°C se congela en un tiempo de 8.08 h.

Tabla 10. Comparación de prueba TUKEY para Tiempo de Congelación por Temperatura.

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
-30°C	6	6.06	0.122663	a
-20°C	6	6.53	0.122663	b
-10°C	6	8.08	0.122663	c

Genot (2003) menciona que el tiempo característico de congelación en el centro de los filetes de vacuno de 200 gr aproximadamente y de un espesor de 2 cm es de 142 minutos cuando la temperatura del congelador es de -20°C. Asimismo, Anderson, Sun, Erdogan y Singh (2004) reportan que filetes de vacuno de 220 gramos y 1 cm de espesor aproximadamente demoraron en promedio entre 220 y 270 minutos en llegar a una temperatura de -18°C. Carpio (2015) reporta el tiempo para congelar filetes de carne de llama con 200 – 250g con diferente porcentaje de inyección de salmuera es de 237.83 a 325.83 minutos cuando la temperatura del congelador es de -20°C. López, Villa, Tello y Solís (2016) indica que mediante bases matemáticas para el cálculo del tiempo de congelación de carne de cuy (Ecuación de Planck) la carne se congela en 6.30 horas estas son envasado al vacío y cortados en mitades. Este resultado es el que más se asemeja a la investigación en cuanto al tiempo de congelación ya que los anteriores autores determinaron el tiempo solo en filetes de carne.

Genot (2003) afirma que el tiempo de congelación depende de la cantidad total de calor a extraer, de la temperatura inicial y final, de las características del producto, de su estructura, del embalaje y método de enfriamiento. En la presente investigación se procuró que la carne de cuy para cada tratamiento tenga las mismas características y se

congelen en las mismas condiciones, pero, eso fue poco probable ya que no se pudo tener la carne a un solo peso y también un espesor ya que la carne de cuy fue congelados enteros (sin cabeza y extremidades).

4.2 EVALUACIÓN DE TEMPERATURA DE INICIO DE CONGELACIÓN

En la Tabla 11 se muestra el análisis de varianza realizado a un nivel de confianza del 95% para la temperatura de inicio de congelación, donde se puede apreciar que el $p=0.6868$ y $p=0.9376$ para estado y temperatura respectivamente por ser mayor a 0.05 nos indica que no existe diferencia significativa.

Tabla 11. *Análisis de Varianza para Temperatura de Inicio de Congelación.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P	Sig.
A: Estado	1	0.27	0.27	0.17	0.6868	NS
B: Temperatura	2	0.21	0.10	0.06	0.9376	NS
Interacción AB	2	0.42	0.21	0.13	0.8771	NS
Error	12	19.08	1.59			
Total	17	19.98				

NS no significativo

En el Anexo 2, se presenta el reporte de las temperaturas de la presente investigación de donde se pudo determinar que la carne de cuy tiene una temperatura de inicio de congelación entre -0.33 y -3.56 . Machado y Vélez (2008) la mayoría de alimentos tiene un punto de congelación entre 0 y -3.9°C debido al alto contenido de humedad de estos. Medina (2014) la carne, específicamente, tiene un punto inicial de congelación por debajo de 0°C (punto de congelación del agua pura) y depende del tipo y concentración de los solutos entre el agua/fase líquida del producto.



Ccallo (2009), menciona en su trabajo de investigación que el filete de trucha inicia a congelarse a una temperatura de -1.1°C en una cámara de congelación a -18°C . Carpio (2015) determina puntos de congelación en filetes de carne de llama con diferente porcentaje de inyección de salmuera el cual indica que el tratamiento con menor punto de congelación correspondió a de 20 % (-3.02°C), seguido por el de 12 % (-2.25°C), y el que presento un mayor valor (-1.38°C) fue el tratamiento que no contenía salmuera.

Machado & Vélez (2008), menciona que el punto inicial de congelación está relacionado al contenido de humedad del alimento, ya que a medida que la humedad aumenta, el punto de congelación se acerca al del agua (0°C). Asimismo, indica que este valor no es igual para todos los tipos de carne, por otro lado, el punto de congelación depende del contenido de sólidos solubles, proteína, grasas y ceniza.

4.3 EVALUACIÓN DE POTENCIAL DE HIDROGENO (pH)

4.3.1 pH POST MORTEM INICIAL

Los valores de pH evaluados durante el post mortem inicial para cada tratamiento, se muestran en el anexo 3, por otro lado, en la tabla 12 se muestra el análisis de varianza para pH post mortem inicial, donde se determinó que no existe diferencia estadística significativa al 95% en ninguno de las interacciones de estado y temperatura

Tabla 12. *Análisis de Varianza para pH post mortem inicial.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P	Sig.
A: Estado	1	0.008	0.008	0.89	0.3644	NS
B: Temperatura	2	0.001	0.000	0.06	0.9462	NS
Interacción AB	2	0.021	0.010	1.06	0.3782	NS
Error	12	0.12	0.01			
Total	17	0.151				

NS no significativo

Nakandakari, Gutiérrez, Chauca y Valencia (2014) en su trabajo titulado medición de pH intramuscular del cuy durante las primeras 24 horas post beneficio, reporto un valor de 6.67 ± 0.27 para pH inicial, En la presente investigación se obtuvo valores de 6.6 a 6.9 estos valores de pH post beneficio está dentro del rango del estudio anteriormente citado.

4.3.2 pH DE LA CARNE A LAS 24 HORAS POST MORTEM

En la Tabla 13 se muestra el análisis de varianza para pH a las 24 horas post mortem, con los datos obtenidos que se muestran en el anexo 4, se determina que existe diferencia estadísticamente significativa para el tratamiento de estado ya que $p=0.0000$ es menor a $p>0.05$ es por ello que se realiza la prueba de TUKEY, mientras que para el tratamiento de temperatura $p=0.1866$ es mayor a $p>0.05$ lo cual indica que no existe diferencia estadística significativa a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 13. *Análisis de Varianza para pH a las 24 horas post mortem.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P	Sig.
A: Estado	1	1.560	1.560	175.56	0.0000	*
B: Temperatura	2	0.030	0.020	1.94	0.1866	NS
Interacción AB	2	0.007	0.004	0.44	0.6555	NS
Error	12	0.110	0.009			
Total	17	1.71				

* . La diferencia de medias es Significativo en el nivel 0.05

NS no significativo

Tabla 14. *Comparación de prueba TUKEY para pH a las 24 horas post mortem por estado.*

Estado	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Sin estrés	9	6.01	0.031427	a
Con estrés	9	6.60	0.031427	b

En la Tabla 14 se evidencia los resultados de la prueba Tukey al 5% para la variable pH 24 horas post mortem, donde se determinó que existe diferencia significativa entre el tratamiento de estado ya que nos indica que para la carne de cuy sin estrés producido el pH a las 24 horas post mortem es de 6.01 mientras que para la carne de cuy con estrés producido es de 6.6, la cual concuerda con la investigación realizada por Nakandakari, Gutiérrez, Chauca y Valencia, (2014), en su trabajo titulado medición de pH intramuscular del cuy durante las primeras 24 horas post beneficio, reporto que el valor de 6.05 ± 0.09 . Es ideal para pH final a las 24 horas.

Swanson y Morrow-Tesch (2001), mencionan que la jerarquía entre animales (peleas), el ruido, las vibraciones en el transporte (frecuencia, dirección y aceleración), la falta de experiencias previas, el reagrupamiento social, los factores climáticos (temperatura, humedad y gases), la carga y descarga, el tiempo de transporte y la privación de agua y alimentos, son factores estresantes a considerar; y que a su vez generan un desequilibrio endocrino que altera el metabolismo energético del animal.

Dutson, Savell y Smith (1981), Indican que posterior a la matanza, el glicógeno es convertido en ácido láctico, el cual causa la disminución gradual del pH muscular hasta el valor final alcanzado, determinando “pH final”. El valor de este “pH final” para un animal que fue bien alimentado y sacrificado es aproximadamente 5.5. si el animal presento elevado estrés previo a su sacrificio, el pH final es mayor a 6.0 lo cual ocasiona que la carne sea oscura, firme y seca.

Tabla 15. Comparación de prueba TUKEY para pH a las 24 horas post mortem por Temperatura.

Temperatura	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
-10°C	6	6.26667	0.03849	a
-20°C	6	6.28333	0.03849	a
-30°C	6	6.36667	0.03849	a

En la Tabla 15 por otra parte se evidencia que los resultados obtenidos de la prueba Tukey al 5% no existe diferencia significativa en tratamiento por temperatura teniendo valores similares.

4.4 EVALUACIÓN DE ACIDEZ

4.4.1 ACIDEZ POST MORTEM INICIAL

Se realizó el análisis de varianza para acidez de la carne post mortem inicial el cual se muestra en la Tabla 16, se determinó que no existe diferencia estadística significativa a un nivel de confianza del 95% para los tratamientos de estado y temperatura.

Tabla 16. *Análisis de varianza para acidez post mortem inicial.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P	Sig.
A: Estado	1	0.00005	0.00005	1.13	0.3097	NS
B: Temperatura	2	0.00014	0.00007	1.62	0.2374	NS
Interacción AB	2	0.00023	0.00012	2.62	0.1133	NS
Error	12	0.00053	0.00004			
Total	17	0.00096				

NS no significativo

4.4.2 ACIDEZ DE LA CARNE 24 HORAS POST MORTEM

En la Tabla 17 se muestra el análisis de varianza para acidez a las 24 horas post mortem, con los datos obtenidos que se muestran en el anexo 6, se determina que existe diferencia estadísticamente significativa para el tratamiento de estado ya que $p=0.0000$ es menor a $p>0.05$ es por ello que se realiza la prueba de TUKEY, mientras que para el tratamiento de temperatura $p=0.4418$ es mayor a $p>0.05$ lo cual indica que no existe diferencia estadística significativa a un nivel de confianza del 95%.

Tabla 17. *Análisis de Varianza para acidez a las 24 horas post mortem.*

Fuente	GL	SC	CM	F	P	Sig.
A: Estado	1	0.00245	0.00245	55.13	0.0000	*
B: Temperatura	2	0.00008	0.00004	0.88	0.4418	NS
Interacción AB	2	0.00023	0.00012	2.63	0.1133	NS
Error	12	0.00053	0.00004			
Total	17	0.00329				

* . La diferencia de medias es Significativa en el nivel 0.05

NS no significativo

Tabla 18. *Comparación de prueba TUKEY para acidez a las 24 horas post mortem por Estado.*

Estado	Casos	Media LS	Sigma LS	Grupos Homogéneos
Con estrés	9	0.078	0.002	a
Sin estrés	9	0.102	0.002	b

Los resultados de la prueba Tukey para la variable acidez a las 24 horas post mortem, como se puede ver en la Tabla 18, nos indica que la acidez para la carne de cuy sin estrés es de 0.10 acidez adecuada para mantener la calidad de la carne resaltando lo que menciona (Mariño, Vilca, & Ramos, 2005), que el ácido láctico en el musculo tiene efecto de retardar el desarrollo de bacterias que contaminan la canal durante el sacrificio. Estas bacterias deterioran la carne durante su almacenamiento, especialmente en ambientes cálidos y la carne desarrolla olores desagradables, cambios de color y rancidez.



V. CONCLUSIONES

El estrés ante mortem producido a los cuyes no afecta en la temperatura de inicio de congelación de la carne. Sin embargo, afecta significativamente en el tiempo de congelación ya que la carne de cuy con estrés producido demora más tiempo para congelarse con respecto a la carne de cuy sin estrés, para la temperatura de congelación de -30°C los tiempos de congelación fueron de 6.20 y 5.92 horas respectivamente. Por otro lado, el pH y acidez de la carne post mortem inicial no fueron afectados por el estrés ante mortem del cuy, sin embargo, a las 24 horas de evaluación el pH y acidez fueron afectados significativamente obteniendo valores de pH de 6.60 para la carne de cuy con estrés producido y valores de pH de 6.01 para la carne de cuy sin estrés.

La temperatura de congelación afectó significativamente en el tiempo de congelación, a medida que se baja la temperatura de congelación el tiempo disminuye de 8.08 a 6.06 horas para -10°C y -30°C respectivamente. Sin embargo, la temperatura de inicio de congelación, pH y el porcentaje de acidez no fueron afectados.



VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar la determinación de humedad de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) antes que se congele ya que es un factor a tener en cuenta para la temperatura de inicio de congelación.

Se recomienda realizar la determinación de grasa y proteínas para ver el comportamiento con respecto al estrés.

Se recomienda realizar análisis de textura antes y después del congelado ya que las temperaturas de congelación pueden afectar en la calidad de la carne de cuy (*Cavia porcellus*).



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abugoch, L., Quitral, V., Larraín, M., Vinagre, J., Kriukov, A., & Chávez, G. (2006). Estudio de las modificaciones en proteínas de reineta (*Brama australis*), sometidas a congelación y almacenamiento a -18°C y -30°C . *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 56(4), 350-355.
- Alzate, C. E. (2008). Congelación y Liofilización de alimentos: Gobernación de Caldas.
- Amtmann, V., Gallo, C., Van-Schaik, G., & Tadich, N. (2006). Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. *Archivos de medicina veterinaria*, 38(3), 259-264.
- Anderson, B. A., Sun, S., Erdogdu, F., & Singh, R. P. (2004). Thawing and freezing of selected meat products in household refrigerators. *International Journal of Refrigeration*, 27(1), 63-72.
- Angarita, R. C. (2005). Manual para la elaboración artesanal de productos cárnicos utilizando carne de cuy (*Cavia porcellus*). *Universidad de la Salle, Bogota*, pag. 135.
- Arbildo, I. (2015). Empaques y embalajes para productos congelados y curados. *Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos - Perú.*, 89.
- Argote, F. (1999). Estudio de factibilidad para el montaje de una planta procesadora de carne de Cuy empacada en bandeja a vacío en el municipio de Tangua Nariño. *Tesis de pregrado Ingeniero Agroindustrial, Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería.*
- Argote, F. E., Velasco, R., & Paz, P. C. (2015). Estudio de métodos y tiempos para obtención de carne de cuy (*Cavia porcellus*) empacada a vacío. *Revista Biotecnología, Unicauca.edu*, 5(2), 103-111.
- Avilés, D., Martínez, A., Landi, V., & Delgado, J. (2014). El cuy (*Cavia porcellus*): un recurso andinote de interés agroalimentario The guinea pig (*Cavia porcellus*): An Andean resource of interest as an agricultural food source. *Animal Genetic Resources/Resources génétiques animales/Recursos Genéticos animales*, 55, 87-91.
- Baltodano, C. L. (2019). Evaluación de la productividad de cuyes (*Cavia porcellus*), línea Andina, en CEFOP, Unidad Operativa Virú. *Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo - Perú.*
- Barbosa-Cánovas, G. H., & Vega-Mercado, H. (2000). *Deshidratación de alimentos*. Zaragoza, España : 7ma Edición. pag, 297.
- Barreiro, J. A., & Sandoval, A. J. (2006). *Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas*. Caracas, Venezuela: Equinoccio.
- Bhandari, B., & Howes, T. (1999). Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. *Journal of Food Engineering*, 40(1-2), 71-79.



- Bilgili, S., Egbert, W., & Huffman, D. (1989). Research note: Effect of postmortem aging temperature on sarcomere length and tenderness of broiler pectoralis major. *Poultry Science*, 68(11), 1588-1591.
- Blanco, M. (2005). Cuyes crianza y manejo. Cajamarca, Perú.
- Broom, D. (2007). Welfare in relation to feelings, stress and health. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 1695, 7504.
- Bulitta, S. F., Aradom, S., & Gebresenbet, G. (2015). Effect of transport time of up to 12 hours on welfare of cows and bulls. *Journal of Service Science and Management*, 8, 161-182.
- Cabodevilla, J., & Teruel, M. (2001). *Criopreservación de embriones bovinos. Citado por: PALMA G. 2001. Biotecnología de la Reproducción*. Argentina: Ed. INTA Balcarce.
- Cabrera, S. (2019). Efecto de la temperatura en el color de tres variedades de papas nativas (*Solanum tuberosum*), sometidas al proceso de congelación. *Universidad Nacional Jose Maria Arguedas, Apurimac - Perú.*, 83.
- Cadena, S. (2000). *Crianza casera y comercial cuyes*. Quito, Ecuador: Edit. Libros épsilon . pp. 9-107.
- Caicedo, A. (2019). Diseño de una planta de faenamiento de cuyes en el Municipio de el Tambo, Cauca. *Universidad del Cauca, Facultad de Ciencias Agrarias, Popayán-Colombia*, 78.
- Camacho, J. G. (2011). Diagnóstico para la implementación de una planta de faenamiento de carne de cuy empacada al vacío para pequeños productores de la parroquia Pastocalle del cantón Latacunga, durante el primer semestre del 2011. *Maestría en Gerencia de Empresas Agropecuarias*.
- Campeños, F. H. (2002). Manual Agropecuario tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente.
- Candiani, D., Salamano, G., Mellia, E., Doglione, L., Bruno, R., Toussaint, M., & Gruys, E. (2008). A combination of behavioral and physiological indicators for assessing pig welfare on the farm. *Journal of applied animal welfare science*, 11(1), 1-13.
- Carpio, G. A. (2015). Propiedades tecnológicas de la carne de Llama (*Lama glama*) marinada con cloruro sódico y fosfatos sometidas a congelación y descongelación. *Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú*, 129.
- Ccallo, F. (2009). Congelación y refrigeración de filetes de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) envasado al vacío. *Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú*, 80.
- Chaimae, H. (2016). Optimización del proceso de crioconcentración progresiva de soluciones de sacarosa, mediante la utilización de la metodología de superficie de respuesta (RSM) en un equipo de contacto indirecto. *Universitat Politècnica de Catalunya Barcelonatech.*, 67.



- Chambilla, W. (2010). Efecto del método de congelación sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). *Universidad Nacional del Altiplano, Puno*, 83.
- Charmandari, E., Tsigos, C., & Chrousos, G. (2005). Endocrinology of the stress response. *Annu. Rev. Physiol.*, 67, 259-284.
- Cheftel, J., Cuq, J., & Lorient, D. (1989). *Proteínas alimentarias*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Civille, G. V., & Liska, I. H. (1975). Modifications and applications to foods of the General Foods sensory texture profile technique. *Journal of Texture Studies*, 6(1), 19-31.
- Condolo, B., Luis, J., & Merino, O. E. (2018). Diseñar y construir un prototipo de cámara fría para la conservación de carne de cuyes y conejos. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Ecuador*.
- Cordova, S. A., & Flores, L. E. (2010). Estudio del efecto del aturdimiento sobre la calidad de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). *Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú*, (50), 110.
- Culebro, O. P., García, A. A., Grandvallet, L. A., González, R. G., & Acosta, P. C. (2009). Análisis de algunos factores pre sacrificio, durante y post sacrificio que afectan el pH de canales de novillos para abasto. *Memorias XXII Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Veracruz*, 1(1), 469-477.
- Davey, C. L., & Gilbert, K. (1973). The effect of carcass posture on cold, heat and traw shortening in lamb. *International Journal of Food Science & Technology*, 8(4), 445-451.
- Delgado, S. G., & Villar, J. J. (2015). Diseño, construcción e implementación de un módulo de refrigeración para simular y controlar el proceso de refrigeración y congelación de alimentos en el laboratorio de la escuela de Ingeniería de Industrias Alimentarias. *Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa*, 74.
- Desrosier, N. W. (1983). *Elementos de tecnología de alimentos*. México: Cecsa/grupo editorial patria, 783 pag.
- Dixon, L. M., & Duncan, I. J. (2010). Changes in substrate access did not affect early feather-pecking behavior in two strains of laying hen chicks. *Journal of Applied Animal Welfare Science*, 13(1), 1-14.
- Dutson, T., Savell, J., & Smith, G. (1981). Electrical stimulation of ante mortem stressed beef. *The Problem of Dark-Cutting in Beef, Springer*, pp. 253-268.
- Earle, R. (1998). *Ingeniería de los alimentos (las operaciones básicas del procesado de los alimentos)*. Zaragoza, España: Editorial Acribia, Segunda edición.
- Elrom, K. (2000). Handling and transportation of chickens; welfare, stress, fear and meat quality: part V: Transport to the slaughterhouse. *Israel Journal of Veterinary Medicine*, 56, 1-3.



- Feng, Y., Yang, X., Wang, Y., Li, W., Liu, Y., Yin, R., & Yao, J. (2012). Effects of immune stress on performance parameters, intestinal enzyme activity and mRNA expression of intestinal transporters in broiler chickens. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 25(5), 701.
- Figueroa, C. (2005). El cuy y sus actividades productivas. *Centro Ideas-Programa San Marcos, Línea Técnica Pecuaria, Cajamarca - Perú*.
- Forkman, B., Boissy, A., Meunier-Salaün, M. C., Canali, E., & Jones, R. (2007). A critical review of fear tests used on cattle, pigs, sheep, poultry and horses. *Physiology & Behavior*, 92(3), 340-374.
- Forrest, J. C., Aberle, E. D., Hedrick, H. B., Judge, M. D., & Merkel, R. A. (1975). *Principales of meat science: WH Freeman and Co*.
- García, C., María, B., & López, G. (1991). *Manual de bioquímica y tecnología de la carne*. Madrid: A. Madrid Vicente, Ediciones.
- Genot, C. (2003). *Congelación y calidad de la carne. Traducción de Djamal Djenane*. Zaragoza - España: Acribia, 104 pag.
- Gómez, A., Cerón, T., Rodríguez, V., & Vázquez, M. (2007). Aspectos tecnológicos de la congelación en alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 1, 80-96.
- Góral, D., & Kluza, F. (2002). Experimental and analytical determination of freezing point depression. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 5(2), 9.
- Grégoire, A., Joly, T., Huamán, E., Silva, R. M., & León, S. (2010). Criopreservación de los recursos genéticos del cuy (*Cavia porcellus*): producción y congelación de embriones. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*(39(1)), 185-188.
- Hahn, G., Mader, T., & Eigenberg, R. (2003). Perspective on development of thermal indices for animal studies and management. *EAAP Technic Ser*, 7, 31-34.
- Harewood, E., & McGowan, C. (2005). Behavioral and physiological responses to stabling in naive horses. *Journal of Equine Veterinary Science*, 25(4), 164-170.
- Heldman, D. (1983). Factors influencing food freezing rates, *Food Technol.* 37, 103-109.
- Heldman, D., & Taylor, T. (1997). Modeling of food freezing Quality in frozen food. *Springer*, (pp. 51-64).
- Heredia, A. C., & Vargas, J. C. (2011). Alimentación con morera (*Morus spp.*), maralfalfa morado (*Pennisetum spp.*) y mezcla forrajera en cuyes (*Cavia porcellus*) de 15 días hasta los 3 meses de edad en el criadero el CEYPSA. *Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga-Ecuador*, 119.
- Herrera, C. (2011). Indicadores Fisiológicos de estrés en Ganadería Bovina: Instructora.
- Herring, H., Cassens, R., & Risky, E. (1965). Further studies on bovine muscle tenderness as influenced by carcass position, sarcomere length, and fiber diameter. *Journal of Food Science*, 30(6), 1049-1054.



- Huamani, N. E. (2014). Efecto de dos métodos de aturdimiento pre mortem en el sacrificio de cuyes sobre las características tecnológicas de la carne. *Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú*, 104.
- Huingo, F. R. (2018). Caracterización morfológica del cuy del valle de Condebamba. *Universidad Nacional de Cajamarca, Perú*.
- Huynh, T., Aarnink, A., Truong, C., Kemp, B., & Verstegen, M. (2006). Effects of tropical climate and water cooling methods on growing pigs' responses. *Livestock science*, 104(3), 278-291.
- Ilvay, B. S. (2016). Diseño del proceso para producción de acetato de sodio a partir de ácido acético e hidróxido de sodio existentes en las bodegas del consejo nacional de control de sustancias estupefacientes y psicotrópicas (CONSEP). *Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador.*, 196.
- James, C., & James, S. (2010). Chapter: Freezing/Thawing. Handbook of meat processing. *Iowa, United States, Toldrá*, 105-124.
- Jong, I. D., Gunnink, H., Rommers, J. M., & Bracke, M. (2013). Effect of substrate during early rearing on floor-and feather pecking behaviour in young and adult laying hens. *Archiv für Geflügelkunde*, 77(1), 15-22.
- Jurado, H., Cabrera, E. J., & Salazar, J. (2016). Comparación de dos tipos de sacrificio y diferentes tiempos de maduración sobre variables físico-químicas y microbiológicas de la carne de Cuy (*Cavia porcellus*). *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(3), 201-217.
- Khan, A. (1974). Relation between isometric tension, postmortem pH decline and tenderness of poultry breast meat. *Journal of food Science*, 39(2), 393-395.
- Lavado, M. D. (2018). Efecto del Marinado, Congelación y descongelación sobre las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca (*Vicugna pacos*). *Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú*, 110.
- López, H., Villa, F. R., Tello, A. B., & Solís, M. P. (2016). Aseguramiento de la calidad de carne de cuy (*Cavia porcellus*) envasado al vacío y conservación por congelación. *Investigación Valdizana*, 10(4), 153-160.
- López, K. (2018). Proceso de congelación de pavos y vida en anaquel de pavos empacados. *Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima - Perú.*, 60.
- Lowe, B. (1948). Factors affecting the palatability of poultry with emphasis on histological post-mortem changes. *Advances in Food Research vol. 1, Elsevier*, 203-256.
- Luyet, B., & Rasmussen, D. (1968). Study by differential thermal analysis of the temperatures of instability of rapidly cooled solutions of glycerol, ethylene glycol, sucrose and glucose. *Biodynamica*, 10(210), 167-191.
- Machado, K., & Vélez, J. (2008). Estudio de propiedades físicas de alimentos mexicanos durante la congelación y el almacenamiento congelado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 7(1), 41-54.



- Maltini, E. (1975). Thermal phenomena and structural behaviour of fruit juices in the pre-freezing stage of the freeze drying process. *Freeze Drying and Advanced Food Technology*. SA Goldblith, L. Rey & WW Rothmayr, eds, 121-139.
- Mamani, R. S. (2016). Efecto antimicrobiano del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare*) sobre *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp. En la carne de cuy (*Cavia Porcellus*). *Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.*, 102.
- Mancera, J., & Martín, M. (2003). El sistema de estrés en peces teleósteos. 3.
- Mariño, J. (2010). Evaluación del Efecto de Diferentes Descargas Eléctricas (120, 130, 140 y 150 Voltios) en el aturdimiento de Cuyes. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador*, (17), 61.
- Mariño, A., Vilca, L., & Ramos, D. (2005). Evaluación del pH en canales de toros Holstein (*Bos taurus*) y Nelore (*Bos indicus*). *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 16(1), 90-95.
- Marsh, B., & Thompson, J. (1958). Rigor mortis and thaw rigor in lamb. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 9(7), 417-424.
- Mayorga, P. R. (2019). Estudio de factibilidad para la industrialización del cuy en el asadero "El Palacio del Cuy", cantón Tisaleo. *Ambato - Ecuador.*, pag 91, 15 - 16.
- Medina, K. U. (2014). Evaluación de las propiedades tecnológicas de la carne de Alpaca (*Vicugna pacos*) envasada al vacío durante el almacenamiento en congelación. *Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú*, 183.
- Mellor, D., Cook, C., & Stafford, K. (2000). Quantifying some responses to pain as a stressor. *The Biology of Animal Stress: Basic Principles and Implications for Welfare*, 171-198.
- Miranda, G. C. (2013). Transporte y logística pre-sacrificio: principios y tendencias en bienestar animal y su relación con la calidad de la carne. *Veterinaria México*, 44(1), 31-56.
- Moposita, L. (2016). Evaluación de tres sistemas de alimentación sobre el rendimiento productivo en cuyes de la línea Inti, Andina y Perú. *Universidad Técnica de Ambato, Cevallos-Ecuador*, 71.
- Mpakama, T., Chulayo, A., & Muchenje, V. (2014). Bruising in slaughter cattle and its relationship with creatine kinase levels and beef quality as affected by animal related factors. *Asian-Australasian journal of animal sciences*, 27(5), 717.
- Nakandakari, L., Gutiérrez, E., Chauca L., & Valencia, R. (2014). Medición del pH intramuscular del cuy (*Cavia porcellus*) durante las primeras 24 horas post beneficio tradicional. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 2(2), 99-105.
- Orrego, C. E. (2008). *Congelación y Liofilización de Alimentos*. Manizales, Caldas, Colombia: Orrego A. C. E., pag, 172.
- Otovic, P., & Hutchinson, E. (2015). Limits to using HPA axis activity as an indication of animal welfare. *ALTEX-Alternatives to animal experimentation*, 32(1), 41-50.



- Pantoja, R. S. (2014). Desarrollo de un proceso eficaz y eficiente para el desposte industrial de cuyes. *Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador.*, 216.
- Pastor , R., Afonso, A., & Sastre, S. (2017). Consideraciones sobre la manipulación de productos cárnicos, de la pesca y productos congelados. *Cátedra Banco de Alimentos de la UPM.*, 40.
- Pérez, M., & Ponce , E. (2013). Manual de prácticas de laboratorio: Tecnología de carnes. *Revista científica Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa*, 9.
- Potolski, J., & Gruda, Z. (1986). *Tecnología de la congelación de los alimentos*. Zaragoza-España: Acribia, pag. 631.
- Puntaca, L. C. (2019). Efecto del método de congelación en dos regiones anatómicas sobre las características de color y textura del filete de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). *Universidad Nacional del Altiplano, Puno - Perú.*, 83.
- Quiñonez, R. (1999). Manual de procesamiento de Carnes. *Escuela Nacional Agraria. Chile.*
- Quiroga, G., & García , J. (1994). Manual para la instalación del pequeño matadero modular de la FAO. *FAO, Roma (Italia)*, 250.
- Quishpi, T., Alexandra, V., & Padilla, B. N. (2015). Adecuación e instalación de una área de faneamiento semiautomático para cuyes y conejos en el programa de especies menores de la Facultad de Ciencia Pecuarias. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo-Ecuador*, 114.
- Ramirez, D. I. (2015). Evaluación del efecto de shock eléctrico en la calidad de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). *Universidad Tecnica de Ambato, Cevallos-Ecuador*, 74.
- Ramírez, J. C., Cabrera, M. B., & Perdomo, J. C. (2014). Evaluación de prototipo de mezclador en "V" para sólidos secos ligeros, mediante la técnica pindice de mezcla. *Alimentos Hoy*, 22(33), 40-52.
- Ramos, H. (2005). Efecto del Método de Congelamiento sobre las características Físicoquímicas y Organolépticas de la carne de pechuga de Pollo. *Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico.*
- Rey, L. R. (1960). Thermal analysis of eutectics in freezing solutions. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 85(2), 510-534.
- Rodenburg, T., Van Krimpen, M., De Jong, I., De Haas, E., Kops, M., Riedstra, B., & Nicol, C. (2013). The prevention and control of feather pecking in laying hens: identifying the underlying principles. *World's Poultry Science Journal*, 69(2), 361-374 .
- Rodriguez, A., & Vento, J. R. (2018). Implementación de una herramienta para diagnóstico OBD-II sobre bus can con Arduino. *VI Simposio Internacional de Electrónica: Diseño, Aplicaciones, Técnicas Avanzadas y Retos Actuales*, 10.
- Roos, Y. H. (1987). Effect of moisture on the thermal behavior of strawberries studied using differential scanning calorimetry. *Journal of Food Science*, 52(1), 146-149.



- Salvadori, V. O. (1994). Transferencia de calor durante la congelación, el almacenamiento y la descongelación de alimentos. *Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Plata*, 171.
- Sánchez, J. D. (2019). Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la carne de cuy en el mercado arequipeño. *Universidad Católica San Pablo, Arequipa - Perú.*, 43.
- Sanmiguel, R. A., Plazas, F. A., Trujillo, D. Y., Pérez, M. R., Peñuela, L. M., & DiGiacinto, A. (2018). Requerimientos para la medición de indicadores de estrés invasivos y no invasivos en producción animal. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(1), 15-30.
- Schneider, U., & Mazur, P. (1986). Implications and applications of the long-term preservation of embryos by freezing. *Current Therapy in Theriogenology. 2. Diagnosis, Treatment and Prevention of Reproductive Diseases in small and Large Mammals*.
- Schwartzberg, H. (1999). Food freeze concentration. In: *Biotechnology and Food Process Engineering. International Unión of food Science and Technology*, 493.
- Selye, H. (1946). The general adaptation syndrome and the diseases of adaptation. *The journal of clinical endocrinology*, 6(2), 117-230.
- Singh, R. P., & Heldman, D. R. (2001). Introduction to food engineering: Gulf Professional Publishing. *Elsevier Academic Press, California-USA*, 757.
- Sordillo, L. M., & Aitken, S. L. (2009). Impact of oxidative stress on the health and immune function of dairy cattle. *Veterinary immunology and immunopathology*, 128(1-3), 104-109.
- Swanson, J., & Morrow-Tesch, J. (2001). Cattle transport: Historical, research, and future perspectives. *Journal of Animal Science*, 79, 102-109.
- Téllez, J. (1992). Tecnología e industrias cárnicas. Lima, Perú. *Artes Gráficas Espino*.
- Tenelanda, V. A., & Padilla, B. N. (2015). Adecuación e instalación de una área de faneamiento semiautomático para cuyes y conejos en el programa de especies menores de la Facultad de Ciencias Pecuarias. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*.
- Toldrá, F. (2010). Handbook of meat processing: John Wiley & Sons. *Library of Congress Cataloging-in-publication Data*, 664.
- Vidalón, J. A. (2014). Evaluación hematológica de dos líneas de selección de cuyes (cárnica y precoz) criados en la estación IVITA el Mantaro. *Universidad Nacional de San Marcos, Lima - Perú*.
- Welti-Chanes, J. (2007). Apuntes de temas selectos de ingeniería de alimentos: Inéditos.
- Whay, H., Main, D., Green, L., Heaven, G., Howell, H., Morgan, M., & Webster, A. (2007). Assessment of the behaviour and welfare of laying hens on free-range units. *Veterinary Record*, 161(4), 119-128.



- Zaldívar, L. (1995). Produccion de cuyes (*Cavia porcellus*) en los paises andinos. *Revista Mundial de Zootecnia FAO*, 83, 9-19.
- Zimerman, M. (2008). pH de la carne y factores que lo afectan. *Aspectos estrategicos para obtener carne de ovino de calidad en el cono sur americano*, 141-153.



ANEXOS

ANEXO 1. Determinación del tiempo de congelación

TRATAMIENTOS	ESTADO	TEMPERATURA (°C)	REP	TIEMPO DE CONGELACIÓN (HORAS)
1	SE	-10	1	7.86
2	SE	-10	2	7.88
3	SE	-10	3	7.70
4	CE	-10	1	8.28
5	CE	-10	2	8.48
6	CE	-10	3	8.28
1	SE	-20	1	6.38
2	SE	-20	2	5.44
3	SE	-20	3	6.38
4	CE	-20	1	6.53
5	CE	-20	2	7.45
6	CE	-20	3	7.03
1	SE	-30	1	5.87
2	SE	-30	2	6.02
3	SE	-30	3	5.87
4	CE	-30	1	6.24
5	CE	-30	2	6.23
6	CE	-30	3	6.12

ANEXO 2. Determinación de temperatura de inicio de congelación

TRATAMIENTOS	ESTADO	TEMPERATURA (°C)	REP	TEMPERATURA DE INICIO DE CONGELACIÓN
1	SE	-10	1	-3.30
2	SE	-10	2	-0.33
3	SE	-10	3	-1.52
4	CE	-10	1	-3.30
5	CE	-10	2	-0.88
6	CE	-10	3	-1.50
1	SE	-20	1	-3.30
2	SE	-20	2	-0.88
3	SE	-20	3	-1.97
4	CE	-20	1	-3.56
5	CE	-20	2	-0.80
6	CE	-20	3	-1.52
1	SE	-30	1	-1.98
2	SE	-30	2	-0.80
3	SE	-30	3	-1.52
4	CE	-30	1	-3.56
5	CE	-30	2	-0.88
6	CE	-30	3	-1.81



ANEXO 3. Medición de pH post mortem inicial

TRATAMIENTOS	ESTADO	TEMPERATURA (°C)	REP	pH POST MORTEM INICIAL
1	SE	-10	1	6.7
2	SE	-10	2	6.8
3	SE	-10	3	6.7
4	CE	-10	1	6.8
5	CE	-10	2	6.6
6	CE	-10	3	6.7
1	SE	-20	1	6.8
2	SE	-20	2	6.7
3	SE	-20	3	6.6
4	CE	-20	1	6.8
5	CE	-20	2	6.8
6	CE	-20	3	6.6
1	SE	-30	1	6.8
2	SE	-30	2	6.6
3	SE	-30	3	6.6
4	CE	-30	1	6.9
5	CE	-30	2	6.7
6	CE	-30	3	6.8

ANEXO 4. Medición de pH a las 24 horas post mortem

TRATAMIENTOS	ESTADO	TEMPERATURA (°C)	REP	pH 24 HORAS POST MORTEM
1	SE	-10	1	6.0
2	SE	-10	2	6.0
3	SE	-10	3	5.9
4	CE	-10	1	6.7
5	CE	-10	2	6.5
6	CE	-10	3	6.5
1	SE	-20	1	6.1
2	SE	-20	2	5.9
3	SE	-20	3	5.9
4	CE	-20	1	6.7
5	CE	-20	2	6.6
6	CE	-20	3	6.5
1	SE	-30	1	6.2
2	SE	-30	2	6.1
3	SE	-30	3	6.0
4	CE	-30	1	6.7
5	CE	-30	2	6.6
6	CE	-30	3	6.6



ANEXO 5. Medición de acidez post mortem inicial

TRATAMIENTOS	ESTADO	TEMPERATURA (°C)	REP	% ACIDEZ POST MORTEM INICIAL
1	SE	-10	1	0.09
2	SE	-10	2	0.09
3	SE	-10	3	0.08
4	CE	-10	1	0.08
5	CE	-10	2	0.08
6	CE	-10	3	0.07
1	SE	-20	1	0.08
2	SE	-20	2	0.07
3	SE	-20	3	0.08
4	CE	-20	1	0.08
5	CE	-20	2	0.09
6	CE	-20	3	0.08
1	SE	-30	1	0.10
2	SE	-30	2	0.08
3	SE	-30	3	0.09
4	CE	-30	1	0.08
5	CE	-30	2	0.08
6	CE	-30	3	0.09

ANEXO 6. Medición de acidez a las 24 horas post mortem

TRATAMIENTOS	ESTADO	TEMPERATURA (°C)	REP	% ACIDEZ 24 HORAS POST MORTEM
1	SE	-10	1	0.11
2	SE	-10	2	0.10
3	SE	-10	3	0.10
4	CE	-10	1	0.08
5	CE	-10	2	0.07
6	CE	-10	3	0.07
1	SE	-20	1	0.10
2	SE	-20	2	0.10
3	SE	-20	3	0.11
4	CE	-20	1	0.07
5	CE	-20	2	0.08
6	CE	-20	3	0.08
1	SE	-30	1	0.11
2	SE	-30	2	0.09
3	SE	-30	3	0.10
4	CE	-30	1	0.09
5	CE	-30	2	0.08
6	CE	-30	3	0.09

ANEXO 7. Curvas de congelación de carne de cuy

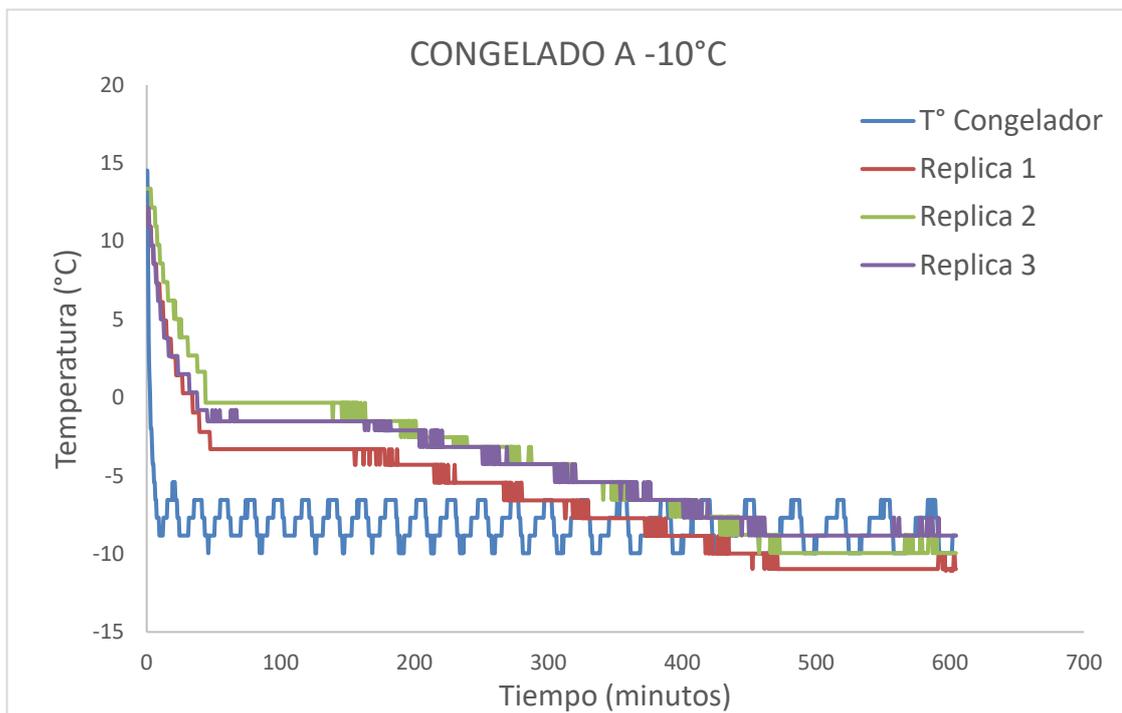


Figura A.1. curvas de congelación de carne de cuy sin estrés producido.

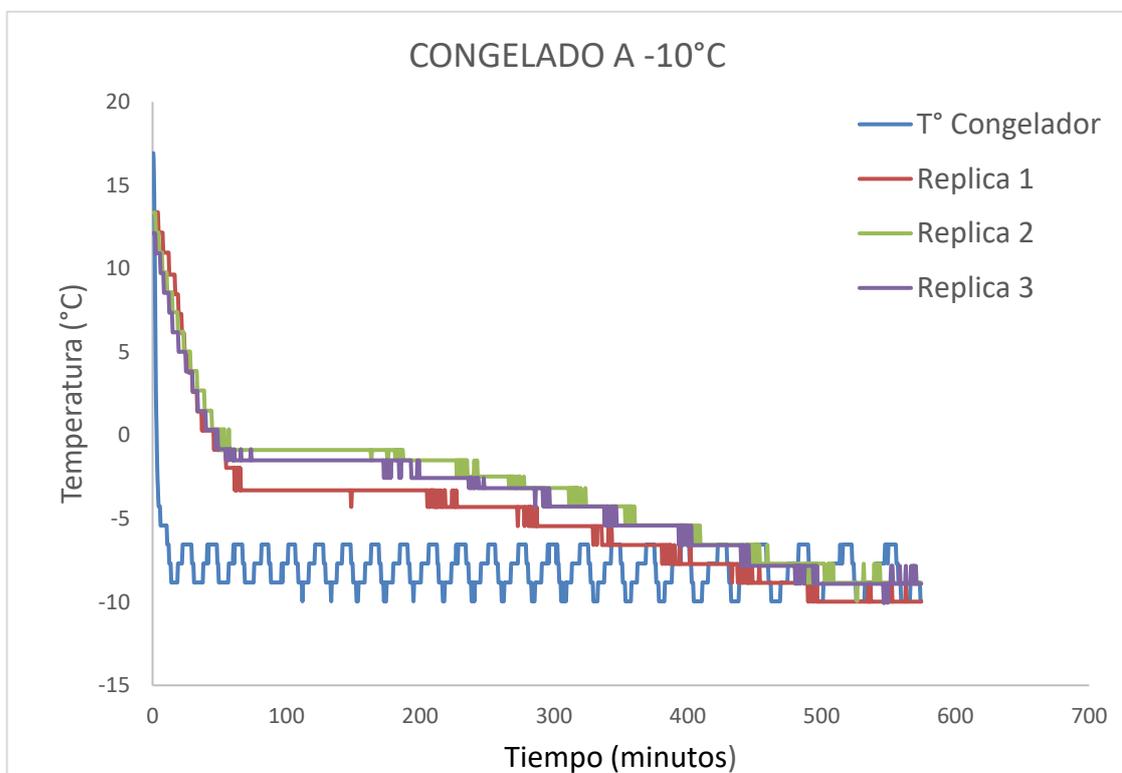


Figura A.2. curvas de congelación de carne de cuy con estrés producido.

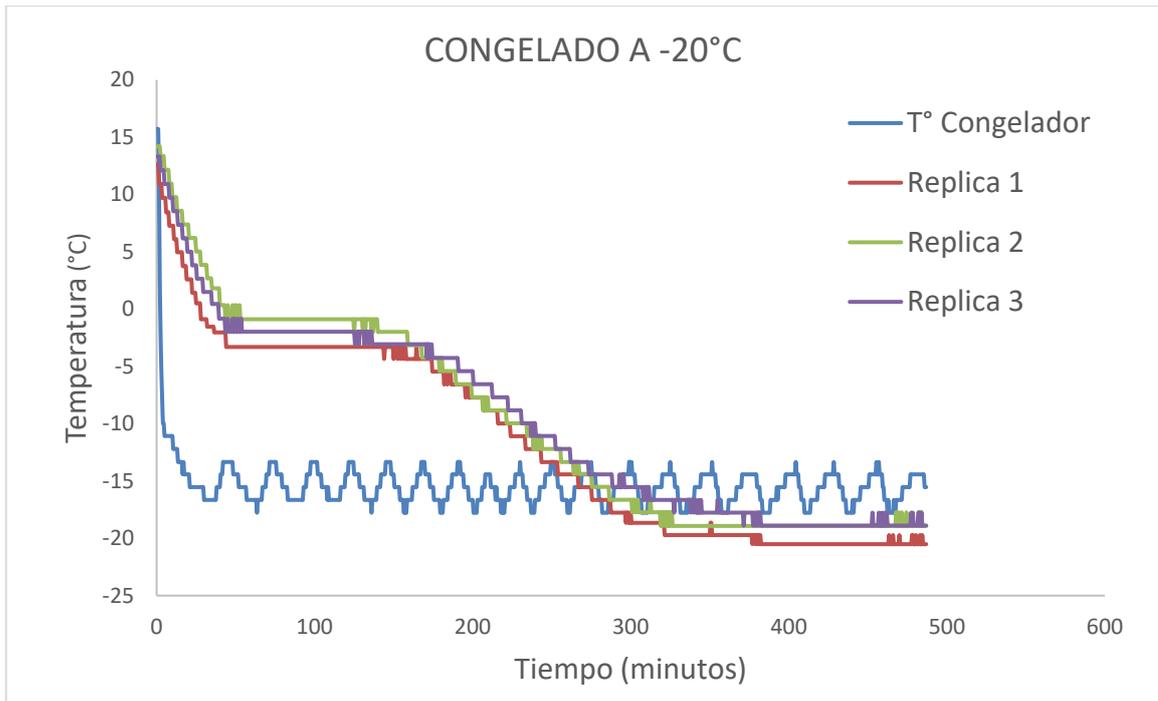


Figura A.3. curvas de congelación de carne de cuy sin estrés producido.

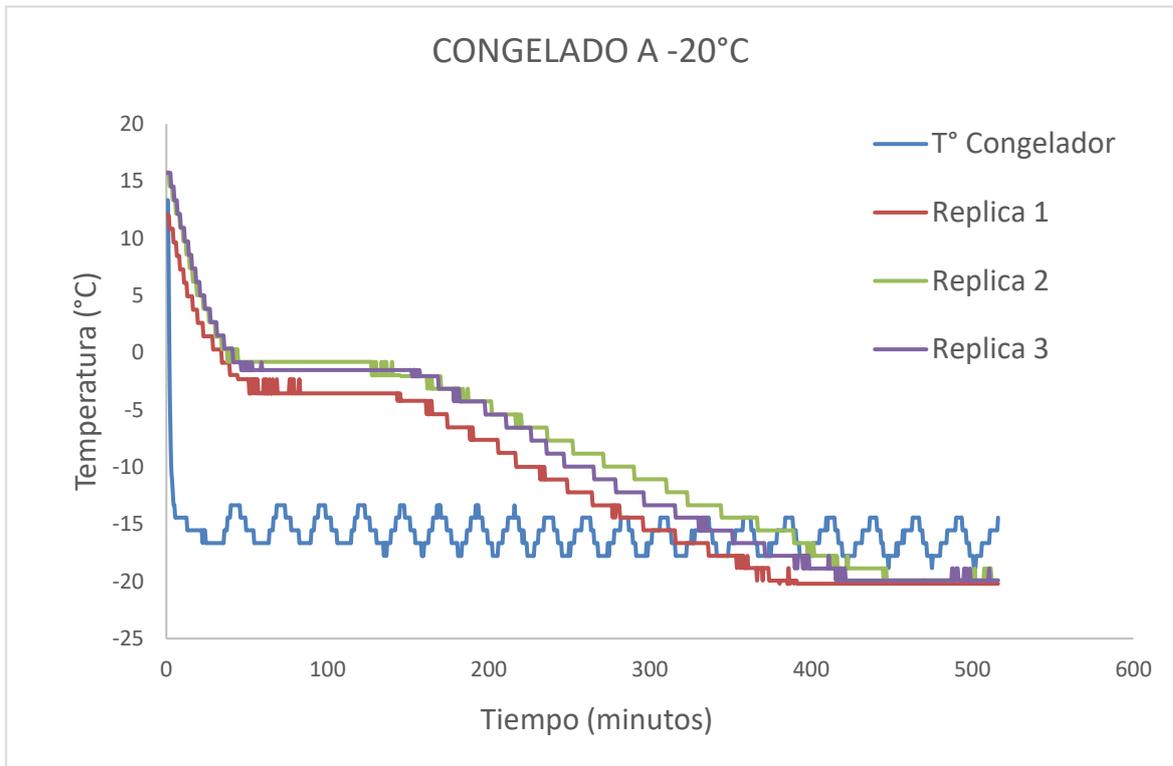


Figura A.4. curvas de congelación de carne de cuy con estrés producido.

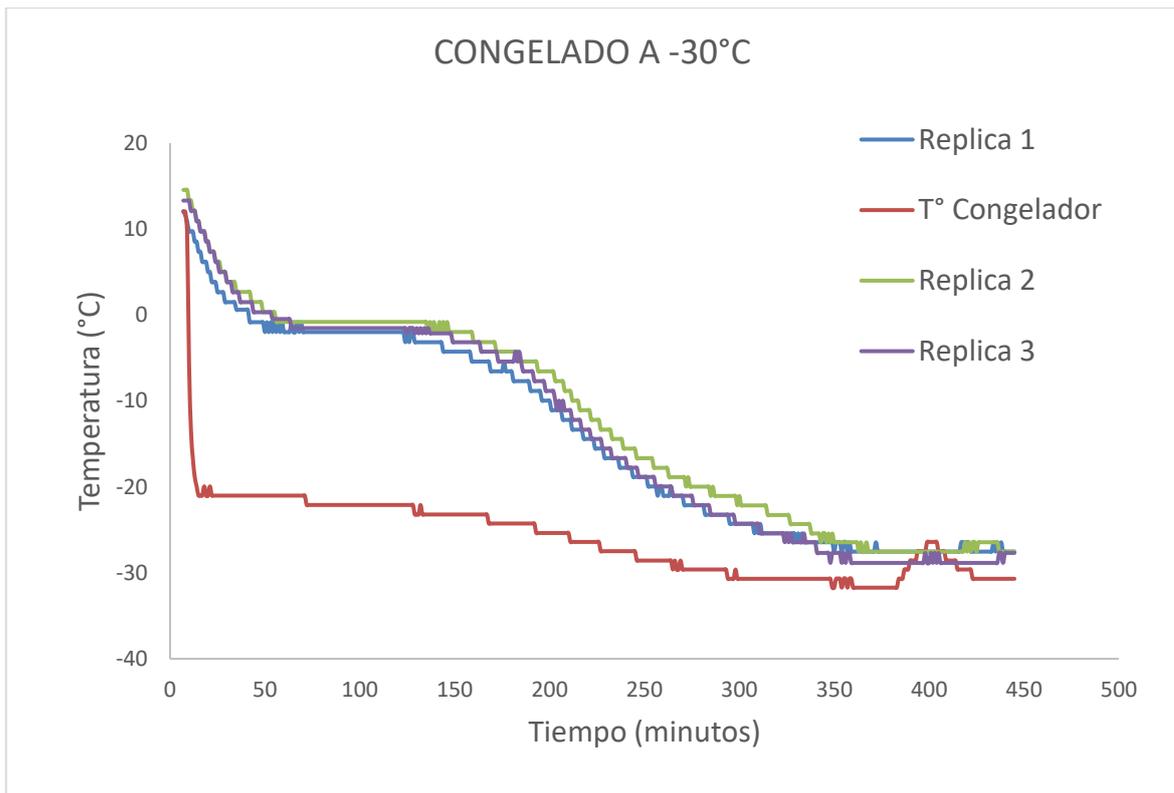


Figura A.5. curvas de congelación de carne de cuy sin estrés producido.

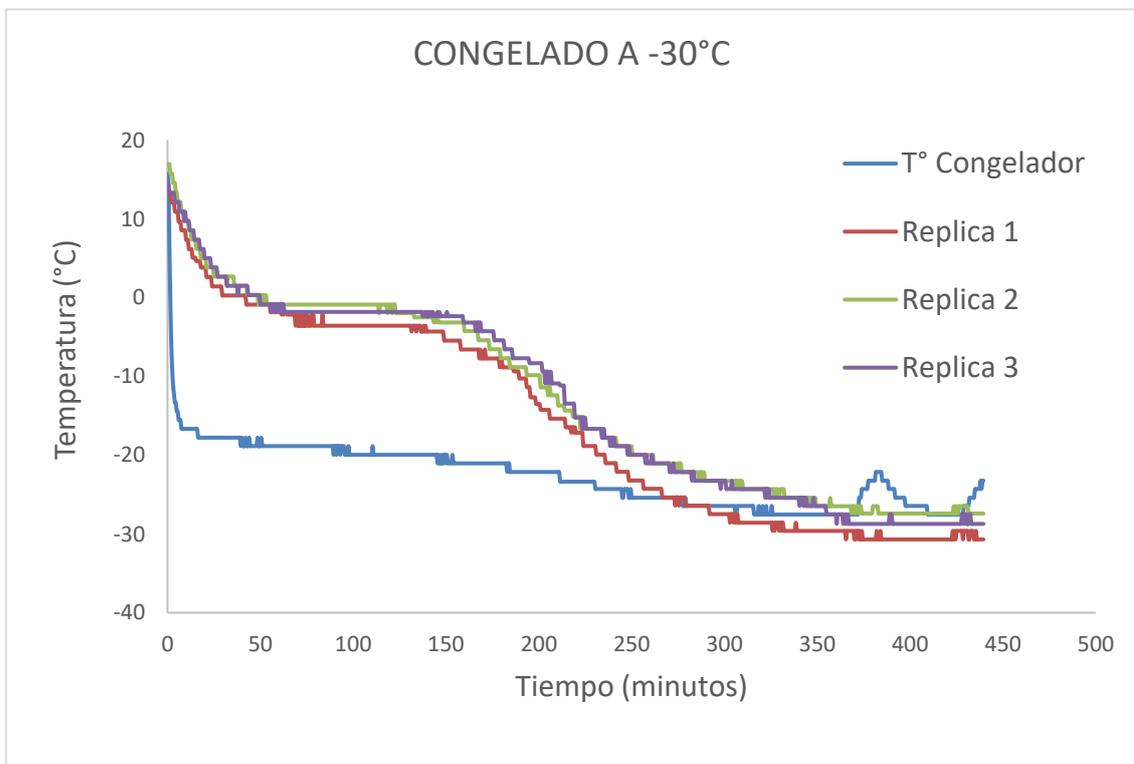


Figura A.6. curvas de congelación de carne de cuy con estrés producido.

ANEXO 8. Álbum De Fotos

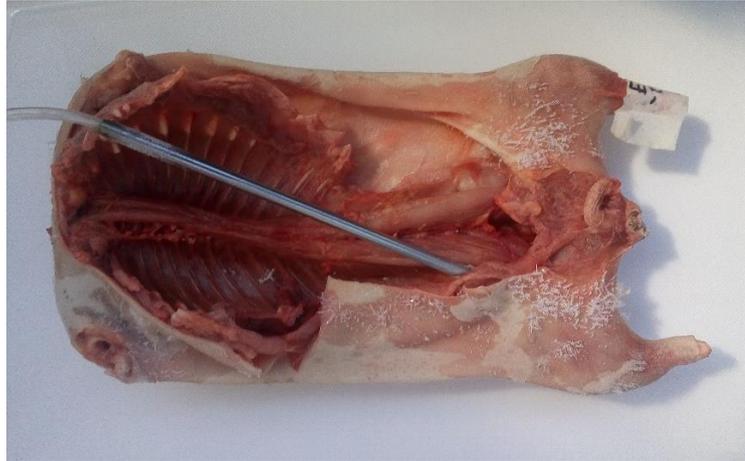


Imagen 1. Carne congelada de cuy (*Cavia porcellus*).



Imagen 2. Determinación de acidez de la carne de Cuy (*Cavia porcellus*).



Imagen 3. Determinación de pH de carne de Cuy (*Cavia porcellus*).