

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“EFECTO DEL EMPACADO AL VACÍO EN LAS PROPIEDADES  
TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

**MAYTÉ ALEXANDRA CASTRO MONASÍ**

**Lima – Perú**

**2021**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“EFECTO DEL EMPACADO AL VACÍO EN LAS PROPIEDADES  
TECNOLÓGICAS DE LA CARNE DE CUY (*Cavia porcellus*)”**

Presentada por:

**MAYTÉ ALEXANDRA CASTRO MONASÍ**

Tesis para Optar el Título de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Ing. Alejandrina Sotelo Méndez  
Presidente

Ing. José Sarria Bardales  
Miembro

Ing. Carlos Elías Peñafiel  
Miembro

Ing. Jorge Vargas Morán  
Asesor

Dra. Bettit Salvá Ruiz  
Co Asesora

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis a mi familia en especial a mi papá, Juan Manuel Castro López, a mi mamá Rosa María Monasí Anaya. Gracias por su apoyo incondicional, cariño y esfuerzo para conmigo. Los quiero, esto es para ustedes.

A mi hermana Marion Lucía Castro Monasí, quien quiero mucho.

Y también a mis amigos y profesores de la universidad, quienes hicieron mis días de estudio un lugar ameno e interesante.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi patrocinador, Ing. Mg. Sc. Jorge Vargas Morán, por la confianza depositada y toda su paciencia.

A mi co-patrocinadora, la Dra. Bettit Salvá y al Ing. Mg. Sc. Carlos Elías Peñafiel, por su apoyo y ayuda en la tesis.

A la Ing. Mg. Sc. Ana Vargas por su ayuda y apoyo en la parte estadística de la tesis.

A la Ing. Teresa Montes, por su apoyo en la logística de los cuyes.

A la granja de Cieneguilla de la UNALM.

Al profesor M.V. Marco García.

A mi amiga Milagros Kobashigawa, quien me ayudó en la parte experimental, al igual que Deysi Sullca, Ruvi Meza, y Rusbel Obregón.

Al Laboratorio de Leche y Carnes, de la F. Zootecnia.

Al Programa de Carnes y al laboratorio de Beneficio de Animales, de la F. Zootecnia.

Al laboratorio de Análisis Físico – Químicos, de la F. Industrias Alimentarias.

A Techí, por su apoyo en la redacción de la tesis.

A todos aquellos que me ayudaron de alguna manera, en algún momento desde que inicié mi parte experimental hasta la sustentación.

# ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	CUY.....	3
2.1.1.	Generalidades.....	3
2.1.2.	Carne de cuy y su importancia.....	3
2.1.3.	Consumo y comercialización de la carne de Cuy.....	4
2.2.	CALIDAD DE LA CARNE.....	5
2.2.1.	Potencial hidrógeno (pH).....	6
2.2.2.	Terneza.....	8
2.2.3.	Color.....	10
2.2.4.	Capacidad de retención de agua.....	14
2.4.	EMPACADO AL VACÍO DE CARNE FRESCA.....	16
2.4.1.	Materiales para el empaque al vacío.....	17
2.4.2.	Microorganismos en la carne empacada al vacío.....	19
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1	FECHA Y LUGAR DE EJECUCIÓN.....	21
3.2	MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.2.1	Unidad experimental.....	21
3.2.2	Materiales.....	22
3.2.3	Equipos.....	22
3.2.4	Proceso de pre-faenado.....	23
3.2.5	Proceso de faenado.....	23
3.2.6	Proceso despique y empaque al vacío.....	24
3.2.7	Proceso de análisis de muestras.....	24
3.2.8	Tratamientos.....	26
3.2.9	Parámetros evaluados:.....	27
3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	31
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	33
4.1	POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH).....	33
4.2.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).....	35
4.3	TERNEZA DE LA CARNE.....	37
4.4.	COLOR.....	40

4.4.1.	Luminosidad (L*).....	40
4.4.2	Índice rojo-verde (a*) .....	42
4.4.3	Índice amarillo-azul (b*).....	44
V.	CONCLUSIONES.....	46
VI.	RECOMENDACIONES .....	47
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	48
VIII.	ANEXOS .....	58
8.1	Anexo 1: Prueba de t-pareada o test Wilcoxon .....	58
8.1.1	Prueba t- pareada o Test Wilcoxon en potencial de hidrógeno (pH) .....	58
8.1.2.	Prueba de t-pareada y test de Wilcoxon en capacidad de retención agua (CRA 60	
8.1.3.	Prueba de t-pareada y test de Wilcoxon en ternera (kgF).....	61
8.1.4.	Prueba t-pareada y test de Wilcoxon en Color: Luminosidad (L*), índice rojo- verde (a*) e índice amarillo-azul (b*).....	63
8.2.	Anexo 2: Prueba de ANOVA y Tukey, o Kruskal Wallis.....	68
8.2.1.	Prueba Kruskal Wallis, pH.....	68
8.2.2.	Prueba ANOVA en capacidad de retención de agua (CRA).....	69
8.2.3.	Prueba Kruskal Wallis en ternera .....	69
8.2.4.	Prueba Kruskal Wallis en color: luminosidad (L*), índice rojo-verde (a*) e índice amarillo-azul (b*).....	70
8.3.	Anexo 3: Datos ordenados .....	72

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutricional de la carne de cuy y otras especies. ....	4
Tabla 2. Rendimiento cárnico del cuy. ....	4
Tabla 3. Principales componentes de la calidad de la carne. ....	6
Tabla 4. Valores de pH en diferentes músculos y especies, en el día 1. ....	8
Tabla 5. Terneza (kg/cm <sup>2</sup> ) del músculo <i>Rectus femoris</i> de cuy a los 1, 3, 6 y 9 días de almacenamiento post faenado, empacado convencional. ....	9
Tabla 6. Clasificación A del grado de terneza de la carne, mediante la medida de Fuerza de Corte de Warner-Bratzler (WBSF) en kgF. ....	10
Tabla 7. Clasificaciones del grado de terneza de la carne, mediante la medida de Fuerza de Corte de Warner-Bratzler (WBSF) en kgF. ....	10
Tabla 8. Medición del color en el músculo Bíceps femoris de cuy empacado tradicionalmente en diferentes días de almacenamiento. ....	14
Tabla 9. Medición de la capacidad de retención de agua del músculo <i>Bíceps femoris</i> de cuy empacado tradicionalmente en diferentes días de almacenamiento. ....	15
Tabla 10. Principales polímeros sintéticos utilizados en el empacado de la carne y productos cárnicos y sus propiedades. ....	18
Tabla 11. Efecto de la disponibilidad de oxígeno y el pH sobre el desarrollo de los microorganismos contaminantes a temperatura de 0-5°C. ....	20
Tabla 12. Variación del potencial hidrógeno (pH) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo <i>Gracilis</i> de cuy. ....	33
Tabla 13. Variación de la capacidad de retención de agua (CRA) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo <i>Bíceps femoris</i> de cuy. ....	35
Tabla 14. Variación de la terneza (kgF) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo <i>Rectus femoris</i> de cuy. ....	37
Tabla 15. Variación de luminosidad (L*) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo <i>Biceps femoris</i> de cuy. ....	40
Tabla 16. Variación del índice rojo-verde (a*): entre los tratamientos cero y sus respectivos pares, del músculo <i>Biceps femoris</i> . ....	42
Tabla 17. Variación del índice amarillo-azul (b*) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo <i>Biceps femoris</i> de cuy. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación esquemática del color de la carne en función de los estados de la mioglobina. .....	12
Figura 2. Espacio de color CIELAB. ....	13
Figura 3. Proceso de faenado hasta la refrigeración.....	25
Figura 4. Carcasas de cuy oreándose después del faenado. ....	26
Figura 5. Muestra a evaluar empacada al vacío. ....	26
Figura 6. Muestras del músculo <i>Rectus femoris</i> para prueba de terneza.....	28
Figura 7. Analizador de textura Brookfield® CNS Farnell QTS-25. ....	28
Figura 8. Medición de pH, del músculo <i>Gracilis</i> en el muslo. ....	29
Figura 9. Medidor de pH y temperatura para carne, marca HANNA. ....	29
Figura 10. Medición de coordenadas L*, a* y b* del músculo <i>Bíceps femoris</i> en carne de cuy. .....	30
Figura 11. Medición de la capacidad de retención de agua (CRA), por el método de presión, en el músculo <i>Bíceps femoris</i> .....	31
Figura 12. Variación de potencial hidrógeno (pH) de los tratamientos, del músculo <i>Gracilis</i> de cuy. ....	34
Figura 13. Variación de la capacidad de retención de agua (CRA) de los tratamientos, del músculo <i>Bíceps femoris</i> de cuy. ....	36
Figura 14. Valores de terneza (kgF), de los tratamientos del músculo <i>Rectus femoris</i> de cuy.38	
Figura 15. Valores de luminosidad (L*) de los tratamientos en el músculo <i>Bíceps femoris</i> de cuy. ....	41
Figura 16. Valores del índice rojo-verde (a*) de los tratamientos, del músculo <i>Biceps femoris</i> de cuy. ....	43
Figura 17. Valores del índice amarillo-azul (b*) de los tratamientos, del músculo <i>Biceps femoris</i> de cuy. ....	45

## RESUMEN

La carne de cuy (*Cavia porcellus*) empacada al vacío, aunque ya es comercializada, no dispone mucha información sobre las propiedades tecnológicas y el efecto del empacado al vacío en estas. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el comportamiento de estas propiedades en la carne de cuy empacada al vacío en diferentes tiempos de almacenamiento y evaluar si hay algún efecto. Los cuyes fueron faenados a una edad de 90 días aproximadamente (edad comercial), previo aturdimiento por electronarcosis, luego se desangraron, depilaron, evisceraron, orearon y almacenaron en refrigeración a temperaturas entre 2° a 4°C. Para el análisis se utilizaron los cuartos posteriores de 90 animales y tomaron muestras de los músculos y las variables estudiadas, mencionadas a continuación: *Biceps femoris* (capacidad de retención de agua y color), *Gracilis* (pH) y *Rectus femoris* (terneza). Al día siguiente del faenado, un cuarto trasero de cada cuy fue analizado y su par se empacó al vacío para su evaluación los días 7, 14, 21 y 28 días *post* faenado según correspondía. La carne de cuy empacada al vacío mostró un aumento significativo del pH, encontrándose aceptable, con un pH inicial de 5.99 y un pH final de 6.22. La capacidad de retención de agua no tuvo variación conforme transcurrió el tiempo. Mientras que, la terneza mejoró significativamente a partir de los días 14 al 21. El empacado al vacío sirvió para evitar la decoloración de la carne, el índice L\* se mantuvo constante y el índice a\* y b\* aumentaron de manera significativa. A partir de los días 14 y 21 se encuentran los mejores resultados para las propiedades evaluadas de la carne de cuy empacada al vacío, considerándose el empacado al vacío sí tiene un efecto en la carne de cuy.

**Palabras claves:** carne de cuy, empacado al vacío, propiedades fisicoquímicas.

## ABSTRACT

Vacuum packaged guinea pig (*Cavia porcellus*) meat, even though is already commercialized, does not have enough information on their technological properties and the effect of vacuum packaging on them. The aim of this study was to determine the behavior of these properties in vacuum packed guinea pig meat at different storage times and evaluate any effect. Guinea pigs were slaughtered at 90 days old (commercial age), previously stunned by electro narcosis, then bled, scalded, depilated, eviscerated, chilled and stored at 2° to 4° C. Hind legs of 90 guinea pigs were used for analysis, samples were taken of the muscles and studied the variables described below: *Biceps femoris* (water holding capacity and color), *Gracilis* (pH) and *Rectus femoris* (tenderness). The day after slaughter, a hind leg was evaluated and its pair was vacuum packaged for evaluation on the treatment assigned (7, 14, 21- or 28-days post slaughter). Vacuum packaged guinea pig meat showed a significant increase in pH, but acceptable, with an initial pH of 5.99 and a final of 6.22. Water holding capacity did not change over time. Whereas, tenderness improved significantly between days 14 to 21. Vacuum packaging served to avoid guinea pig meat discoloration, L\* remained constant but a\* and b\* increased significantly. The best results were found between day 14 and 21 post slaughter. Vacuum packaging does have an influence on guinea pig meat.

**Key words:** guinea pig meat, vacuum packaging, physicochemical properties.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el cuy es un animal con referencias que lo ubican desde las épocas pre-colombinas como objeto de detección de enfermedades, ceremonias tradicionales religiosas de los andes y como plato de consumo andino (Rosenfeld, 2008; Salvá y Mateo, 2014).

La crianza y consumo de la carne de cuy fue inicialmente realizada por pobladores de las zonas altoandinas, pero actualmente con la continua migración a la costa y selva, el consumo de este animal ha aumentado en otras regiones del país (MINAG, 2011). Si bien en sus inicios la crianza era de tipo doméstica y para autoconsumo, con el paso de los años, la investigación, crianza y comercialización del cuy ha avanzado dando a conocer una carne con alto valor nutritivo con lo cual la demanda ha aumentado considerablemente.

La venta de carne de cuy es la actividad económica más importante en toda la crianza. El consumidor tradicional es aquel que come carne de cuy en fechas especiales; sin embargo, surgen nuevos consumidores, lo que se debe a la difusión de la calidad nutricional de la carne de cuy en comparación de otras alternativas, este nuevo mercado tiene el potencial de buscar otros métodos para adquirir dicho producto, surgiendo en este contexto nuevos canales de comercialización como los supermercados.

Con la actual demanda de consumidores individuales, restaurantes y cadenas de supermercados; se están utilizando nuevas técnicas de empaques para comercializar la carne de cuy; siendo una de estas es el empacado al vacío (Chirinos *et al.*, 2008). El uso de empacado al vacío es un método efectivo para prolongar la vida del producto, manteniendo sus propiedades sensoriales. Además, permite un mayor tiempo de exhibición en tienda o de almacenaje, con lo cual se tiene una ventaja para la comercialización de carne de cuy, dándole un valor agregado al producto y mayor beneficio para el productor, expandiendo su negocio; mientras que el consumidor obtiene un producto de calidad (García *et al.*, 2006).

En la actualidad se tiene muchos avances en los temas de maduración y conservación de diferentes carnes de los animales domésticos como cerdos, vacunos, conejos, ovinos y se sabe

que hay muchos factores que afectan sus principales propiedades valoradas por el consumidor, como son la ternura y el color. A pesar de ser un país productor y consumidor de carne de cuy, con una alta demanda y población de animales; no hay mucha investigación en el país ni en el extranjero sobre las propiedades fisicoquímicas en carne de cuy. Aun así, los productores han establecido una vida útil de 30 días para el producto carne de cuy empacada al vacío, no habiendo información sobre los efectos generados en la calidad de la carne (Valencia, 2007). Para la industria cárnica es una prioridad poder desarrollar técnicas que mejoren la calidad de la carne, además de poder entender los procesos que ocurren para tener la información clave y generar un producto que guste al consumidor (Luciano *et al.*, 2007).

Es por lo mencionado anteriormente que la investigación propuesta tiene como objetivo: evaluar el efecto del empacado al vacío en las propiedades fisicoquímicas, mediante indicadores como: el grado de acidez (pH), capacidad de retención de agua, ternura y color de la carne de cuy (*Cavia porcellus*) con tiempos de almacenamiento de 7, 14, 21 y 28 días *post* faenado.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. CUY**

#### **2.1.1. Generalidades**

El cuy, cobayo o curí es un mamífero roedor originario de la zona andina de Perú, Bolivia, Colombia y Ecuador, siendo domesticado hace 2 500 a 3 600 años según pruebas existentes. La distribución de la población de cuyes en el Perú es muy amplia, pues se encuentra en casi toda la totalidad del territorio; según el INEI (2017) se contaba con una población de 17 380 000 de cuyes en todo el Perú.

Estos animales tienen una capacidad de adaptación a diversas condiciones climáticas, se pueden encontrar en zonas de 4 500 msnm de altura; tanto en regiones frías como cálidas, es decir desde la costa hasta la selva peruana. Hay varias ventajas en la crianza de cuyes: como ser una especie herbívora, tener un ciclo reproductivo corto, facilidad de adaptación a diferentes ecosistemas y su alimentación es versátil pues utiliza insumos no competitivos con la alimentación de otros monogástricos (Chauca, 1997).

En el Perú los trabajos sobre el cuy se iniciaron en 1962, específicamente en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina, con la compra para crianza y tecnificación de ejemplares de diversas zonas del país. El Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) también realizó investigaciones y se inició un programa de selección con miras de mejorar el cuy criollo en todo el país, donde se realizó trabajos en función a las características de precocidad y prolificidad; generando tres variedades: Perú, Andina e Inti (Solorzano y Sarria, 2014).

#### **2.1.2. Carne de cuy y su importancia**

La carne de cuy se caracteriza por su alto valor nutritivo, buen contenido de proteína y hierro, así como bajo contenido de sodio y grasa (colesterol) en comparación a la carne de otras especies, como se observa en la tabla 1. Aunque mantiene un nivel de ácidos

grasos esenciales de importancia para el buen desarrollo nervioso e intelectual del humano, la carne de cuy es apta para niños, mujeres gestantes, deportistas y personas de la tercera edad (Montes, 2012).

**Tabla 1. Composición nutricional de la carne de cuy y otras especies.**

Especie	Proteína (g)	Grasa (g)	Energía (Kcal)
Cuy	20.30	7.80	96
Conejo	20.40	8.00	159
Pollo	18.20	10.20	170
Vacuno	18.70	18.20	244
Caprino	18.70	9.40	165
Porcino	12.40	35.80	376
Ovino	18.20	19.40	253

Fuente: Sarria (2005).

El peso vivo comercial suele estar entre los 900 a 1000 g, con un animal que no pasa de las 10 semanas de vida (MINAG, 2011). En un estudio con diversos genotipos de cuyes, se obtuvo como promedio el peso de la carcasa entre 791 a 801 g y un rendimiento 72.32 a 73.45 por ciento (Cayetano, 2019).

**Tabla 2. Rendimiento cárnico del cuy.**

Componentes	Rendimiento %
Carcasa	69.70
Vísceras	22.71
Pelos	3.65
Sangre	3.94

Fuente: Montes (2012).

### 2.1.3. Consumo y comercialización de la carne de Cuy

El mayor consumo de carne de cuy se daba en las zonas altoandinas por ser un alimento tradicional y ancestral, inclusive se ha utilizado en rituales religiosos y como elemento medicinal, la migración de la zona altoandina hacia la costa y selva trae consigo sus

costumbres y tradiciones; una de ellas es el consumo de cuy. El consumidor tradicional adquiere el cuy en granjas, mercados mayoristas o minoristas, restaurantes y fiestas tradicionales, siendo consumida en fechas especiales y en el entorno familiar (Chauca, 2007; Salvá y Mateo, 2014).

En la actualidad viene en aumento la demanda del cuy, debido a un nuevo sector de consumidores, el cual tiene acceso a través de nuevos canales de comercialización, venta en supermercados y la exportación de carne de cuy, produciendo un mayor dinamismo en la comercialización de esta carne. Los supermercados limeños son los principales en dar distintas presentaciones a la carne de cuy, quienes buscan mejorar la presentación del producto (Gil, 2007 y Chirinos *et al.*, 2008).

## **2.2. CALIDAD DE LA CARNE**

La calidad en carne es un término que no tiene una definición universal, se usa para describir las propiedades y percepciones de la carne, que difiere según regiones, países, etc.; además en cada parte de la cadena de producción, los criterios de calidad varían. Por tal razón, en la tabla 3, se puede observar información sobre la calidad de la carne como: atributos de conformación, composición de la carcasa, características sensoriales (como la jugosidad, terneza, sabor y color), asuntos de salud e higiene de la carne (por ejemplo, contaminación con *E. coli*) y por último asuntos relacionados a la producción como el bienestar animal e impacto ambiental (Maltin *et al.*, 2003 y Allen, 2008).

Para Rosenthal (2000) y Węglarz (2010), la evaluación del producto en los centros de compra es el color, con el cual el consumidor decidirá si compra la carne o no, esta característica es una impresión visual, generada mayormente por los pigmentos presentes y depende también de la composición del tejido y estructura de la carne, además del tipo de envase que se esté utilizando; y a la hora de consumir la carne los componentes de jugosidad, terneza y sabor serán los evaluados por el consumidor. Estas características, son de importancia para decidir la calidad y utilización de la carne, y se ven afectadas por la estructura del sistema proteico muscular, así como a las reacciones químicas que en él se realizan en los diferentes tiempos del proceso de conversión de músculo a carne.

**Tabla 3. Principales componentes de la calidad de la carne.**

<b>Rendimiento y composición bruta</b>	Cantidad de producto comerciable Cociente graso: magro Tamaño y forma del músculo
<b>Aspecto y características tecnológicas</b>	Textura y color de la grasa Cantidad de marmoleado en el magro Color y CRA del magro Composición química del magro
<b>Palatabilidad</b>	Textura y ternura Jugosidad Flavor (sabor más aroma)
<b>Salubridad</b>	Calidad nutricional Seguridad química Seguridad microbiológica
<b>Calidad ética</b>	Crianza aceptable de los animales

Fuente: Warris (2003).

### **2.2.1. Potencial hidrógeno (pH)**

Es la medida de cuán ácido o básico es una solución. Un pH de 1.0 indica una solución altamente ácida, mientras que un pH de 14.0 indica una solución altamente básica. Un pH de 7.0 indica una solución neutra. El músculo vivo en descanso, normalmente tiene un pH de aproximadamente 7.2. El pH de la carne puede variar entre 5.2 a 7.0. Los productos cárnicos de mayor calidad usualmente tienden a estar en el rango de pH 5.7 a 6.0 (Huff-Lonergan, 2010).

En el proceso de conversión de músculo a carne, el pH es la medida de la glicolisis, después del faenado, el músculo busca mantener la homeostasis, manteniendo la concentración de adenosín trifosfato (ATP, nucleótido fundamental para la obtención de energía celular), sin embargo, en esta etapa deja de funcionar el sistema circulatorio y no hay oxígeno (O<sub>2</sub>) en el medio, entonces la ruta metabólica es anaerobia, la cual es menos eficiente. El metabolismo anaeróbico continúa y los niveles de glucógeno y ATP disminuyen, mientras que el ácido láctico se acumula, el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) producto de la respiración, se acumula también y se disuelve en la parte acuosa de la carne formando ácido carbónico, compuestos que están involucrados en la bajada de pH (Mendoza, 2008 y Lorenzo y Gómez, 2012).

La bajada de pH es deseable porque disminuye el crecimiento de microorganismos patógenos, además de mejorar el sabor, jugosidad y color de la carne, dándole un atractivo al producto para su venta (NZIC, s.f.; Uzcátegui y Jerez, 2008). Hay muchos factores que afectan la bajada de pH, incluidos el estrés, la estimulación eléctrica y la temperatura de almacenamiento, estos factores son controlables, a diferencia de otras características que influyen en la variabilidad entre animales y que ocurre durante la bajada de pH *post mortem*; como son el sexo, especie, raza y edad (Mc Geehin *et al.*, 2001).

Cuanto mayor sea la concentración de glucógeno en el animal, mayor será la bajada de pH en el músculo, por este motivo los animales tienen un descanso previo al faenado para evitar el consumo de sus reservas de glucógeno por el estrés, produciendo el agotamiento *ante mortem* de las reservas de glucógeno del animal. La depleción de glucógeno previo al faenado tiene como consecuencia el cese temprano de la glicolisis, de tal forma que el pH final se mantiene relativamente alto ( $\text{pH} > 6.0$ ). Carnes así son llamadas DFD, “*dark, firm and dry*”, que quiere decir “oscura, firme y seca”. Este problema se ha reportado más veces en carne de ternera. Lo opuesto a este tipo de carne son las llamadas PSE, “*pale, soft and exudative*”, que significa “pálida, blanda y exudativa”, las cuales se dan mientras que aún los músculos están calientes y el pH baja por el exceso de lactato, teniendo una disminución de pH muy brusca (Onega, 2003 y Saavedra, 2013).

En lo que respecta a la carne de cuy, se puede observar en la tabla 4, el pH de diferentes músculos, reportado por diferentes autores. Así mismo se puede ver cierta similitud con otras especies.

**Tabla 4. Valores de pH en diferentes músculos y especies, en el día 1.**

Especie	pH	Músculo
Cuy <sup>(1)</sup>	6.05 - 6.06	<i>Psoas mayor</i> (izq-der)
Cuy <sup>(2)</sup>	6.02 - 6.03	<i>Aductor femoris</i>
Cuy <sup>(3)</sup>	6.01	-
Cuy <sup>(4)</sup>	6.10	<i>Gracilis</i>
Conejo <sup>(5)</sup>	5.88 <sup>(8)</sup>	-
Conejo <sup>(6)</sup>	6.03	<i>Bíceps femoris</i>
Alpaca <sup>(7)</sup>	5.75 <sup>(8)</sup>	<i>L. thoracis y lumborum</i>

Fuente: Vanegas (2000) citado por Angarita (2005) <sup>(3)</sup>, Sierra (2006) <sup>(6)</sup>, Mendoza (2008) <sup>(5)</sup>, Nakandakari (2015) <sup>(1)</sup>, Saavedra (2013) <sup>(7)</sup>, Huamaní (2014) <sup>(2)</sup>, Kobashigawa (2016) <sup>(4)</sup>. Los pH con <sup>(8)</sup> significan que fueron tomados de muestras empacadas al vacío.

### 2.2.2. Terneza

En los alimentos cárnicos, la terneza es la característica más importante al evaluar el producto comprado o consumido, considerándola como uno de los tres componentes principales de la carne (jugosidad, sabor y terneza), siendo considerada la carne dura como no aceptable (Rosenthal, 2000).

Wood *et al.* (1999) señalan que la variación de la terneza se debe mayormente a los cambios en la estructura de la proteína miofibrilar del músculo, en el periodo entre el faenado del animal y el consumo de la carne, los cambios estructurales están afectados por la longitud del sarcómero, cantidad de tejido conectivo y su grado de entrecruzamiento, y la intensidad de los cambios proteolíticos ocurridos durante el acondicionamiento *post mortem*.

Después del faenado, la carne entra en una fase de endurecimiento debido a que los sarcómeros se acortan por el desarrollo del *rigor mortis*, luego sucede la fase de ablandamiento, que ocurre por acción de enzimas endógenas (proteolíticas) presentes en el músculo, permitiendo la aparición de la blandura o terneza de la carne (Luciano *et al.*, 2007). El ritmo de ablandamiento está influenciado por la especie y la temperatura principalmente, por este motivo hay diferentes tiempos de maduración recomendados para las diferentes especies (Luciano *et al.*, 2007).

Uzcátegui y Jerez (2008), mencionan la edad, sexo, raza, acabado de grasa, tratamientos previos al sacrificio, enfriamiento y técnicas de cocción, entre otros como factores que afectan la terneza de la carne. Según Barton *et al.*, (1988) citados por Sierra (2006) la terneza se ve afectada por el estado contráctil del músculo, la cantidad de tejido conectivo y cantidad de grasa intramuscular y de marmoleo y así como por la degradación de la fibra muscular.

La medida de la textura de la carne se realiza de dos formas: instrumental y evaluación sensorial, esta última genera ciertos inconvenientes, debido a la gran variabilidad de los resultados, siendo la medida instrumental propuesta como una alternativa (Warris, 2003).

Kobashigawa (2016) estudió el efecto de la maduración sobre la terneza de la carne de cuy y obtuvo una mejora en el tercer día *post* faenado. Los resultados se reportan en la tabla 5.

**Tabla 5. Terneza (kg/cm<sup>2</sup>) del músculo *Rectus femoris* de cuy a los 1, 3, 6 y 9 días de almacenamiento post faenado, empacado convencional.**

Terneza	Días de almacenamiento <i>post</i> faenado			
	1	3	6	9
Kg/cm <sup>2</sup>	3.11 <sup>a</sup>	2.26 <sup>b</sup>	2.16 <sup>b</sup>	2.13 <sup>b</sup>
± SD	±0.07	±0.09	±0.09	±0.09

Fuente: Kobashigawa (2016).

- Test de Warner-Bratzler

Es una prueba que se utiliza muy a menudo para comparar con otras medidas y también se tiene una alta correlación con la evaluación sensorial (Braña, 2011).

Esta evaluación objetiva nos da un valor de terneza de manera cuantitativa, el principio es la medición de la resistencia que opone la carne a ser cortada, la cual se expresa como “fuerza de corte de Warner-Bratzler” o en inglés “*Warner-Bratzler shear force*” (WBSF), expresado en libras (lb) o en kilogramos-fuerza (kgF). La fuerza de corte se puede decir que es la resistencia de la carne a ser cortada por la cizalla, este es un dato objetivo y a menor valor mayor será la terneza (Peluffo y Monteiro, 2002).

La carne se puede clasificar según la resistencia al corte que oponen sus fibras musculares por medio de la cuchilla Warner Bratzler; en la tabla 6 se muestra esta clasificación, mientras que Schakelford *et al.* (1997), Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leindenz *et al.* (1998), citados por Plaza (2011), mencionan que el umbral de 6 kgF no coincide con valores más exigentes como 4.5 o 3.8kgF y propusieron la clasificación presentada en la tabla 7.

**Tabla 6. Clasificación A del grado de ternesa de la carne, mediante la medida de Fuerza de Corte de Warner-Bratzler (WBSF) en kgF.**

Clasificación de la carne	WBSF (kgF)
Ligeramente tierna	< 6
Ternesa intermedia	6-9
Dura	>9

Fuente: Plaza (2011).

**Tabla 7. Clasificaciones del grado de ternesa de la carne, mediante la medida de Fuerza de Corte de Warner-Bratzler (WBSF) en kgF.**

Clasificación de la carne	WBSF (kgF)
Carne tierna	< 2.27
Carne medianamente tierna	2.27-3.63
Carne dura	3.63-5.44
Carne extremadamente dura	> 5.44

Fuente: Schakelford *et al.* (1997), Tatum *et al.* (1996) y Huerta-Leindenz *et al.* (1998), citados por Plaza (2011).

### 2.2.3. Color

- Definición del color

El color de la carne es el principal factor que toma en cuenta el consumidor a la hora de realizar la compra, es la característica más visible y que está asociada a la frescura y calidad de ésta (Galián, 2007). En la carne, al igual que otros objetos no metálicos, al incidir un rayo de luz en su superficie se produce una reflexión difusa, que es lo que se define como el color. Así al incidir una luz blanca sobre la carne, algunas longitudes de onda que componen esta luz serán absorbidas por la muestra y su color estará formado

por la combinación de longitudes de onda que no fueron absorbidas por esta (Braña, 2011).

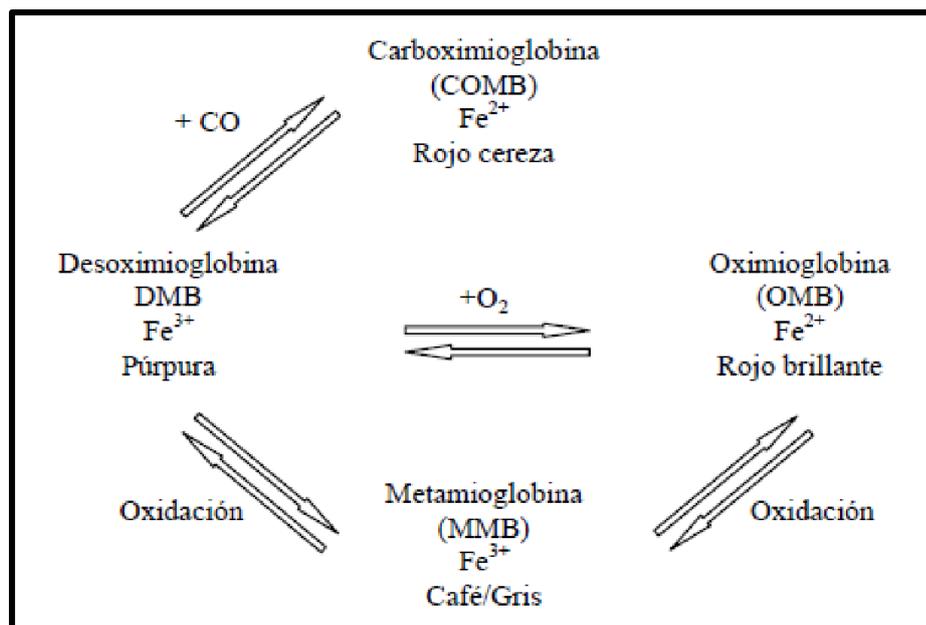
La Comisión Internacional de *l'Eclairage* (CIE) define el color percibido como el atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos. Este color no depende solo del color físico del estímulo sino también de su tamaño, forma, estructura y estímulos que le rodean (Galián, 2007).

- Aspectos químicos del color de la carne

La carne recibe su color rojo de la mioglobina que contiene, la apariencia del color varía al estar condicionada por los procesos de oxidación y oxigenación de la mioglobina, lo cual es diferente para cada músculo (Baltés, 2010).

Para Fernández *et al.*(2003) y Guevara (2010) la mioglobina, principal pigmento presente en la carne roja fresca, puede existir en tres formas: cuando el sexto enlace de coordinación de la mioglobina se encuentra libre, se denomina desoximioglobina (DMb), de color púrpura y es la responsable de impartir el color en carne recién cortada de la canal o en ausencia de aire (empacada al vacío); cuando el sexto enlace se encuentra ocupado por un oxígeno se forma un complejo no covalente y se denomina oximioglobina (MbO<sub>2</sub>), que es roja y aporta el característico color atractivo de la carne completamente oxigenada y la metamioglobina (MMb), de color café y es formada cuando el sexto enlace es ocupado por una molécula de agua, y el átomo de Fe del pigmento se modifica a su forma férrica (Fe<sup>+3</sup>). El color en carne fresca va a depender de las cantidades presentes de estos tres derivados.

En condiciones aerobias la DMb es oxigenada a MbO<sub>2</sub>, esto es llamado “*blooming*” y es dependiente del tiempo, temperatura, pH y competencia del oxígeno por la mitocondria. En condiciones de anaerobiosis o con bajas presiones parciales de oxígeno (<7mm Hg) favorecen la oxidación del pigmento y la formación de metamioglobina. Esto ocurre porque no hay suficiente O<sub>2</sub> para que se ligue a toda la DMb disponible, por lo que la DMb reacciona con el peróxido de hidrógeno (AMSA, 2012). En la figura 1, se observa la relación del pigmento mioglobina y sus diferentes estados.



**Figura 1. Relación esquemática del color de la carne en función de los estados de la mioglobina.**

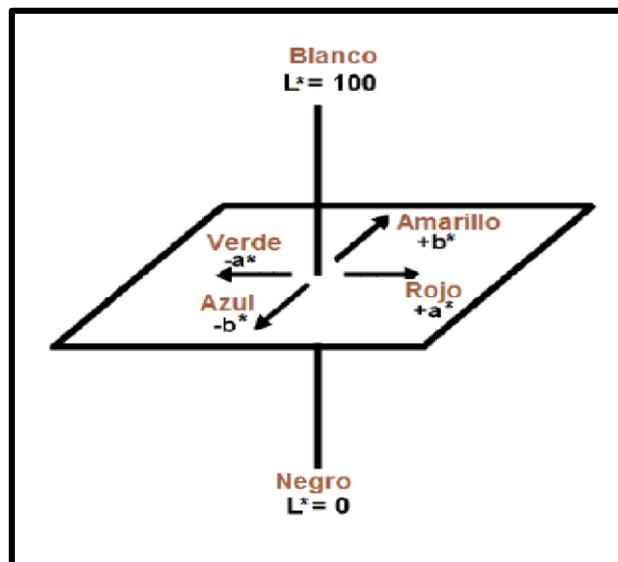
Fuente: Aspé *et al.* (2008)

- Aspectos físicos del color

De manera objetiva, el color se puede identificar o definir, pero esto involucra muchos factores complejos consistiendo en el objeto, el contexto, el detector que percibe el objeto y traduce el estímulo en una percepción de color. El detector puede ser el ojo humano o una herramienta como el colorímetro o un espectrofotómetro (AMSA, 2012). El colorímetro evalúa la luz mediante el uso de filtros de tres o cuatro colores (longitud de onda específica), mientras que los espectrofotómetros proyectan un haz de luz monocromática sobre la muestra y miden la cantidad de luz que es absorbida en diferentes longitudes de onda (García *et al.*, 2006).

Para poder medir el color, se han tomado tres características físicas que definen el color. El *Hue* o tono, que se refiere al nombre del color (verde, rojo, azul, amarillo, etc.). Estos colores pueden tener diferentes intensidades o saturación, denominado *Croma*. Y por último la luminosidad, es decir que tan blanco u oscuro es una muestra. Aun así, es difícil porque hay diferentes definiciones subjetivas de las características mencionadas (García *et al.*, 2006).

Las técnicas instrumentales deben ser objetivas, fáciles de medir y entender. Para esto se necesita un lenguaje universal. La CIE ha desarrollado un sistema tridimensional del espacio del color el CIELAB, con las coordenadas tricromáticas  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , como se observa en la figura 2. El eje  $a^*$  (índice rojo), se extiende desde el verde (-a) hasta el rojo (+a); mientras que el eje  $b^*$  (índice amarillo) va desde el azul (-b) hasta el amarillo (+b). La coordenada  $L^*$  (luminosidad) es la más relacionada con la valoración visual del consumidor. De manera que, a partir de relaciones entre ellas, se pueden obtener coordenadas colorimétricas, la intensidad de color o saturación y el tono, ya mencionados previamente (Onega, 2003).



**Figura 2. Espacio de color CIELAB.**

Fuente: Braña (2011).

En lo que respecta al color en carne de cuy, Kobashigawa (2016), estudió el color en el *Biceps femoris* empacado tradicionalmente y los datos obtenidos se muestran en la tabla 8. Como se puede ver, la luminosidad ( $L^*$ ) decrece de forma significativa a partir del día tres *post* faenado en adelante. Sin embargo, los índices de rojo y amarillo muestran comportamientos diferentes, los valores incrementaron conforme pasaron los días, lo que fue significativo.

**Tabla 8. Medición del color en el músculo *Bíceps femoris* de cuy empacado tradicionalmente en diferentes días de almacenamiento.**

Coordenada s	Días de almacenamiento post faenado			
	1	3	6	9
<b>L*</b>	52.99 <sup>a</sup>	50.91 <sup>b</sup>	50.00 <sup>b</sup>	50.74 <sup>b</sup>
<b>a*</b>	7.84 <sup>b</sup>	8.66 <sup>a</sup>	8.74 <sup>a</sup>	9.25 <sup>a</sup>
<b>b*</b>	0.99 <sup>a</sup>	1.12 <sup>a</sup>	1.47 <sup>ab</sup>	2.06 <sup>b</sup>

Fuente: Kobashigawa (2016).

#### 2.2.4. Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua o CRA, es un parámetro fisicoquímico que se puede definir como la capacidad de la carne para retener el agua que ella misma contiene a nivel de las cadenas de actino-miosina, durante la aplicación de fuerzas externas tales como cortes, calentamiento, trituración y prensado, lo que tendría especial interés durante su conservación, fileteado, cocinado y transformación. Es por eso que se puede decir que el CRA de la carne está relacionado con la textura, terneza y color de la carne cruda, en cambio la jugosidad y firmeza están relacionadas con la carne cocinada (Sañudo, 1993 y García, 2000).

Según Huff-Lonergan (2005), la carne fresca en el interior del tejido contiene 75 por ciento de agua aproximadamente, los otros componentes son proteína (aproximadamente 20 por ciento), grasa (5 por ciento aproximado), carbohidratos (aproximadamente 1 por ciento) y vitaminas y minerales (aproximado 1 por ciento).

La mayoría de agua en el músculo se encuentra sostenida por la estructura del mismo músculo. Para García (2000), el agua en la carne se encuentra de tres formas: ligada, inmovilizada y libre. La capacidad de la estructura proteínica para retener el agua es de gran importancia para mantener la calidad, una vez que la carne se ha empacado (Pearce *et al.*, 2011; Belitz *et al.*, 2012 y García, 2000).

En la carne, el agua es retenida en los estrechos canales de la miofibrilla, entre las proteínas filamentosas del músculo básico actina y miosina. La pérdida de agua en la carne se debe a la contracción de las miofibrillas perimiosina y endomiosina, por lo que

el tejido conectivo obliga al fluido a salir del interior del tejido (Guevara, 2010). Davey (1984), citado por Guevara (2010), dice que la contracción ocurre al darse el entrecruzamiento entre los miofilamentos, cuando el ATP se ha agotado. Entonces a mayor grado de contracción mayor es la exudación (disminución de la capacidad de retención de agua). Esto según Offer *et al.* (1984) citados por Guevara (2010) explican que en la acidificación la carne se presenta una disminución del pH (de 7.0 a 5.5), acercándose al punto isoeléctrico de la carne.

En la tabla 9, podemos ver el porcentaje de jugo expulsado por presión evaluado por Kobashigawa (2016) a diferentes tiempos de almacenamiento, disminuyendo la CRA conforme pasa el tiempo, el día uno difiere de los demás al igual que el día tres, mientras que los días seis y nueve muestran valores iguales.

**Tabla 9. Medición de la capacidad de retención de agua del músculo *Biceps femoris* de cuy empacado tradicionalmente en diferentes días de almacenamiento.**

Coordenada s	Días de almacenamiento post faenado			
	1	3	6	9
<b>% Jugo liberado</b>	25.30 <sup>c</sup>	29.30 <sup>b</sup>	32.38 <sup>a</sup>	32.44 <sup>a</sup>

Fuente: Kobashigawa (2016).

### 2.3. REFRIGERACIÓN: MÉTODO DE CONSERVACIÓN DE LA CARNE

El procedimiento para mantener la carcasa en buen estado es la conservación a bajas temperaturas. La refrigeración es uno de los métodos más utilizados y útiles para evitar y reducir el crecimiento microbiano, responsable del deterioro y degradación de la carne. El tiempo máximo de conservación de la carne es de 3 a 6 semanas a 0°C (Téllez, 1992 y Belitz *et al.*, 2012).

Lo que se debe evitar en este proceso es el “*cold shortening*” o acortamiento por frío. Esto sucede cuando se pone a enfriamiento carcasas que aún no han pasado la fase de *rigor mortis*, específicamente si el músculo llega a una temperatura por debajo de los 10°C antes de entrar al *rigor*. Como resultado se tiene carne dura tras el cocinado (Warris, 2003).

## 2.4. EMPACADO AL VACÍO DE CARNE FRESCA

La venta de carne o productos cárnicos al por menor y en supermercados ha generado el uso de tecnologías que ayuden a conservar el producto, para que llegue al consumidor de manera aceptable. Las funciones del empaquetado son rodear y cubrir con un material de protección adecuado, ya sea de los microorganismos, cambios físicos y químicos a través del proceso de distribución y venta de la carne, además de mejorar la apariencia del producto (Warris, 2003 y Totosaus, 2010). Los materiales utilizados para el empaquetado van desde materiales naturales (al inicio de la técnica) hasta la actualidad en que se manufacturan productos especialmente para esta actividad como son papel y láminas sintéticas (Heinz y Hautzinger, 2007).

El sistema de empaque al vacío consiste simplemente en extraer todo el aire que hay dentro de un empaque que sea semi impermeable, sin embargo, por más óptimo que haya sido el empaquetado, no es posible eliminar el aire en su totalidad, quedando una pequeña porción residual (menor a 1 por ciento), en el interior del envase (SENA, 2002). Para Sánchez *et al.* (2008) esta cantidad, aunque mínima de oxígeno ( $O_2$ ) residual, es utilizada por los microorganismos aerobios presentes y los procesos bioquímicos de la carne, produciendo dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Rápidamente se genera un ambiente sin  $O_2$  y el nivel de  $CO_2$  se eleva (20-30 por ciento), este microclima es ideal para el desarrollo de bacterias anaeróbicas y mantiene en latencia el crecimiento microbiano aerobio (Mills *et al.*, 2014).

El mayor tiempo de vida de la carne empaquetada al vacío, le da la oportunidad de aprovechar el proceso de maduración, sin muchas pérdidas de peso y menores probabilidades de malograrse. Estas características son mejores en comparación al empaque convencional (Spooncer, 1988).

Los principales problemas con el empaque al vacío de la carne son las reacciones de oxidación. La mioglobina como responsable del color de la carne y productos cárnicos sufre cambios según el medio en que se encuentre y esto afecta de manera positiva o negativa el aspecto visual de la carne (Totosaus, 2010). El ambiente en el empaquetado al vacío es de baja concentración de  $O_2$ , por lo que la  $MbO_2$  está ausente o en cantidades muy bajas, en la superficie del músculo (Warris, 2003).

La velocidad a la que el color del músculo se deteriora depende de la velocidad a la que la DMb de la carne se oxida y pasa a ser MMb (figura 1), y a la velocidad que la reacción sucede en sentido contrario por efecto de la capacidad reductora del músculo. Por consiguiente, la carne empacada al vacío se caracteriza por ser de color púrpura, lo cual no presenta ningún problema puesto que una vez que se abre el empaque y la carne tenga contacto con el O<sub>2</sub> de la atmósfera, retornará a su color rojo brillante.

#### **2.4.1. Materiales para el empaçado al vacío**

Existe una gran variedad de materiales de empaque que se utilizan para los diferentes productos cárnicos frescos, procesados y congelados (Totosaus, 2010). Estos materiales sintéticos adecuados para el empaçado deben de ser flexibles, peso ligero, resistencia a la tensión, inodoros, higiénicos, fácil de reciclar, resistente a temperaturas calientes y frías, resistencia a grasas y aceites, buena barrera contra gases, capacidad de sellado y bajo costo (Heinz y Hautzinger, 2007).

Para García *et al.* (2006) los empaques sintéticos tienen varias ventajas en el empaçado de carne, por su gran versatilidad para su transformación en láminas de diferentes grosores que otorgan ciertas características para resistencia y permeabilidad. Los materiales elegidos deben resistir sin romperse ni desgastarse a las fuerzas a tracción y fricción que algunas máquinas de envasado puedan ejercer, así mismo resistir los huesos que la carne o cortes de carne puedan contener. Un buen material de empaque debe tener la permeabilidad correcta, es decir ser una barrera contra la entrada de oxígeno, el cual genera cambios oxidativos en la carne y proliferación microbiana y evitar la pérdida de humedad de la carne, de este modo se evitan pérdidas de peso y exudado. En la tabla 10 a continuación se muestran las propiedades de algunos materiales sintéticos.

Normalmente es difícil encontrar un material con todas las propiedades necesarias para el empaçado de carne, por lo que la tecnología ha generado la combinación de diferentes materiales, llamados envases multicapas. Este envase consiste en la combinación de dos a cinco láminas, cada de las cuales otorga al producto final una o varias de las propiedades deseables (Heinz y Hautzinger, 2007).

**Tabla 10. Principales polímeros sintéticos utilizados en el empaqueo de la carne y productos cárnicos y sus propiedades.**

Material	Permeabilidad	
	Oxígeno	Vapor de agua
Polietileno (PE)	+	-
Polipropileno (PP)	+	-
Cloruro de polivinilo (PVC)	+	-
Poliéster (PET)	±	-
Poliamida (PA)	-	+
Cloruro de polivinil dieno (PVDC)	Utilizados como barrera plástica	
Etileno alcohol vinilico (EVOH)		

*+: indica relativa permeabilidad, -: indica relativa impermeabilidad*

Fuente: Heinz y Hautzinger (2007)

Los principales procesos de fabricación de las estructuras multicapa son la laminación, el recubrimiento por extrusión y la coextrusión. En esta última las distintas películas se extrusionan simultáneamente para formar una sola lámina. En esta técnica no se usan adhesivos por lo que el costo es más barato comparado al laminado. La técnica es adecuada para productos con una alta tasa de respiración (García *et al.*, 2006).

Para Heinz y Hautzinger (2007), el envase multicapa más adecuado para carnes es una combinación de PA/PE. La poliamida (PA), es usada como capa externa, es relativamente permeable al oxígeno, pero no al vapor de agua (según tabla 10), sin embargo, el polietileno (PE) tiene las propiedades opuestas (relativamente permeable al vapor de agua e impermeable al oxígeno). La combinación de ambos genera una estructura muy fuerte contra el oxígeno y evaporación de vapor de agua. Igualmente, el PE que es usado como capa interna, tiene buenas propiedades termoplásticas y por consiguiente se une bien cuando se sella con calor, la combinación de PA/PE es una de las más simples en el envasado multicapas.

#### 2.4.2. Microorganismos en la carne empacada al vacío

Según Guevara (2010), los microorganismos son clasificados en tres grandes grupos: bacterias, levaduras y mohos; utilizan los alimentos como fuente de energía. De esta manera, deterioran los alimentos de dos formas fundamentales, la primera de manera saprofítica, cuando los microorganismos crecen en ellos, alterando sus propiedades organolépticas como color, textura, sabor y apariencia. La segunda manera es contaminándolos o produciendo toxinas de tal forma que puedan originar problemas a la salud pública mediante enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA). Los empaques que contienen concentraciones de 5 por ciento de CO<sub>2</sub> inhiben muchas de las bacterias contaminantes, especialmente psicotróficas, las cuales crecen a temperaturas de refrigeración. Las bacterias Gram (-) son más sensibles al CO<sub>2</sub> que las bacterias Gram (+).

Para Heinz y Hautzinger (2007), en empaques donde se retira el oxígeno, se logra inhibir o disminuir el crecimiento microbiano. Según Barreiro y Sandoval (2006), al tener un ambiente sin oxígeno, se inhibe el crecimiento de bacterias aerófilas, sólo se tiene crecimiento de microorganismos anaerobios o algunos anaerobios facultativos, este principio se utiliza en el sistema de vacío.

El empacado al vacío se usa en piezas enteras o cortes de carne, para ser protegidas del oxígeno del aire. Dentro del empacado encontraremos una población anaeróbica y microaerobia, pues el O<sub>2</sub> residual será convertido en CO<sub>2</sub> por los microorganismos aerobios y los procesos metabólicos de la misma carne, eventualmente cuando la atmósfera se quede sin O<sub>2</sub>, el crecimiento de bacterias aerobias se detendrá y la microflora cambia de crecimiento lento, tolerante al CO<sub>2</sub> (Hernández *et al.*, 2011 y Mills *et al.*, 2014).

Por consiguiente, las bacterias ácido-lácticas son muy resistentes al CO<sub>2</sub>, por lo que reemplazan a las bacterias aeróbicas contaminantes en carnes frescas empacadas en vacío. Estas bacterias se desarrollan muy lentamente en temperaturas bajas y no producen efectos de contaminación (Guevara, 2010). La carne empacada al vacío almacenada en temperaturas bajas (0 °C) es estable, además aumenta el tiempo de vida útil, sin embargo, la menor temperatura a utilizar sin que se congele la carne es de -1.5°C y es mayor a la temperatura mínima para el crecimiento de bacterias psicotróficas. *Enterobacteriaceae*, *B. thermosphacta*, *Shewanella*, *Clostridium spp* (Hernández *et al.*, 2011).

El *Clostridium botulinum* es una bacteria que crece en atmósferas anaerobias y a bajas temperaturas (hasta 3°C), esta es la bacteria asociada al botulismo, enfermedad peligrosa y que causa la muerte, debido a la neurotoxina producida por este microorganismo. Para poder mantener un buen control, se debe tener cuidado en la cadena de frío y mantener la misma temperatura de almacenamiento en la carcasa hasta el producto final para venta (Hernández *et al.*, 2011).

En la tabla 11 se observan las condiciones en las cuales los microorganismos crecen en la carne.

**Tabla 11. Efecto de la disponibilidad de oxígeno y el pH sobre el desarrollo de los microorganismos contaminantes a temperatura de 0-5°C.**

Microorganismo	pH 5.5-5.7		pH ≥6.0	
	Aerobias	Anaerobias	Aerobias	Anaerobias
<i>Pseudomonas spp</i>	+	-	+	-
Enterobacteriaceae	+	-	+	+
<i>Brocothrix thermosphacta</i>	+	-	+	+
Bacterias ácido-lácticas	+	+	+	+
Aeromonas	-	-	+	+
<i>Shewanella putrefaciens</i>	-	-	+	+

Fuente: Egan *et al.* (1988).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 FECHA Y LUGAR DE EJECUCIÓN**

La parte experimental del presente trabajo se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Beneficio de Animales del Programa de Investigación y Proyección Social en Carnes, donde se alojaron a los cuyes por 72 horas, posteriormente el faenado se realizó en el Laboratorio de Leche y Carnes, al igual que las medidas de pH y Capacidad de Retención de Agua (CRA), ambos laboratorios pertenecientes a la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), ubicadas en el distrito de La Molina, provincia de Lima, departamento de Lima.

Las pruebas de terneza y color se realizaron en los Laboratorios de Análisis Físicos Químicos de la Facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

Por temas de logística, se recibieron los cuyes en tres lotes de 30 animales cada uno; los cuales comprendieron las fases de pesado, ayuno y faenado de los animales, hasta la realización de las últimas medidas de terneza, color, CRA y pH realizada a los 28 días post faenado. Las pruebas se realizaron en los meses de enero hasta marzo del 2015.

#### **3.2 MATERIALES Y MÉTODOS**

##### **3.2.1 Unidad experimental**

La unidad experimental está establecida por una extremidad posterior del cuy; se contó con 180 unidades experimentales. Estas procedían de 90 cuyes machos mejorados, de la línea genética UNALM-Cieneguilla, de tres meses aproximadamente (edad comercial) y con un peso promedio de 965 g de peso vivo (anexo 3).

### 3.2.2 Materiales

Para el presente trabajo se utilizaron los materiales descritos a continuación:

- Espátula
- Papel filtro N° 54 de 110mm de diámetro (marca Whatman ®)
- Placas de vidrio
- Pesa de 2.25kg
- Bisturí
- Tijeras
- Bandejas plásticas
- Embudos de beneficio
- Tabla de picar
- Cuchillos
- Ollas
- Ganchos para orear carne
- Pinzas
- Jabas de 50x40x20cm
- Hielo
- Guantes, mascarillas, gorros
- Papel *tissue*
- Bolsas de empacado al vacío de 19x34cm, calibre 70, coextruidas PA/PE

### 3.2.3 Equipos

Los equipos utilizados en el presente trabajo se detallan a continuación:

- Colorímetro MINOLTA modelo CR400
- Analizador de textura QTS 25 (Brookfield® CNS Farnell, Middelboro, MA, USA).
- Balanza analítica OKAUS (200g, 0.001g)
- Hornilla a gas
- Cronómetro CASIO
- Higrómetro
- Horno eléctrico OSTER
- Termómetros BOECO

- Cámara de refrigeración MIRAY
- Medidor de pH y temperatura en carne marca HANNA
- Electro-aturdidor
- Balanza gramera MIRAY (1000g, 1g)
- Máquina de envasado al vacío Henkelman 500

### **3.2.4 Proceso de pre-faenado**

En el proceso de pre-faenado se realizaron las siguientes actividades

- Alojamiento de los animales en jaulas por tres días, en los ambientes del Laboratorio de Beneficio de Animales del Programa de Investigación y Proyección Social en Carnes. Ahí se les dio agua *ad libitum* y se mantuvo la alimentación recibida en la granja de Cieneguilla: concentrado en polvo y restos de brócoli.
- Los animales fueron pesados, con una balanza gramera marca MIRAY, para la toma de datos.
- Se realizó un ayuno 12 horas antes del faenado, para facilitar la evisceración y disminuir la contaminación de las canales.

### **3.2.5 Proceso de faenado**

Para esta fase se realizaron las siguientes actividades

- Los cuyes fueron sacados de sus jaulas y llevados en jabs al área de faenamamiento en el Laboratorio de Leche y Carnes.
- Aturdimiento por el método de electronarcosis, utilizándose electrodos en ambos lados de la cabeza (aplicando 157 voltios por tres segundos)
- Degollamiento y desangrado, realizado rápidamente luego del aturdimiento, retirando la mayor cantidad de sangre, mientras el cuy se encuentra inconsciente.
- Escaldado, en agua caliente (65-70°C) por 10 a 15 segundos para el depilado del cuy, donde se retira todo el pelo.

- Evisceramiento, la carcasa mantiene las vísceras rojas (pulmón, corazón, riñones e hígado)
- Inspección del canal y oreo, como es mostrado en la figura 4, por media hora.

### **3.2.6 Proceso despiece y empacado al vacío**

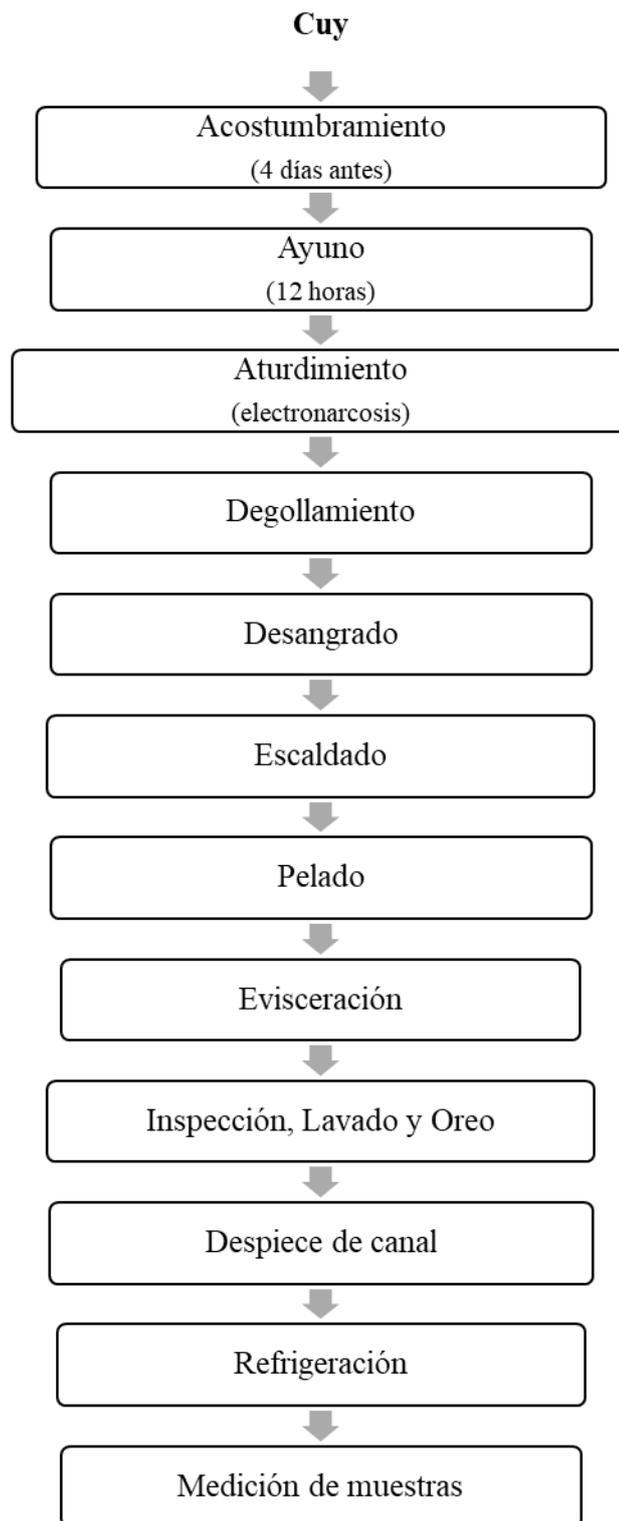
Los siguientes procesos son explicados a continuación:

- Despice de carcasas, se separó las extremidades inferiores, mediante un corte transversal.
- Las piezas son almacenadas en refrigeración de 0° a 4°C.
- Al día siguiente, se separan las extremidades inferiores, se identifican y pesan con la balanza gramera.
- Una extremidad se empaca al vacío (máquina de vacío Henkelman 500) como se puede observar en la figura 5, y su par se utiliza para evaluar las características fisicoquímicas correspondientes al tratamiento cero (T0).

### **3.2.7 Proceso de análisis de muestras**

La realización de los diferentes análisis es descrita a continuación:

- La extremidad inferior no empacada al vacío es utilizada para realizar las pruebas físico-químicas, respectivas al tratamiento control (día uno *post* faenado).
- Las pruebas de color y terneza son realizadas en el laboratorio de Análisis Físicos Químicos (explicadas en el punto 3.2.9)
- Los análisis de pH y CRA, fueron realizadas en el laboratorio de Leche y Carnes (explicadas en el punto 3.2.9)
- Para los tratamientos 1, 2, 3 y 4, se utilizaron aleatoriamente la extremidad inferior par y se realizaron los análisis ya nombrados anteriormente.



**Figura 3. Proceso de faenado hasta la refrigeración.**



**Figura 4. Carcasas de cuy oreándose después del faenado.**



**Figura 5. Muestra a evaluar empacada al vacío.**

### **3.2.8 Tratamientos**

Se tuvieron cuatro tratamientos, que fueron los tiempos de almacenamiento después del faenado en refrigeración de las carcasas de cuy y envasadas al vacío:

Tratamiento 1: Carne empacada al vacío en el día uno y abierta al día siete después del faenado.

Tratamiento 2: Carne empacada al vacío en el día uno y abierta al día 14 después del faenado.

Tratamiento 3: Carne empacada al vacío en el día uno y abierta al día 21 después del faenado

Tratamiento 4: Carne empacada al vacío en el día uno y abierta al día 28 después del faenado

En otras especies, para la evaluación de las características fisicoquímicas de la carne se usa una sola pieza cárnica (músculo o paquete muscular entero, por ejemplo, el músculo *Longissimus dorsi*), la cual es dividida en la cantidad de tratamientos a evaluar (tiempos de almacenamiento) y en las diferentes características fisicoquímicas en estudio. Sin embargo, en cuyes, la pieza cárnica es pequeña, lo cual dificulta el poder realizar varias mediciones en la misma pieza. Por lo cual, se siguió la metodología empleada por Kobashigawa (2016), quien usó una extremidad inferior de los cuyes para evaluar solo un tratamiento.

En cada cuy, se usó una extremidad inferior, esta fue evaluada en el día uno *post* faenado sin empacar al vacío, la cual se nombró T0, mientras que la extremidad par fue empacada al vacío y evaluada según el tratamiento asignado aleatoriamente, en el día 7, 14, 21 o 28 *post* faenado correspondiente a los tratamientos mencionados anteriormente (T1, T2, T3 y T4). La prueba de T-pareada se usó en la comparación de estos datos: pierna evaluada en el día uno *post* faenado sin empacado al vacío con la pierna par empacada al vacío en un tiempo de almacenamiento.

Mientras que las extremidades inferiores empacadas al vacío examinadas los días 7, 14, 21 y 28 *post* faenado, se estudiaron estadísticamente con un diseño completamente al azar.

### 3.2.9 Parámetros evaluados:

- Terneza de la carne

Se determinó el valor de la terneza de la carne con el dispositivo Warner-Bratzler del Analizador de textura Brookfield® CNS Farnell QTS-25 (figura 7).

Se utilizó la metodología sugerida por Mamani *et al.* (2013). Las muestras fueron sometidas a cocción en horno eléctrico hasta llegar a 70°C de temperatura interna. La cocción duró aproximadamente 15 minutos, con un precalentado de cinco minutos. Para la muestra se tomó el músculo *Rectus femoris* (figura 6), que comprende con otros cuatro músculos el paquete llamado *Quadriceps femoris*.

Se envolvió la extremidad inferior en evaluación con papel aluminio y se metió al horno para la cocción. Después de 15 minutos en el horno a 205°C, la extremidad alcanzó una temperatura interna de 70°C, se sacó y procedió a separar el músculo en evaluación. Se mantuvo la muestra en refrigeración hasta el momento de ser llevada al laboratorio para realizar la prueba.



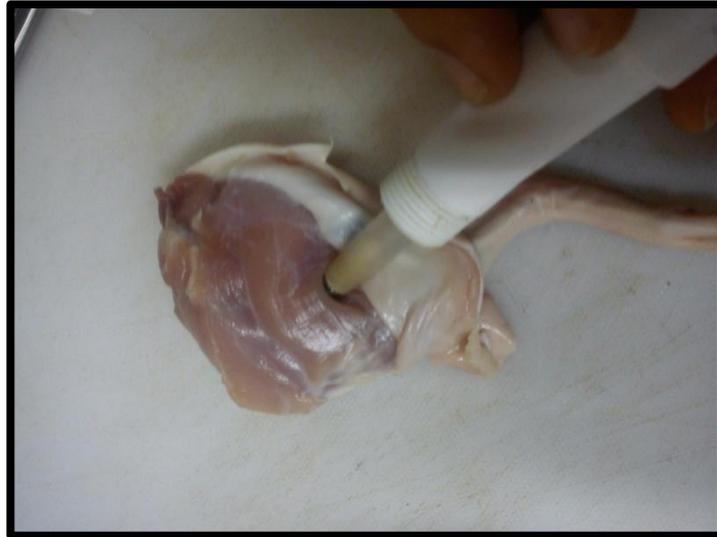
**Figura 6. Muestras del músculo *Rectus femoris* para prueba de terneza**



**Figura 7. Analizador de textura Brookfield® CNS Farnell QTS-25.**

- Potencial hidrógeno (pH) de la carne

Se midió el pH realizando un corte transversal sobre el músculo *Gracilis* del muslo (figura 8). Se evitó tocar hueso o grasa para que el electrodo no diera un resultado erróneo. El equipo utilizado se muestra en la figura 9.



**Figura 8. Medición de pH, del músculo *Gracilis* en el muslo.**



**Figura 9. Medidor de pH y temperatura para carne, marca HANNA.**

- Color de la carne

Para medir el color, se utilizó el Colorímetro MINOLTA CR400, el cual fue calibrado para que realice tres disparos. Se colocó las muestras de carne de cuy en una superficie plana y se realizó la medición directamente sobre la muestra, sin que haya espacio entre la carne y el lente del colorímetro. Los resultados de las mediciones se dieron en coordenadas de color  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Las muestras se dejaron reposar para el “*bloom*” entre 30 minutos a 1 hora, después de abiertas, se mantuvieron en refrigeración a  $0^{\circ}$  a  $2^{\circ}$  C y

se evitó la incidencia de luz solar. Se realizó la medición en el músculo *Bíceps femoris* (figura 10).



**Figura 10. Medición de coordenadas L\*, a\* y b\* del músculo *Bíceps femoris* en carne de cuy.**

- Capacidad de retención de agua

En esta prueba la capacidad de retención de agua está expresada como porcentaje de jugo expulsado por presión, utilizándose el músculo *Bíceps femoris*, utilizándose el método de determinación de Capacidad de Retención de Agua de Grau-Hamm (1956) indicado por Pla y Apolinar (2000).

Para esto se pesó 300 mg de la carne, en una balanza analítica, luego se envolvió en un papel filtro Whatman, previamente desecado y pesado. Después de pesar el papel con la carne se colocó entre dos placas de vidrio, aplicándose una fuerza de 2.25kg encima de las placas por 5 minutos (figura 11). Luego se procedió a pesar el papel filtro húmedo sin la muestra de carne. La CRA expresada en porcentaje de agua no retenida o jugo expulsado por presión, se halló mediante la siguiente fórmula, indicada por Pla y Apolinar (2000):

$$\% \text{ jugo expulsado por presión} = \frac{\text{Peso del papel húmedo} - \text{peso del papel seco}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$



**Figura 11. Medición de la capacidad de retención de agua (CRA), por el método de presión, en el músculo *Bíceps femoris*.**

### 3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la realización de las evaluaciones estadísticas se utilizaron las siguientes pruebas:

- Prueba de T-pareada
- Prueba de Wilcoxon
- D.C.A.
- Prueba de Tukey
- Kruskal Wallis
- Prueba de Dunn

La prueba de T-pareada (Amat, 2016a), fue utilizada en la evaluación de los datos de las unidades experimentales en el día uno *post* faenado con su respectiva unidad par, la cual se le asignó un tiempo de almacenamiento o tratamiento (7, 14, 21 o 28 días *post* faenado). Los datos que no tuvieron un comportamiento normal fueron evaluados con la prueba de Wilcoxon (Amat, 2016b).

Para la evaluación de las unidades experimentales por tratamientos (las cuales no provienen del mismo animal), se trabajó con el diseño completamente al azar (D.C.A), para los resultados significativos ( $p < 0.05$ ), se realizó la prueba de Tukey, para determinar la diferencia de las medias entre tratamientos. Se realizó una prueba de normalidad de residuos del ANOVA y homogeneidad de varianzas, si alguna de estas dos pruebas no fue significativa ( $p < 0.05$ ), se utilizó las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis y posteriormente una prueba de Dunn, si el resultado fue significativo (Dinno, 2017).

Se utilizó el software estadístico RStudio Version 0.98.1103 para Windows, las librerías utilizadas fueron las siguientes: rcompanion, FSA, coin y agricolae.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)

Los resultados del análisis de pH entre el día uno y su respectivo día tratamiento (7, 14, 21 y 28), tomados del músculo *Gracilis* del miembro posterior de los cuyes, se pueden observar en la tabla 12 (anexo 1), comparando el día uno y el día de almacenamiento respectivo, entre 2 a 4°C, se obtuvo una diferencia estadísticamente no significativa entre el día 1 y 7. Sin embargo, los demás días de tratamiento si registraron un aumento significativo en el pH ( $p < 0.01$  resultado obtenido en la prueba t-pareada).

**Tabla 12. Variación del potencial hidrógeno (pH) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo *Gracilis* de cuy.**

Comparación de pH	$\Delta$ pH	Valor de P
T0-T1	-0.0291	0.1995
T0-T2	-0.1968	0.000**
T0-T3	-0.2450	0.000**
T0-T4	-0.3068	0.000**

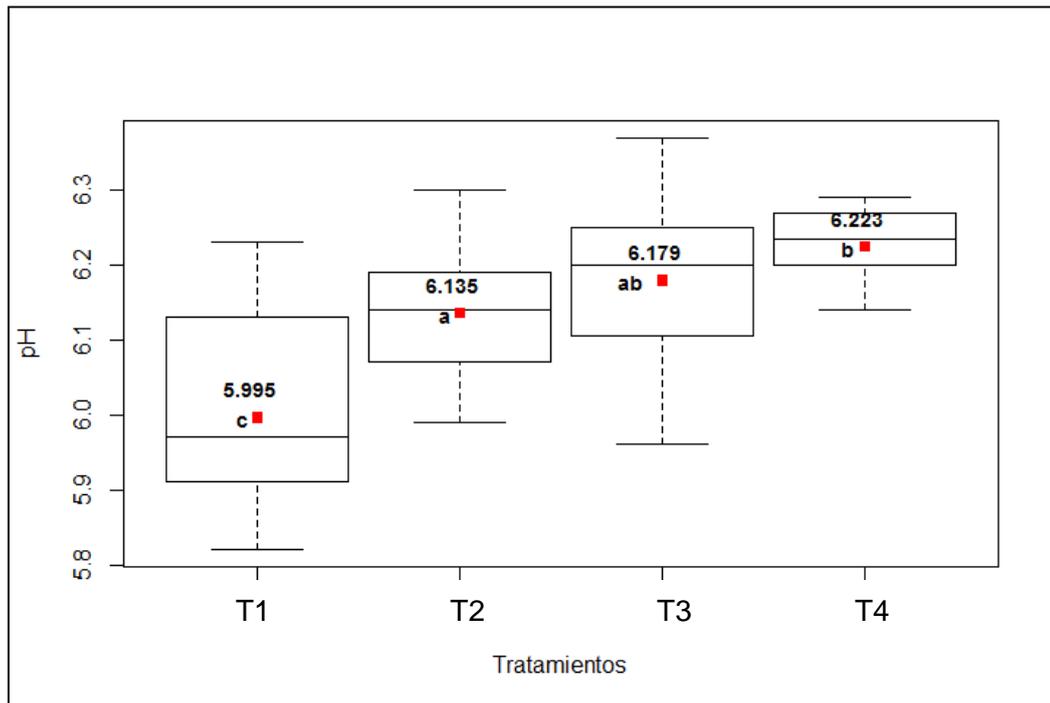
\*\* indica que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ).

En la figura 12, se observa la evolución del pH durante el tiempo de almacenamiento (anexo 2), el cual aumentó significativamente ( $p < 0.05$ ) conforme pasaron los días. El pH aumenta hasta 6.22, este valor es aceptable por INDECOPI (2006), quien indica que el pH del cuy se encuentra en el rango de 5.5 a 6.4.

El empacado al vacío mantiene por más tiempo el pH, en comparación con un empacado simple en carne de cuy como el evaluado por Kobashigawa (2016), quien evaluó en el mismo músculo en carne de cuy, empacado en bolsas plásticas de polietileno, un pH de 6.23 para el día nueve de almacenamiento mientras que, en este trabajo el pH similar de 6.22 fue observado en el día veintiocho.

En comparación con una especie similar, Rodríguez-Calleja *et al.* (2010) encontraron un pH inicial de 6.30 en carne de conejo empacada al vacío, mientras que Mendoza (2008) reporta un valor de 6.01.

El pH aumentó hasta su último día de almacenamiento de manera significativa ( $p < 0.05$ ). Este comportamiento es similar al encontrado por Oliveira *et al.* (1998)



**Figura 12. Variación de potencial hidrógeno (pH) de los tratamientos, del músculo *Gracilis* de cuy.**

citado por Tarsitano *et al.* (2013), quienes atribuyen la subida de pH a la actividad enzimática producida en la maduración. Sin embargo, otras especies no muestran una variación significativa de pH, como en ternero estudiado por Oliete *et al.* (2006) y González *et al.* (2011); en cabra, Morales de la Nuez *et al.* (2009) y alpaca Saavedra, (2013). Según Oliete *et al.* (2006) la falta de cambio en el pH puede indicar que el tiempo de maduración no fue suficiente para una degradación de proteína como para aumentar el pH, que se presenta típicamente en largos períodos de maduración, podemos decir que el tiempo dado para la maduración desde el día catorce en adelante en la carne de cuy, empacada al vacío, es aceptable puesto se ve el aumento de pH, que implica la degradación de proteína y por consiguiente cambios en las propiedades

físico-químicas de la carne generando al final un producto de calidad y aceptado por el consumidor.

Kobashigawa (2016), indica que el comportamiento del pH, medido en el mismo músculo que este trabajo, tuvo una bajada significativa en el día tres y posteriormente sube de manera abrupta en el día nueve. Según Hur *et al.* (2013) y Gómez y Lorenzo (2012) el oxígeno residual del empaque al vacío se utiliza totalmente y a posterior empieza el metabolismo anaeróbico, generando como productos ácido láctico y ácido carbónico, por tal motivo hay una bajada de pH. Florek *et al.* (2007), añade que luego del descenso del pH, eventualmente volverá a subir, por la alcalinización causada en la maduración, donde la descomposición de la proteína genera productos alcalinos, lo cual cambia el pH del medio. En este trabajo no se observa esa caída de pH, una probable razón puede ser que ese comportamiento se dio en algún momento entre evaluaciones semanales, por lo que no se detectó.

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

Como se muestra en la tabla 13, la variación entre el control y su respectivo tratamiento que se muestra en el anexo 1, de la capacidad de retención de agua, solo tiene diferencias significativas entre el control, T0 y el tratamiento dos, T2 (catorce días *post* faenado), el cual es altamente significativo ( $p < 0.01$ ), una razón puede ser que el tratamiento control, par al tratamiento 2, tenga alguna influencia externa y por ende se tiene ese resultado.

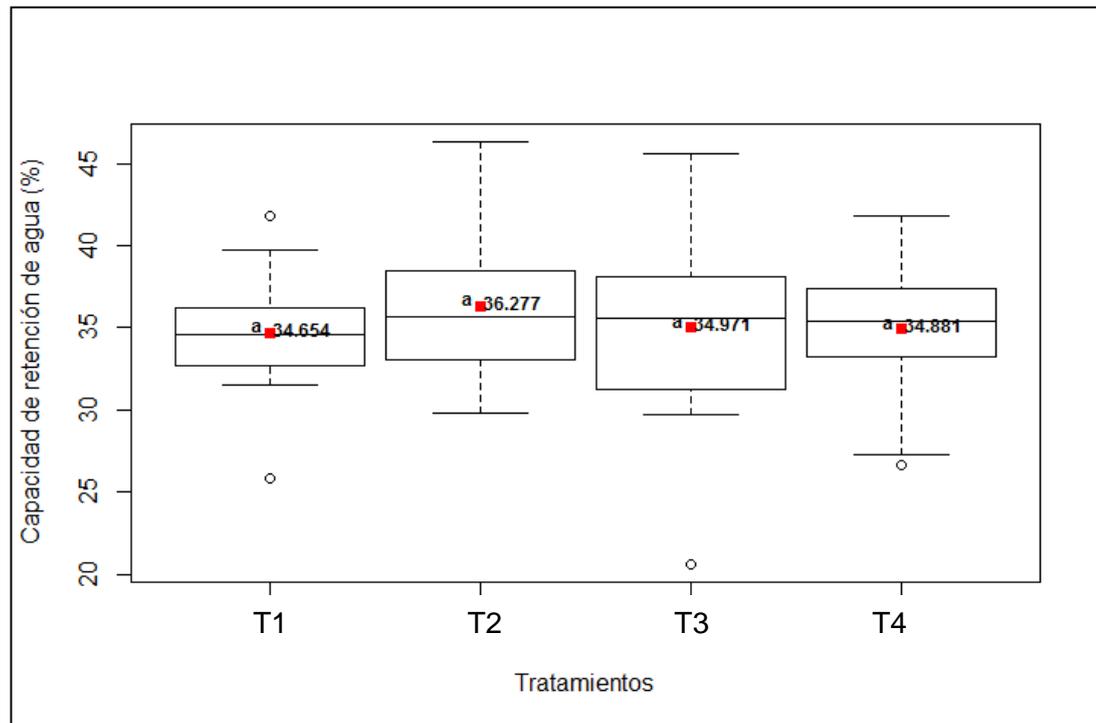
**Tabla 13. Variación de la capacidad de retención de agua (CRA) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo *Biceps femoris* de cuy.**

Comparación de jugo expulsado por presión (%)	$\Delta$ %jugo expulsado por presión	Valor de P
T0-T1	-1.6783	0.220
T0-T2	-4.8499	0.001**
T0-T3	-1.7769	0.286
T0-T4	-1.9844	0.111

\* diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ).

Mientras que la variación del control, T0, con los tratamientos respectivos (T1, T3 y T4) no presentan diferencias significativas. En la figura 13, se puede observar que el

comportamiento de la capacidad de retención de agua no tiene cambios significativos a lo largo del tiempo de almacenamiento ( $p>0.05$ ). Este resultado es diferente al encontrado por Kobashigawa (2016), quien evaluó en la misma especie y músculo, pero con empacado convencional y sí tuvo un aumento significativo de pérdida de jugo a lo



**Figura 13. Variación de la capacidad de retención de agua (CRA) de los tratamientos, del músculo *Bíceps femoris* de cuy.**

largo de nueve días de evaluación. Sin embargo, los valores son menores a los obtenidos en esta evaluación, 25.30 por ciento, a diferencia de 32.63 por ciento, ambos para el día uno; asimismo el mayor valor fue 32.44 por ciento en el día 9 para Kobashigawa (2016), mientras que 36.28 por ciento en el día 14 para las muestras evaluadas en este estudio.

Lawrie (1998), afirma que las pérdidas de agua o jugo en carne están relacionadas con la caída de pH *post mortem*, si el pH disminuye o baja cerca al punto isoeléctrico de las proteínas, menor será la capacidad para retener agua de sus estructuras y por ende el agua será expelida. Aunque la capacidad de retención de agua evaluada no varía, el pH sí; pero el músculo analizado en ambas pruebas fue diferente, esta puede ser una razón por la cual la CRA no varía. Huff-Lonergan y Lonergan (2005), Aspé *et al.* (2008), Hur *et al.* (2013), Dallantonia *et al.* (2015) y Kobashigawa (2016) indican que existen otros

factores como la genética, edad y manejo *post mortem* que afectan esta característica. Asimismo, Hur *et al.* (2013) señalan que la capacidad de retención de agua es influenciada por el tipo de empaçado y la bajada de pH.

En otras especies como en conejo, Ariño *et al.* (2006), Ramírez (2004) y Hernández *et al.* (2004) presentaron valores similares a los obtenidos en este estudio con 30.80, 33.29 y 32.10 por ciento de jugo expulsado por presión respectivamente. Por otra parte, se registran valores menores de porcentaje de jugo expulsado por presión, en conejos de monte (González-Redondo *et al.*, 2007) con un valor de 17.98 por ciento, y en cordero (Onega, 2003) y alpaca (Salvá, 2009), valores de 18.66 y 26.41 por ciento respectivamente, un factor más puede ser la especie.

### 4.3 TERNEZA DE LA CARNE

La prueba de t-pareada para la terneza del músculo *Rectus femoris* se muestra en la tabla 14. Según los resultados, el tratamiento uno es igual al tratamiento control, mientras que los demás tratamientos si tienen diferencias significativas con su respectivo tratamiento control. Lo que indica que conforme pasó el tiempo de almacenamiento la terneza mejoró con respecto al día 1 a partir del día 14 en adelante.

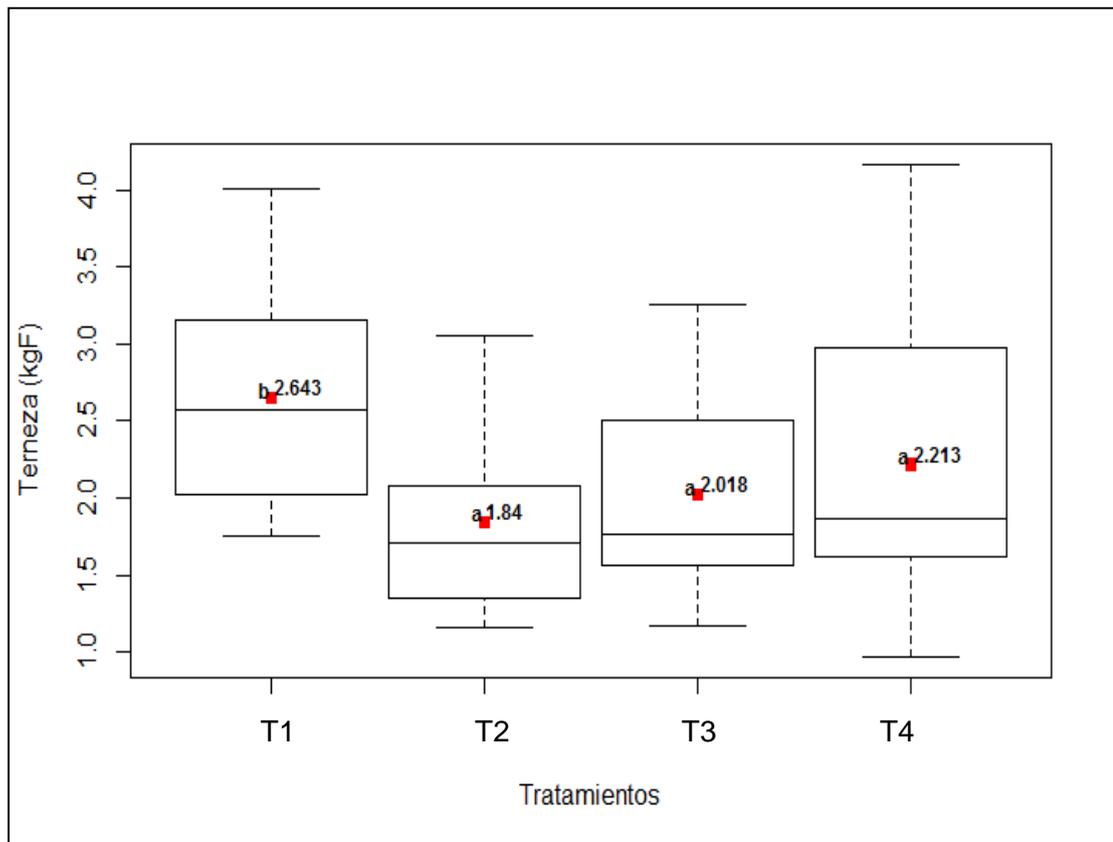
**Tabla 14. Variación de la terneza (kgF) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo *Rectus femoris* de cuy.**

Comparación de terneza	$\Delta$ terneza (kgF)	Valor de P
T0-T1	0.1405	0.406
T0-T2	1.0808	0.000 **
T0-T3	0.6796	0.000**
T0-T4	0.4120	0.043*

\*indica que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

\*\* indica que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ).

En la figura 14, se muestra la terneza la cual mejoró significativamente conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento. El tratamiento uno, tuvo menor terneza en comparación a los demás tratamientos ( $p < 0.05$ ).



**Figura 14. Valores de terneza (kgF), de los tratamientos del músculo *Rectus femoris* de cuy.**

Comprender el desarrollo de la terneza en carne de cuy empacada al vacío es necesario para saber el tiempo de maduración óptimo y conseguir una carne de mejor calidad y que guste al consumidor. Los resultados muestran que desde el día 14 (T2) la terneza mejora significativamente la carne de cuy empacada al vacío.

Kobashigawa (2016) reporta en carne de cuy no empacada al vacío, resultados con valores de 2.26, 2.16 y 2.13 kgF para los días tres, seis y nueve de maduración, respectivamente, los que no coincidieron con los resultados obtenidos en este estudio, que fueron 2.64 kgF para el día siete después del faenado. En los días catorce y veintiuno de este estudio, se observan promedios más bajos que los emitidos por Kobashigawa (2016), probablemente el elevado pH inicial, mayor al observado en esta prueba, pudo influir en la terneza, además cabe indicar que el empacado fue diferente, el cual puede ser otro factor.

La mejora de la ternera, con el tiempo de almacenamiento en refrigeración, ha sido estudiado por Muchenje *et al.* (2008), Gruber *et al.* (2006) y Huerta-Leidenz *et al.* (2004) en carne de bovino empacada al vacío, y los resultados muestran la mejora conforme madura la carne, lo mismo ha sido reportado por Saavedra (2013) y Vergara *et al.* (2005), en alpaca y conejo respectivamente. Simonetti *et al.* (2015) y Oliete *et al.* (2006) indicaron que la ternera aumentó rápidamente hasta los primeros 12 a 14 días, luego el proceso de tenderización fue más lento.

En condiciones anaerobias como en el empacado al vacío, el aumento de la ternera está relacionada con actividades autolíticas, las cuales a lo largo del proceso de almacenamiento generarán la degradación del tejido muscular (Rodríguez-Calleja *et al.*, 2010 citados por Bagdatli y Kayaardi, 2015), existen investigaciones donde no se reporta esta incidencia y el valor en ternera no varía durante la maduración (Fregonesi *et al.*, 2014; Iacurto *et al.*, 2011). Sin embargo, en este trabajo la ternera mejora notablemente desde el día 14 en adelante a comparación del día 7.

Si bien no se estudió el tamaño de fibra muscular, Joo *et al.* (2013) explican que la textura de la carne está afectada directamente por el tamaño de la fibra muscular, la cantidad de tejido conectivo y parcialmente por cantidad de grasa intramuscular. Vargas y Chauca (2006) investigaron la infiltración de grasa y la presencia de tejido conectivo, en carne de cuy de 8-9 semanas de edad; los resultados fueron mínimos para ambos, por ende, la carne de cuy en esa edad es considerada muy tierna. Según Plaza (2011) la carne tierna está en valores menores a 2.27kgF (WBSF), como los encontrados en los días tratamiento 14, 21 y 28, del presente trabajo, los resultados obtenidos se pueden considerar como tiernos.

En lo que respecta a otra especie, en carne de conejo, los valores son menores a los determinados en este trabajo. Pérez-Arévalo *et al.* (2009) y Sierra (2006) obtuvieron 1.22-2.25 kgF y 0.88-1.28 kgF respectivamente. Sin embargo, otras especies mostraron valores mayores a los obtenidos en este estudio; como ovino y vacuno empacados al vacío con 2.01-2.58kg (Fregonesi *et al.*, 2014) y 4.83-8.89kg/cm<sup>2</sup> (Hur *et al.*, 2013) respectivamente, la carne de cuy en este trabajo es más tierna a las otras especies comparadas.

## 4.4. COLOR

### 4.4.1. Luminosidad (L\*)

Para el consumidor una de las características más importantes para elegir la carne es el color, el cual indica la frescura de la pieza. Los resultados de la evaluación de las pruebas de T-pareada están en la tabla 15. Según los resultados, el tratamiento 1, T1, es igual al control, mientras que los demás tratamientos son diferentes significativamente en comparación con su control.

**Tabla 15. Variación de luminosidad (L\*) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo *Biceps femoris* de cuy.**

Comparación de L*:	$\Delta$ Luminosidad (L*)	Valor de P
T0-T1	1.8318	0.073
T0-T2	2.9255	0.004**
T0-T3	3.1217	0.000**
T0-T4	4.6668	0.000**

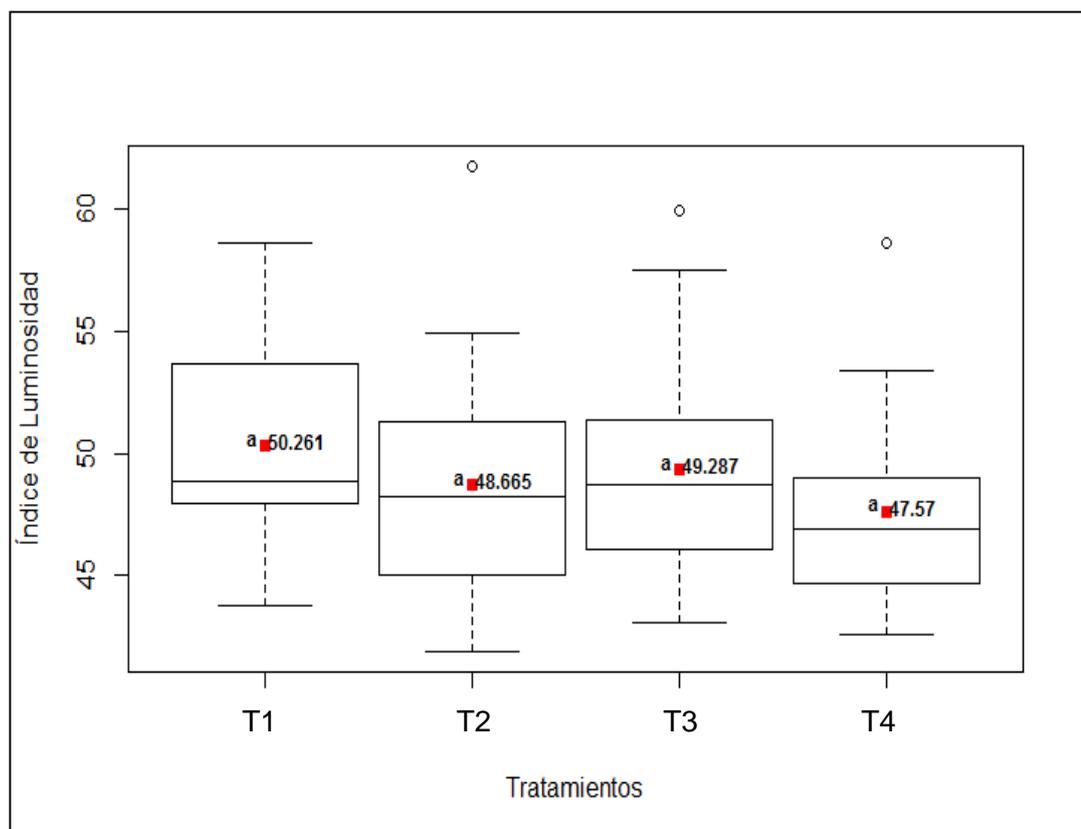
\*\* indica que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ).

La figura 15 presenta el comportamiento de la luminosidad durante los 28 días de almacenamiento. Hay una tendencia a la disminución de la luminosidad, sin embargo, no hay diferencias significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ). Kobashigawa (2016) en carne de cuy con empaque convencional, reporta valores de 52.99 para el día uno y 50.00 en el día seis, como mayor y menor valor de la coordenada L\*, los que coinciden con los datos obtenidos en el presente estudio 52.07 y 50.26 para los días uno y siete en el músculo *Biceps femoris*, sin embargo, Kobashigawa (2016) presentó una disminución de manera significativa, a diferencia de este estudio donde no tuvo ese comportamiento, se mantuvo igual. Este comportamiento lo han reportado Bağdatli y Kayaardı, (2015), para carne de res empacada al vacío, quienes indican que puede ser causado por la metamioglobina, la cual no puede ser convertida a oximioglobina y por ende hay un oscurecimiento de la carne.

El empaque al vacío mejora la característica de luminosidad a diferencia del empaque convencional, esto lo explica Paseto *et al.* (2014), quienes observaron que el color en el empaque al vacío fue más uniforme en comparación a otras MAP (Atmósferas

Modificadas Protectoras) y al empaque normal. Berian *et al.* (2009) y Swatland (2004) citados por Ripoll *et al.* (2013) explican que conforme pasa el tiempo, las proteínas de la carne se desnaturalizan y se incrementa el esparcimiento y dispersión de la luz, por ende, aumenta  $L^*$  contribuyendo a que la carne esté más pálida. Para este estudio, no se encontró la misma evolución de  $L^*$ , no hubo incremento se mantuvo sin cambios.

Otros estudios reportan no tener cambios de  $L^*$  al igual que en este estudio; como Zhao *et al.* (2015), Fregonesi *et al.* (2014) y Lorenzo y Gómez, (2012) en carne empacada al vacío de cerdo, cordero y caballo, respectivamente. Según Ripoll *et al.* (2013) el empacado al vacío retrasó la deshidratación que inhibe la penetración del oxígeno en la carne, por tanto, disminuye el proceso de oxigenación evitando la dispersión de la luz, además Simonetti *et al.* (2015) reportan que el pH alto genera que las proteínas de la carne se unan con mayor fuerza al agua, por tal razón hay menos agua libre que refleje la luz.



**Figura 15. Valores de luminosidad ( $L^*$ ) de los tratamientos en el músculo *Biceps femoris* de cuy.**

#### 4.4.2 Índice rojo-verde (a\*)

La prueba de t-pareada para el índice rojo-verde del músculo *Biceps femoris* se muestra en la tabla 16. Según los resultados, existió una diferencia significativa entre todos los días tratamiento con su respectivo control. Lo que indica que hubo un aumento notable en el valor de a\*.

**Tabla 16. Variación del índice rojo-verde (a\*): entre los tratamientos cero y sus respectivos pares, del músculo *Biceps femoris*.**

Comparación de a*:	$\Delta$ Índice de rojo (a*)	Valor de P
T0-T1	-0.465	0.033**
T0-T2	-2.1640	0.000**
T0-T3	-2.3433	0.000**
T0-T4	-3.4727	0.000**

\*\* indica que existen diferencias altamente significativas ( $p < 0.01$ ).

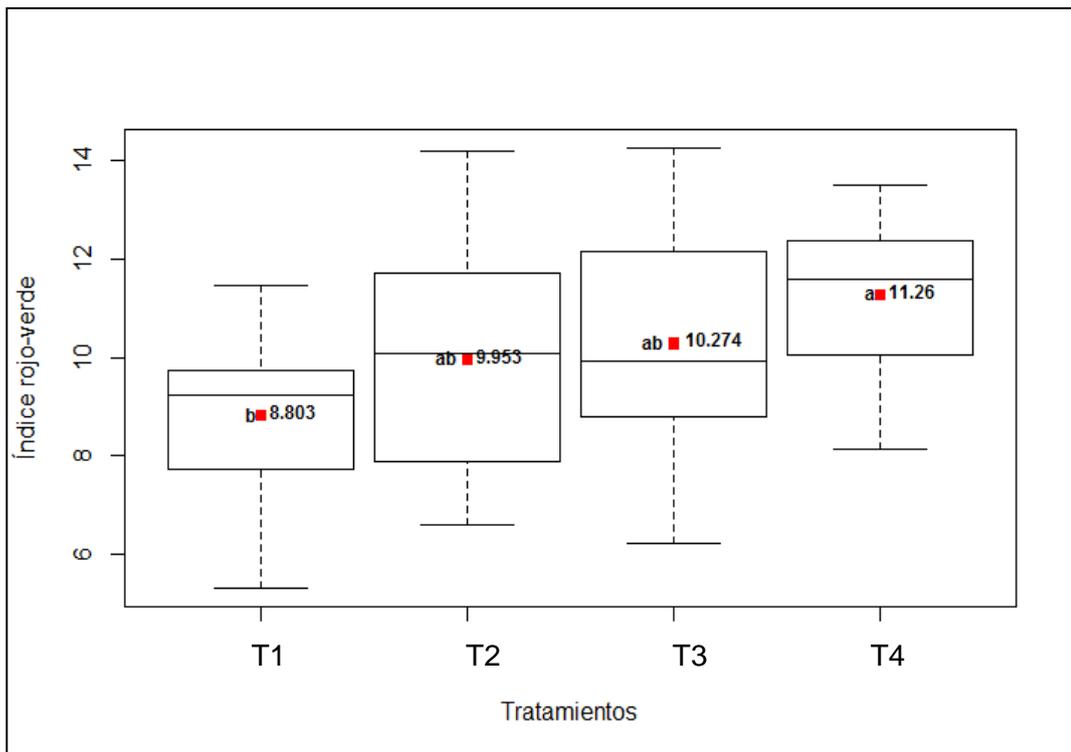
En figura 16 se puede observar que el efecto del tiempo de almacenamiento en la variable a\*, fue significativo.

Para carne de cuy empacada convencionalmente, Kobashigawa (2016) presentó valores de a\* de 7.84 para el día uno, el cual es igual a lo encontrado en este trabajo y va aumentando hasta llegar a 9.25 en el día nueve (último día evaluado), aun así, el presente trabajo llega a valores más altos (11.68) pero en el T4 (día 28 después de faenado).

Para otras especies empacadas al vacío y maduradas, Lorenzo y Gómez (2012) encontraron en caballo que el índice de a\* aumenta significativamente al igual que en esta prueba, Florek *et al.* (2007) presentaron un incremento de a\* en carne de res, esto depende del músculo en evaluación y del sexo. De lo contrario, Grobbel *et al.*, (2008) observaron la disminución de la coordenada a\* conforme maduró la carne de vacuno.

Sin embargo, hay estudios donde no se ha presentado cambios en el índice de rojo, como, por ejemplo: Zhao *et al.* (2015), Fregonesi *et al.* (2014), Orkusz *et al.* (2013), Gómez y Lorenzo (2012) quienes evalúan en carne de cerdo, cordero, ganso y caballo respectivamente.

En este estudio, el empaçado al vacío mantuvo el color rojo evitando la decoloración. según Lorenzo y Gómez (2012) es por la ausencia de O<sub>2</sub>, debido al tipo de empaçado. Asimismo, el índice de a\* está afectado por la cantidad de mioglobina presente en el músculo (Onega, 2003). La temperatura óptima para la preservación de OMB (oximioglobina) está entre -1 a 2°C y la DMb (desoximioglobina) necesita temperaturas entre 3 a 4°C o más altas (AMSA, 2012).



**Figura 16. Valores del índice rojo-verde (a\*) de los tratamientos, del músculo *Biceps femoris* de cuy.**

Las muestras se trabajaron en un rango entre 2 a 4C° y el valor de a\* aunque bajo en comparación a otras especies, fue mantenido adecuadamente, con una tendencia al incremento y según Orkusz *et al.* (2013) quienes reportaron que el empaçado al vacío es práctico en lo que respecta al color y resalta que el índice de a\* es el parámetro de color más importante para evaluar la oxidación de la carne, es más, los consumidores rechazan carnes que disminuyen sus valores de a\*.

#### 4.4.3 Índice amarillo-azul (b\*)

La prueba de t-pareada (anexo 1) para el índice amarillo-azul del músculo *Biceps femoris* se muestra en la tabla 17. Según los resultados, los tratamientos no tienen diferencias significativas con su respectivo tratamiento cero.

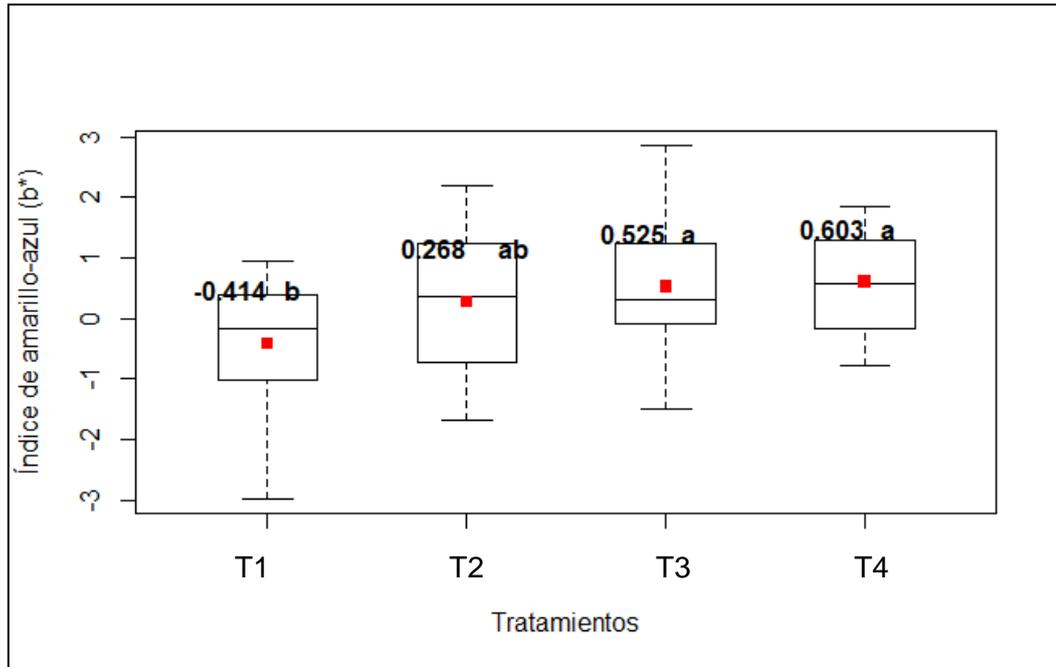
**Tabla 17. Variación del índice amarillo-azul (b\*) entre los tratamientos 0 y sus respectivos pares, del músculo *Biceps femoris* de cuy.**

Comparación de b*:	$\Delta$ Índice de amarillo-azul (b*)	Valor de P
T0-T1	0.3609	0.242
T0-T2	-0.0045	0.987
T0-T3	-0.1046	0.539
T0-T4	-0.2236	0.454

La figura 17 muestra la tendencia del índice de b\* conforme pasó el tiempo de almacenamiento, el cual aumentó de manera significativa ( $p < 0.05$ ) al igual que Kobashigawa (2016) en carne de cuy empacado convencional presenta el valor b\* de 0.99 para el día uno, mayor que en este estudio de 0.256 y su máximo valor siendo en el día nueve con 6.54 es mucho mayor a cualquiera de los valores de b\* presentados en los días tratamiento de este estudio. Asimismo, Zhao *et al.*, (2015); Fregonesi *et al.*, (2014); Lorenzo y Gómez, (2012); Oliete *et al.*, (2006); en carne empacada al vacío de cerdo, cordero, caballo y vacuno respectivamente, mostrando la misma tendencia presentada en este estudio, con el aumento en los valores de b\* al final de la maduración.

En comparación con otras especies el valor de b\* es bajo, una explicación según Onega (2003) es que el valor de b\* está influenciado por los estados de la mioglobina al igual que Wulf y Page (2000) quienes explican que en el “*blooming*” el índice b\* se ve más afectado que los demás índices. La grasa intramuscular también influye a un color más amarillento, Vargas y Chauca (2006) muestran que la carne de cuy tiene muy baja infiltración de grasa, puede ser este una razón por el bajo valor de b\*. Para Simonetti *et al.* (2015) el incremento de b\* significa que hay oxidación del pigmento, la

temperatura de almacenamiento también influye, a mayor temperatura se acelerará la oxidación de los pigmentos y del tejido fibrilar.



**Figura 17.** Valores del índice amarillo-azul (b\*) de los tratamientos, del músculo *Biceps femoris* de cuy.

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente experimento se llega a las siguientes conclusiones:

- El pH aumentó de manera significativa conforme pasó el tiempo de almacenamiento hasta los 28 días, en un rango de pH comercialmente aceptable.
- La capacidad de retención de agua se mantuvo constante conforme pasó el tiempo de almacenamiento.
- En el color de la carne, medido con las variables  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ , se puede concluir que tuvo cambios significativos, con el tiempo la carne aumentó el índice rojo.
- La terneza mejora significativamente desde el día 14 en adelante.
- El empacado al vacío permite prolongar por más tiempo las características fisicoquímicas de la carne.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Almacenar hasta 14 días la carne de cuy para el objetivo específico de obtener mayor terneza.
- Realizar un estudio complementario con pruebas microbiológicas, para poder tener datos sobre el tiempo de vida del producto.
- Realizar la prueba más de 28 días, para poder conocer el máximo tiempo en el cual la carne de cuy puede encontrarse al vacío, refrigerada y manteniendo sus propiedades fisicoquímicas.
- Realizar las pruebas con la carcasa completa, o la presentación comercial.
- Obtener información sobre las características fisicoquímicas en diferentes edades, sexo, líneas de cuyes y sistemas de producción.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, P. 2008. Challenges and Opportunities. Teagasc (The Irish Agriculture and Food Development Authority). Consultado 13 de diciembre del 2015. Disponible en: <http://www.young-train.net/Cairo/Allen.pdf>
- Amat, J. 2016a. T-test. Consultado 18 ene. 2020. Disponible en: [https://rpubs.com/Joaquin\\_AR/218467](https://rpubs.com/Joaquin_AR/218467)
- Amat, J. 2016b. ANOVA análisis de varianza para comparar múltiples medias. Consultado 18 ene. 2020. Disponible en: [https://rpubs.com/Joaquin\\_AR/219148](https://rpubs.com/Joaquin_AR/219148)
- AMSA (American Meat Science Association, US). 2012. Meat Color Measurement Guidelines. Illinois, US. 136p.
- Angarita, R. 2005. Manual para la elaboración artesanal de productos cárnicos utilizando carne de cuy (*Cavia porcellus*). Tesis para optar el grado de Ingeniero Zootecnista. Universidad de la Salle Facultad de Zootecnia. Bogotá D.C.
- Aspé, ER; Roeckel, MD; Martí, C; Jiménez, R. 2008. Envasado de carne de vacuno con hueso y grasa en atmósfera modificada con CO<sub>2</sub> y CO. Información Tecnológica 19(6): 57-69.
- Ariño, B; Hernández, P. y Blasco, A. 2006. Comparison of texture and biochemical characteristics of three rabbit lines selected for litter size or growth rate. Meat Science 73: 687–692.
- Bağdatlı, A; Kayaardi, S. 2015. Influence of storage period and packaging methods on quality attributes of fresh beef steaks. CyTA Journal of Food 13(1): 124-133.
- Baltés, W. 2010. Química de los Alimentos. Editorial Acribia. 492p.
- Barreiro, JA; Sandoval, AJ. 2006. Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. Editorial Equinoccio. Venezuela. 365p.

- Belitz, HD; Grosh, W; Schieberle, P. 2012. Química de los alimentos. Editorial Acribia. 938p.
- Braña V, D; Ramírez R, E; Rubio L, MS; Sánchez E, A; Torrescano U, G; Arenas M, ML; Partida de la Peña, JA; Ponce A, E; Ríos R, FG. 2011. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne. Qro, SAGARPA. 89p.
- Cayetano R, JL. 2019. Crecimiento de cuatro genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) bajo dos sistemas de alimentación. Tesis para optar el grado de Maestro Magíster Scientiae en Producción Animal. Maestría en Producción Animal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Chauca, L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en los países andinos. 2 ed. Lima, Perú. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 77 p.
- Chauca, L. 2007. Realidad y Perspectiva de la Crianza de Cuyes en los Países Andinos. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú, Archivos Latinoamericanos de Producción Animal vol.15 (Supl. 1).
- Chirinos, O; Muro, K; Concha, W; Otiniano, J; Quezada, J; Ríos, V. 2008. Crianza y comercialización de cuy para el mercado limeño. Editorial Cordillera. Universidad ESAN. 194p. Lima, Perú.
- Egan, AF; Eustace, IJ; Shay, BJ. 1988. Meat packaging – maintaining the quality and prolonging the storage life of chilled beef, pork and lamb. CSIRO. 68-75.
- Dallantonia, EE; Lage, JF; Simonetti, LR; Vito, ES; Delevati, LM; Berchielli, TT. 2015. Effect of rib fat thickness on the quality of aged meat from Nellore young bulls. Acta Scientiarum. Animal Sciences 37(2): 159-165.
- Dinno, A. 2017. Package ‘dunn.test’. Consultado 18 ene. 2020. Disponible en: <https://cran.r-project.org/web/packages/dunn.test/dunn.test.pdf>
- Fernández G, JM; Alesón C, LF; Fernández L, J; Sayas B, E; Pérez A, JA. 2003. Medición objetiva del color en carne: importancia y relación con aspectos físicos y químicos. Revista Alimentación, equipos y tecnología 22(175): 18-21.

- Florek, M; Litwińczuk, A; Skalecki, P; Ryszkowska-Siwko, M. 2007. Changes of physicochemical properties of bullocks and heifers meat during 14 days of ageing under vacuum. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences* 57(3): 281-288.
- Fregonesi, RP; Portes, RG; Aguiar, AMM; Figueira, LC; Gonçalves, CB; Arthur, V; Lima, CG; Fernandes, AM; Trindade, MA. 2014. Irradiated vacuum-packed lamb meat stored under refrigeration: Microbiology, physicochemical stability and sensory acceptance. *Meat Science* 97: 151-155.
- Galián J, M. 2007. Características de la canal y calidad de la carne, composición mineral y lipídica del cerdo Chato Murciano y su cruce con Ibérico. Efecto del sistema de manejo. Tesis Dr. España, Universidad de Murcia. 366p.
- García G, IA. 2000. Métodos para incrementar la capacidad de retención de agua de la carne en la elaboración de productos. Universidad Nacional Autónoma de Chihuahua.
- García I, E; Gago C, L; Fernández N, JL. 2006. Tecnologías de envasado en atmósfera protectora. Informe de Vigilancia Tecnológica. Dirección General de Universidades de Investigación. Madrid, ES.
- Gil S, V. 2007. Importancia del cuy y su competitividad en el mercado. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA-Cusco-Perú, Archivo Latinoamericano de Producción Animal vol.15 (Supl. 1).
- Gomez, M; Lorenzo, JM. 2012. Effect of packaging conditions on shelf-life of fresh foal meat. *Journal of Meat Science* 91: 513-520.
- González, RM; Franco, D; Rivero, CJ, Fernández, M; Justo, JR; Lama, J; Moreno, T; García-Fontán, MC; Lorenzo, JM. 2011. Efecto del envasado en la vida útil de carne de ternera “cachena” procedente de diferentes sistemas de explotación. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal I*: 226-230.
- González-Redondo, P; Camacho, T; Alcalde, MJ. 2007. Capacidad de retención de agua y pH de la carne de conejos de monte procedentes de la caza. II Congreso Ibérico de Cunicultura, Vila Real, PT.

- Grobbel, JP; Dikeman, ME; Hunt, MC; Milliken, GA. 2008. Effects of packaging atmospheres on beef instrumental tenderness, fresh color stability, and internal cooked color. *Journal of Animal Science* 86: 1191-1199.
- Gruber, SL; Tatum, JD; Scanga, JA; Chapman, PL; Smith, GC; Belk, KE. 2006. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *Journal of Animal Science* 84: 3387-3396.
- Guevara A, JC. 2010. *Empacado de Alimentos*. México: Trillas. 256p.
- Heinz, G y Hautzinger, P. 2007. *Meat Processing Technology, For Small – To Medium – Scale producers* (en línea). Bangkok, FAO. Consultado el 15 de marzo del 2015. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/010/ai407e/AI407E00.htm#Contents>
- Hernández M, ML; Barancello, GV; Contreras C, CJ. 2011. Microbial deterioration of vacuum-packaged chilled beef cuts and techniques for microbiota detection and characterization: A review. *Brazilian Journal of Microbiology* 42: 1-11.
- Huamaní, EN. 2014. Efecto de tres métodos de aturdimiento sobre las características tecnológicas de la carne de cuy. Tesis para optar el título de Ingeniero zootecnista. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Huerta-Leidenz, N; Rodas-Gonzales, Smith, G. 2004. Effect of vacuum aging and influence of sire palatibity of beef Longissimus from grass fed F1 SenepolxZebu bulls. *Revista científica FCV-LUZ*, 14(3): 263-269.
- Huff-Lonergan, HD; Lonergan, SM. 2005. Mechanism of water-holding capacity of meat: the role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science* 71: 194-204.
- Huff-Lonergan, E. 2010. Water-Holding Capacity of Fresh Meat. *American Meat Science Association Fact Sheet*. Consultado el 22 de diciembre del 2014. Disponible en: [http://www.extension.org/pages/27339/water-holding-capacity-of-fresh-meat#Ultimate\\_pH](http://www.extension.org/pages/27339/water-holding-capacity-of-fresh-meat#Ultimate_pH)

- Hur, SJ; Jin, SK; Park, JH; Jung, SW; Lyu, HJ. 2013. Effect of modified atmosphere packaging and vacuum packaging on quality characteristics of low-grade beef during cold storage. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 26(12): 1781-1789.
- Iacurto, M; Settineri, D; Mormile, M; Bisegna, V. 2001. Effects of modified atmosphere packaging on meat shelf life of two breeds. Firenze, Italu. Proc. 14th ASPA Nat. Cong. 299-301.
- INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, PE). Norma Técnica Peruana, NTP 201.058:2006. Carne y productos cárnicos. Definiciones, clasificación y requisitos de las carcasas y carne de cuy (*Cavia porcellus*). Lima, Perú.
- INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática, PE). 2017. Encuesta Nacional Agropecuaria. Consultado el 15 de noviembre del 2020. Disponible en: [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1593/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1593/)
- Joo, ST; Kim, GD; Hwang, YH; Ryu, YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science* 95: 828-836.
- Kobashigawa M, MN. 2016. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad de carne de cuy (*Cavia porcellus*) post faenado. Tesis para optar el título de Ingeniero zootecnista. Facultad de Zootecnia. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Lawrie, RA. 1998. *Lawrie's Meat Science*. Editorial Woodhead. 336p.
- Lorenzo, JM; Gómez, M. 2012. Shelf life of fresh foal meat under MAP, overwrap and vacuum packaging conditions. *Meat Science* 92: 610-618.
- Luciano, FB; Anton, AA; Rosa, CF. 2007. Biochemical Aspects of Meat Tenderness: A Brief Review. *Archivos Zootecnia* 56@: 1-8.
- Maltin, C; Balcerzak, D; Tilley, R; Delday, M. 2003. Determinants of meat quality: tenderness. *Proceedings of the Nutrition Society* 62: 337-347.

- Mamani L, LW; Cayo, F; Gallo, C. 2013. Calidad tecnológica de doce músculos de llamas jóvenes (*Lama glama*) criadas bajo un sistema de crianza extensiva. *Revista de investigaciones veterinarias del Perú*, 28(2): 168-175.
- McGeehin, B; Sheridan, JJ; Butler, F. 2001. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Science* 58: 79-84.
- Mendoza M, B. 2008. Conservación de carne de conejo empacada al vacío. Tesis para obtener el título de Químico en Alimentos. Pachuca de Soto, México. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Área Académica de Química. 84p.
- Mills, J; Donnison, A; Brightwell, G. 2014. Factors affecting microbial spoilage and shelf-life of chilled vacuum-packed lamb transported to distant markets: A review. *Meat Science* 98: 71-80.
- MINAG (Ministerio de Agricultura del Perú, PE). 2011. Situación de las actividades de crianza y producción. Realidad y problemática del Sector Pecuario: Cuyes. (En línea). Lima, Perú Consultado el 19 de diciembre del 2014. Disponible en <http://www.minag.gob.pe/portal/sector-agrario/pecuaria/situacion-de-las-actividades-de-crianza-y-produccion/cuyes>.
- Montes, T. 2012. Guía técnica: Asistencia técnica dirigida en crianza tecnificada de cuyes. (En línea). Perú. Consultado el 19 de diciembre del 2014. Disponible en: <http://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/015-a-crianza-tecnificada.pdf>
- Morales de la Nuez, AI; Moreno-Indias, I; Falcón, A; Argüello, A; Sánchez-Macias, D; Capote, J; Castro, N. 2009. Effects of various packaging systems on the quality characteristic of goat meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 22(3): 428-432.
- Muchenje, V; Dzama, K; Chimonyo, M; Strydom, P; Hugo, A, Raats, J. 2008. Sensory evaluation and its relationship to physical meat quality attributes of beef from Nguni and Bonsmara steers raised on natural pasture. *Animal*, 2(10): 1700-1706.

- Nakandakari, L; Gutiérrez, E; Chauca, L; Valencia, R. 2015. Medición del pH intramuscular del cuy (*Cavia porcellus*) durante las primeras 24 horas post beneficio tradicional. *Salud tecnol. Vet.* 2: 99-105.
- NZIC (New Zealand Institute of Chemistry, NZ). Chemistry in the meat industry resources (online). Consultado el: 16 de diciembre del 2015. Disponible en: <http://nzic.org.nz/ChemProcesses/animal/5A.pdf>
- Oliete, B; Moreno, T; Carballo, JA; Monserrat, Sánchez, L. 2006. Estudio de la calidad de la carne de ternera de raza Rubia Gallega a lo largo de la maduración al vacío. *Archivos de zootecnia* 209(55): 3-14.
- Onega P, ME. 2003. Evaluación de la calidad de carnes frescas: aplicación de técnicas analíticas, instrumentales y sensoriales. Tesis Dr. España, Universidad Complutense de Madrid. 473p.
- Orkusz, A; Wołoszyn, J; Haraf, G; Okruszek, A. 2013. Effect of protective atmosphere on color of goose meat. *Poultry Science* 92: 2188-2194.
- Paseto F, RP; Alvarenga F, MT; Maluf P, ES; Sayuri K, AL; Pinto C, FA; Fernandes R, A; Carvalho B, JC; Trindade, MA. 2014. Stability of lamb loin stored under refrigeration and packed in different modified atmosphere packaging systems. *Meat Science* 96(1): 554-561.
- Pearce, KL; Rosenvold, K; Andersen, HJ; Hopkins, DL. 2011. Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes- A review. *Meat Science* 89: 111-124.
- Peluffo F, M; Monteiro R, M. 2002. Terneza: una característica a tener en cuenta. *Plan Agropecuario*: 18-21.
- Pérez-Arévalo, ML; Morón-Fuenmayor, O; Gallardo, N; Vila, V; Arzalluz-Fischner, AM; Pietrosemoli, S. 2009. Caracterización Anatómica y Física de los Músculos del Conejo. *Revista Científica FCV-LUZ XIX* (2): 134-138.

- Pla, M; Apolinar, R. 2000. The filter-paper press as method for measuring water holding capacity of rabbit meat. Proc. 7<sup>th</sup> World Rabbit Cong: 659-662. Valencia, España.
- Plaza G, J. 2011. Evaluación de carne de vacuno por un panel de consumidores. Tesis para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Pública de Navarra. Pamplona, España.
- Ripoll, G; Albertí, P; Casasús, I, Blanco, M. 2013. Instrumental meat quality of veal calves reared under here management systems and color evolution of met stored in three packaging systems. Meat Science 93: 336-343.
- Rodríguez-Calleja, JM; Santos A, JA; Otero, A; García-López, ML. 2010. Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the shelf life of rabbit meat. CyTA Journal of Food 8 (2): 109-116.
- Rosenfeld, SA. 2008. Delicious guinea pigs: Seasonality studies and the use of fat in the pre-Columbian Andean diet. Quaternary International 180: 127-134.
- Rosenthal, A. 2000. Textura de los alimentos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 314p.
- Saavedra N, JR. 2013. Efecto del envasado al vacío en las propiedades tecnológicas de la carne de alpaca (Vicugna pacos). Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Salvá, B. 2009. Caracterización de la carne y charqui de alpaca (Vicugna pacos). Tesis para optar el título de Doctor en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de León. Facultad de Veterinaria. León, España. 280 p.
- Salvá, B; Mateo, O. 2014. Carnes deshidratadas de la región andina y otras partes del mundo. Fondo Editorial-UNALM. Lima, Perú. 146 p.
- Sánchez E, A; Torrescano U, GR; Camou A, JP; González M, NF; Hernández W, G. 2008. Sistemas combinados de conservación para prolongar la vida útil de la carne y los productos cárnicos. Nacameh 2(2): 124-159.

- Sañudo A, C. 1993. La calidad organoléptica de la carne (V): Especial referencia a la especie ovina. Mundo Ganadero 4: 64-68.
- Sarria, J. 2005. Producción comercial de cuyes. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- SENA, Programa Nacional de Competitividad en Frutas y Hortalizas. 2002. Memorias IV Simposio Internacional de Competitividad en Frutas y Hortalizas. Grafemas Ltda. 336p. Consultado el 22 de diciembre del 2014. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=yep-sEsj0oEC&pg=PA277&dq=empaque+de+atmosfera+modificada&hl=es-419&sa=X&ei=-pKYVnTKriSsQT8z4CABw&ved=0CCIQ6AEwAQ#v=onepage&q&f=false>
- Sierra, D. 2006. Evaluación de los cortes comerciales en canal de conejo; mediante la determinación del pH, terneza y color en las razas nueva Zelanda blanco (NZ), chinchilla (CH) y californiano en Corpoica Tibaitata. Universidad de la Salle. Facultad de Zootecnia, Área Tecnología de Carne y Leche. Tesis para optar el título de Ingeniero Zootecnista. Colombia, Bogotá
- Simonetti, LA; Fonseca L, J; Berchielli, TT; Almeida O, E; Escobar D, E; Maneck D, L. 2015. Aging time of five muscles from carcass of Nellore Young bulls. Acta Scientiarum Animal Sciences 37(4): 397-404.
- Solorzano J; Sarria J. 2014. Crianza, Producción y comercialización de cuyes. Editorial Macro. Perú. 192p.
- Spooncer, WF. 1988. Vacuum Packed Meat. Meat Industry Services. 18p.
- Tarsitano, MA; Bridi, AM; Da Silva, CA; Constantino, C; Andreo, N; Peres, LM; Youssef, EY; Cardoso, T d AB. 2013. Pork meat matured for different periods of time in vacuum-packaging system. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, 34(6): 4015-4024.
- Téllez, J. 1992. Tecnología e Industrias Cárnicas. Lima. Tomo I. Artes Gráficas.

- Totosaus, Hui, YH; Guerrrero L, I; Rosmini, MR. 2010. Ciencia y Tecnología de carnes. Limusa. México. 636p.
- Uscátegui B, S; Jerez T, N. 2008. Factores que afectan la actividad de las proteasas dependientes del calcio y su relación con el proceso de ablandamiento de la carne. Archivos Latinoamericanos de Producción Animal 16(3): 166-174.
- Valencia, P. 2007. La optimización del tiempo de precocido de las carcasas crudas de cuy (*Cavia porcellus*) y su incidencia en el tiempo de vida útil. Tesis para optar el título de Ingeniero en Alimentos. Facultad de Ciencia e Ingeniería en alimentos. Universidad Técnica de Ampato. Ecuador
- Vargas M, J; Chauca F, L. 2006. Evaluación anátomo-histológica de la carne del cuy (*Cavia porcellus*), raza Perú en sus diferentes grados de cruzamiento. Agroenfoque 149: 76-81.
- Vergara, H; Berruga, M; Linares, B. 2005. Effect of gas composition on rabbit meat quality in modified atmosphere packaging. Journal of the Science of Food and Agriculture, 85: 1981-1986.
- Warris, PD. 2003. Ciencia de la Carne. 2ed. Zaragoza, España. Editorial Acribia. 320p.
- Węglarz, A. 2010. Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. Czech Journal of Animal Science 55(12): 548-556.
- Wood, JD; Enser, M; Fisher, AV; Nute, GR; Richardson, RI; Sheard, PR. 1999. Manipulating meat quality and composition. Proceedings of the Nutrition Society 58: 363-370.
- Wulf, DM; Page, JK. 2000. Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. Journal of Animal Science 78: 2595-2607.
- Zhao, F; Zhou, G; Ye, K; Wang, S; Xu, X; Li, C. 2015. Microbial changes in vacuum-packed chilled pork during storage. Meat Science 100: 145-149.

## VIII. ANEXOS

### 8.1 Anexo 1: Prueba de t-pareada o test Wilcoxon

#### 8.1.1 Prueba t- pareada o Test Wilcoxon en potencial de hidrógeno (pH)

**pH 1(x)-7(y)**

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.93454, p-value = 0.1525

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.89489, p-value = 0.02352

wilcox.test(x,y,paired = TRUE)

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: x and y

V = 86.5, p-value = 0.1995

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Warning message:

In wilcox.test.default(x, y, paired = TRUE) :

cannot compute exact p-value with ties

**pH 1(x)-14(y)**

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.9412, p-value = 0.2095

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.97073, p-value = 0.7278

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = -6.4004, df = 21, p-

value = 2.41e-06

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
95 percent confidence interval:

- 0.2607683 -0.1328681

sample estimates:

mean of the differences

- 0.1968182

### **pH 1(x)-21(y)**

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.9646, p-value = 0.5375

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.97695, p-value = 0.8336

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = -12.621, df = 23, p-value = 8.018e-12

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

- 0.285156 -0.204844

sample estimates:

mean of the differences

- 0.245

### **pH 1(x)-28(y)**

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.95849, p-value = 0.4594

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.90228, p-value = 0.03302

wilcox.test(x,y,paired = TRUE)

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: x and y

V = 0, p-value = 4.291e-05

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Warning message:

In wilcox.test.default(x, y, paired = TRUE) :

cannot compute exact p-value with ties

### 8.1.2. Prueba de t-pareada y test de Wilcoxon en capacidad de retención agua (CRA)

#### **CRA 1(x)-7(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.94631, p-value = 0.2664

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.95313, p-value = 0.3639

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = -1.2637, df = 21, p-value = 0.2202

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

- 4.440187 1.083666

sample estimates:

mean of the differences

- 1.678261

#### **CRA 1(x)-14(y)**

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.97291, p-value = 0.7773

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.96584, p-value = 0.6152

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = -3.9893, df = 21, p-value = 0.0006665

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

- 7.378088 -2.321680

sample estimates:

mean of the differences

- 4.849884

#### **CRA 1(x)-21(y)**

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.93798, p-value = 0.1471

```
shapiro.test(y)
Shapiro-Wilk normality test
data: y
W = 0.95254, p-value = 0.3073
```

```
t.test(x,y,paired = TRUE)
Paired t-test
data: x and y
t = -1.0919, df = 23, p-value = 0.2862
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
• 5.143239 1.589473
sample estimates:
mean of the differences
• 1.776883
```

```
CRA 1(x)-28(y)
Shapiro-Wilk normality test
data: x
W = 0.98934, p-value = 0.996
```

```
shapiro.test(y)
Shapiro-Wilk normality test
data: y
W = 0.94719, p-value = 0.2776
```

```
t.test(x,y,paired=TRUE)
Paired t-test
data: x and y
t = -1.6627, df = 21, p-value = 0.1112
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
• 4.4664619 0.4976086
sample estimates:
mean of the differences
• 1.984427
```

### **8.1.3. Prueba de t-pareada y test de Wilcoxon en terneza (kgF)**

```
FC 1(x)-7(y)
shapiro.test(x)
Shapiro-Wilk normality test
data: x
W = 0.90555, p-value = 0.03845
```

```
shapiro.test(y)
Shapiro-Wilk normality test
data: y
```

W = 0.90716, p-value = 0.04144

wilcox.test(x,y,paired = TRUE)

Wilcoxon signed rank test

data: x and y

V = 153, p-value = 0.406

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

**FC 1(x)-14(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.95727, p-value = 0.4362

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.87837, p-value = 0.01125

wilcox.test(x,y,paired = TRUE)

Wilcoxon signed rank test

data: x and y

V = 236, p-value = 9.871e-05

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

**FC 1(x)-21(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.97525, p-value = 0.7949

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.8969, p-value = 0.01851

wilcox.test(x,y,paired = TRUE)

Wilcoxon signed rank test

data: x and y

V = 271, p-value = 0.0002052

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

**FC 1(x)-28(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.92509, p-value = 0.09696

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test  
data: y  
W = 0.8712, p-value = 0.008241

wilcox.test(x,y,paired=TRUE)  
Wilcoxon signed rank test  
data: x and y  
V = 189, p-value = 0.0425  
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

#### **8.1.4. Prueba t-pareada y test de Wilcoxon en Color: Luminosidad (L\*), índice rojo-verde (a\*) e índice amarillo-azul (b\*)**

##### **Luminosidad (L\*)**

##### **L\* 1(x)-7(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test  
data: x  
W = 0.94661, p-value = 0.2702

shapiro.test(y)  
Shapiro-Wilk normality test  
data: y  
W = 0.91566, p-value = 0.06184

t.test(x,y,paired = TRUE)  
Paired t-test  
data: x and y  
t = 1.8871, df = 21, p-value = 0.07305  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

1. 0.1869003 3.8505367

sample estimates:

mean of the differences

1.831818

##### **L\* 1(x)-14(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test  
data: x  
W = 0.97211, p-value = 0.7593

shapiro.test(y)  
Shapiro-Wilk normality test  
data: y  
W = 0.94899, p-value = 0.3016

```
t.test(x,y,paired = TRUE)
Paired t-test
data: x and y
t = 3.2651, df = 21, p-value = 0.003699
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
1.062177 4.788732
sample estimates:
mean of the differences
2.925455
L* 1(x)-21(y)
shapiro.test(x)
Shapiro-Wilk normality test
data: x
W = 0.9592, p-value = 0.4226
```

```
shapiro.test(y)
Shapiro-Wilk normality test
data: y
W = 0.94597, p-value = 0.2212
```

```
t.test(x,y,paired = TRUE)
Paired t-test
data: x and y
t = 4.8921, df = 23, p-value = 6.096e-05
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
1.801655 4.441678
sample estimates:
mean of the differences
3.121667
L* 1(x)-28(y)
shapiro.test(x)
Shapiro-Wilk normality test
data: x
W = 0.96973, p-value = 0.7047
```

```
shapiro.test(y)
Shapiro-Wilk normality test
data: y
W = 0.91034, p-value = 0.04811
```

```
wilcox.test(x,y,paired=TRUE)
Wilcoxon signed rank test
data: x and y
V = 242, p-value = 2.623e-05
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0L* 1-7
Paired t-test
t = 2.2315, df = 6, p-value = 0.06713
```

### Índice rojo-verde (a\*)

**a\* 1(x)-7(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.88334, p-value = 0.014

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.9195, p-value = 0.07424

wilcox.test(x,y,paired = TRUE)

Wilcoxon signed rank test

data: x and y

V = 61, p-value = 0.03289

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

**a\* 1(x)-14(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.9483, p-value = 0.2922

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.9556, p-value = 0.4058

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = -4.5183, df = 21, p-value = 0.0001882

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

- 3.160145 -1.168037

sample estimates:

mean of the differences

- 2.164091

**a\* 1(x)-21(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.93914, p-value = 0.1561

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y  
W = 0.97179, p-value = 0.7113

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = -4.8136, df = 23, p-value = 7.41e-05

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

- 3.350386 -1.336281

sample estimates:

mean of the differences

- 2.343333

**a\* 1(x)-28(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.95937, p-value = 0.4766

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.91082, p-value = 0.0492

wilcox.test(x,y,paired=TRUE)

Wilcoxon signed rank test

data: x and y

V = 3, p-value = 2.384e-06

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

**Índice amarillo-azul (b\*)**

**b\* 1(x)-7(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.98359, p-value = 0.9625

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.93297, p-value = 0.1415

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = 1.2029, df = 21, p-value = 0.2424

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

2. 0.2630199 0.9848381

sample estimates:

mean of the differences

0.3609091

**b\* 1(x)-14(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.97427, p-value = 0.8072

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.96927, p-value = 0.6942

t.test(x,y,paired = TRUE)

Paired t-test

data: x and y

t = -0.016178, df = 21, p-value = 0.9872

alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0

95 percent confidence interval:

• 0.5888574 0.5797665

sample estimates:

mean of the differences

• 0.004545455

**b\* 1(x)-21(y)**

shapiro.test(x)

Shapiro-Wilk normality test

data: x

W = 0.90894, p-value = 0.03345

shapiro.test(y)

Shapiro-Wilk normality test

data: y

W = 0.95563, p-value = 0.357

wilcox.test(x,y,paired=TRUE)

Wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: x and y

V = 128, p-value = 0.539

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Warning message:

In wilcox.test.default(x, y, paired = TRUE) :

cannot compute exact p-value with ties

```

b* 1(x)-28(y)
shapiro.test(x)
Shapiro-Wilk normality test
data: x
W = 0.97499, p-value = 0.8227
shapiro.test(y)
Shapiro-Wilk normality test
data: y
W = 0.94831, p-value = 0.2922

```

```

t.test(x,y,paired = TRUE)
Paired t-test
data: x and y
t = -0.76221, df = 21, p-value = 0.4544
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
•      0.8338081 0.3865354
sample estimates:
mean of the differences
•      0.2236364

```

## 8.2. Anexo 2: Prueba de ANOVA y Tukey, o Kruskal Wallis

### 8.2.1. Prueba Kruskal Wallis, pH

```

Analysis of Variance Table
Response: phf
Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento 3 0.64533 0.21511 24.724 1.252e-11 ***
Residuals 86 0.74823 0.00870
-----
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
•      bartlett.test(phf~tratamiento,data=phf)

```

```

Bartlett test of homogeneity of variances
data: phf by tratamiento
Bartlett's K-squared = 15.536, df = 3, p-value = 0.001412
#NO PARAMÉTRICO
•      kruskal.test(phf~tratamiento,phf)

```

```

Kruskal-Wallis rank sum test
data: phf by tratamiento
Kruskal-Wallis chi-squared = 36.356, df = 3, p-value = 6.296e-08
•      library(FSA)
•      ph=dunnTest(phf~tratamiento,phf,method = "bh")
•      ph
Dunn (1964) Kruskal-Wallis multiple comparison
p-values adjusted with the Benjamini-Hochberg method.
Comparison      Z      P.unadj      P.adj
1 14 - 21 -1.458589 1.446782e-01 1.446782e-01

```

```

2 14 - 28 -2.910621 3.607118e-03 7.214236e-03
3 21 - 28 -1.514632 1.298656e-01 1.558387e-01
4 14 - 7 2.849983 4.372162e-03 6.558243e-03
5 21 - 7 4.369869 1.243211e-05 3.729633e-05
6 28 - 7 5.760603 8.381389e-09 5.028834e-08

```

Group Letter MonoLetter

```

1 14 a a
2 21 ab ab
3 28 b b
4 7 c c

```

### 8.2.2. Prueba ANOVA en capacidad de retención de agua (CRA)

Analysis of Variance Table

Response: craf

```

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento 3 35.54 11.847 0.6668 0.5747

```

Residuals 86 1527.93 17.767

- bartlett.test(craf~tratamiento,craf)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: craf by tratamiento

Bartlett's K-squared = 5.3807, df = 3, p-value = 0.1459

- shapiro.test(residuals(model1))

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(model1)

W = 0.9808, p-value = 0.2054

### 8.2.3. Prueba Kruskal Wallis en terneza

Analysis of Variance Table

Response: txf

```

Df Sum Sq Mean Sq F value Pr(>F)
tratamiento 3 7.905 2.6350 5.1963 0.002399 **

```

Residuals 86 43.611 0.5071

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

- bartlett.test(txf~tratamiento,txf)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: txf by tratamiento

Bartlett's K-squared = 5.8616, df = 3, p-value = 0.1185

- shapiro.test(residuals(model1))

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(model1)

W = 0.9259, p-value = 7.187e-05

Kruskal-Wallis rank sum test

data: txf by tratamiento

Kruskal-Wallis chi-squared = 16.421, df = 3, p-value = 0.0009296

- library(FSA)
- tx=dunnTest(txf~tratamiento,txf,method = "bh")
- tx

Dunn (1964) Kruskal-Wallis multiple comparison  
p-values adjusted with the Benjamini-Hochberg method.

Comparison	Z	P.unadj	P.adj
1 14 - 21	-0.9505294	0.3418433300	0.4102119960
2 14 - 28	-1.5811559	0.1138424032	0.1707636048
3 21 - 28	-0.6646337	0.5062847929	0.5062847929
4 14 - 7	-3.8721007	0.0001079014	0.0006474082
5 21 - 7	-3.0048518	0.0026571027	0.0079713082
6 28 - 7	-2.2909448	0.0219666055	0.0439332110

Group Letter MonoLetter

1	14	a	a
2	21	a	a
3	28	a	a
4	7	b	b

#### 8.2.4. Prueba Kruskal Wallis en color: luminosidad (L\*), índice rojo-verde (a\*) e índice amarillo-azul (b\*)

##### Luminosidad (L\*)

Analysis of Variance Table

Response: lbff

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tratamiento	3	84.21	28.072	1.617 0.1913
Residuals	86	1493.00	17.360	

- bartlett.test(lbff~tratamiento,lbff)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: lbff by tratamiento

Bartlett's K-squared = 1.6278, df = 3, p-value = 0.6531

- shapiro.test(residuals(model1))

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(model1)

W = 0.94948, p-value = 0.001556

Kruskal-Wallis rank sum test

data: lbff by tratamiento

Kruskal-Wallis chi-squared = 6.1152, df = 3, p-value = 0.1061

##### Índice rojo-verde (a\*)

Analysis of Variance Table

Response: abff

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
tratamiento	3	67.78	22.5934	5.8199 0.001141 **

Residuals 86 333.86 3.8821

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

• bartlett.test(abff~tratamiento,abff)

Bartlett test of homogeneity of variances

data: abff by tratamiento

Bartlett's K-squared = 3.1482, df = 3, p-value = 0.3693

• shapiro.test(residuals(model1))

Shapiro-Wilk normality test

data: residuals(model1)

W = 0.97722, p-value = 0.115

tukey

\$'statistics'

MSerror	Df	Mean	CV
---------	----	------	----

3.882107	86	10.07722	19.55208
----------	----	----------	----------

\$parameters

test	name.t	ntr	StudentizedRange	alpha
------	--------	-----	------------------	-------

Tukey	tratamiento	4	3.705215	0.05
-------	-------------	---	----------	------

\$means

abff	std	r	Min	Max	Q25	Q50	Q75
------	-----	---	-----	-----	-----	-----	-----

14	9.953182	2.125882	22	6.59	14.21	8.0025	10.075	11.6375
----	----------	----------	----	------	-------	--------	--------	---------

21	10.274167	2.275847	24	6.22	14.27	8.9125	9.920	12.0075
----	-----------	----------	----	------	-------	--------	-------	---------

28	11.260455	1.745341	22	8.13	13.51	10.1050	11.585	12.3775
----	-----------	----------	----	------	-------	---------	--------	---------

7	8.803182	1.630890	22	5.31	11.47	7.8150	9.225	9.7500
---	----------	----------	----	------	-------	--------	-------	--------

\$comparison

NULL

\$groups

abff groups

28	11.260455	a
----	-----------	---

21	10.274167	ab
----	-----------	----

7	9.953182	ab
---	----------	----

7	8.803182	b
---	----------	---

**Índice Amarillo-azul (b\*)**

Analysis of Variance Table

Response: lbff

Analysis of Variance Table

Response: bfff

Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
----	--------	---------	---------	--------

tratamiento	3	14.242	4.7475	4.3863	0.006381	**
-------------	---	--------	--------	--------	----------	----

Residuals	86	93.082	1.0824
-----------	----	--------	--------

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

• bartlett.test(bfff~tratamiento,bfff)

Bartlett test of homogeneity of variances  
 data: bfff by tratamiento  
 Bartlett's K-squared = 2.7106, df = 3, p-value = 0.4384  
 • shapiro.test(residuals(model1))

Shapiro-Wilk normality test  
 data: residuals(model1)  
 W = 0.99167, p-value = 0.8456

tukey  
 \$'statistics'  
 MSerror Df Mean CV  
 1.08235 86 0.2515556 413.5709

\$parameters  
 test name.t ntr StudentizedRange alpha  
 Tukey tratamiento 4 3.705215 0.05

\$means  
 bfff std r Min Max Q25 Q50 Q75  
 14 0.2677273 1.134019 22 -1.69 2.20 -0.6625 0.365 1.1850  
 21 0.5245833 1.101074 24 -1.51 2.86 -0.0625 0.320 1.1525  
 28 0.6027273 0.810809 22 -0.78 1.86 -0.1400 0.585 1.2500  
 7 -0.4136364 1.077610 22 -2.98 0.95 -0.9850 -0.165 0.3875

\$comparison  
 NULL

\$groups  
 bfff groups  
 28 0.6027273 a  
 21 0.5245833 a  
 14 0.2677273 ab  
 7 -0.4136364 b

### 8.3. Anexo 3: Datos ordenados

- ph: pH del músculo *Gracilis*, en su día 1 *post* faenado
- pht: pH del músculo *Gracilis*, en su día tratamiento (7, 14, 21 y 28 días *post* faenado)
- cra: capacidad de retención de agua expresada como porcentaje de jugo expulsado por presión del músculo *Biceps femoris*, en su día 1 *post* faenado

- crat: capacidad de retención de agua expresada como porcentaje de jugo expulsado por presión del músculo *Biceps femoris*, en su día tratamiento (7, 14, 21 y 28 días *post* faenado)
- tx: valor de fuerza de corte del músculo *Rectus femoris*, en su día 1 *post* faenado
- txt: valor de fuerza de corte del músculo *Rectus femoris*, en su día tratamiento (7, 14, 21 y 28 días *post* faenado)
- Lbf: índice de L\* para el músculo *Biceps femoris*, en su día 1 *post* faenado
- Lbft: índice de L\* para el músculo *Biceps femoris*, en su día tratamiento (7, 14, 21 y 28 días *post* faenado)
- abf: índice de a\* para el músculo *Biceps femoris*, en su día 1 *post* faenado
- abft: índice de a\* para el músculo *Biceps femoris*, en su día tratamiento (7, 14, 21 y 28 días *post* faenado)
- bbf: índice de b\* para el músculo *Biceps femoris*, en su día 1 *post* faenado
- bbft: índice de b\* para el músculo *Biceps femoris*, en su día tratamiento (7, 14, 21 y 28 días *post* faenado)

trat	Ph	pht	cra	crat	tx	txt	lbf	lbft	abf	abft	bbf	bbft	peso
7	5.96	5.94	33.333	41.834	4.614	3.166	54.41	53.63	9.16	7.72	2.25	-0.6	0.977
7	5.96	5.93	38.235	32.710	2.918	3.059	51.82	48.15	8.32	10.7	1.20	0.43	0.955
7	5.94	5.98	41.176	32.476	2.252	2.189	50.83	55.24	8.27	5.89	0.04	-2.28	0.998
7	5.81	5.87	27.273	32.508	4.334	3.858	50.11	58.59	9.07	5.7	0.49	-1.19	0.954
7	6.14	5.93	35.484	37.500	2.498	4.003	55.54	54.4	7.17	7.63	0.65	-0.41	0.991
7	6.03	5.94	35.484	36.232	2.278	3.16	52.79	50.77	8.27	9.38	1.02	0.11	0.92
7	5.88	5.96	29.412	25.836	2.646	3.167	46.72	47.71	8.89	9.17	-1.86	-1.51	0.928
7	5.77	6.01	34.286	31.561	1.589	2.724	47.74	50.28	9.11	7.23	-1.00	0	0.999
7	5.83	6.23	28.190	33.657	3.405	2.035	48.31	48.17	8.27	10.05	0.17	0.40	0.931
7	6.09	6.16	28.182	35.048	2.79	2.15	50.75	46.76	7.76	9.52	0.05	-1.01	0.978
7	6.22	5.98	33.648	35.294	2.846	2.019	57.85	46.86	6.17	8.78	-0.74	-2.98	0.998
7	6.03	6.17	32.059	36.070	2.801	2.428	59.32	56.8	4.27	5.31	-0.10	-2.00	1.013
7	6.16	6.17	46.988	32.743	2.674	3.026	51.04	54.88	7.69	9.25	-0.94	0.83	0.983
7	6.14	6.13	24.927	35.783	2.72	3.761	57.46	48.53	7.39	9.75	1.33	0.08	0.998
7	6.14	6.16	25.826	34.169	2.62	3.08	54.06	43.75	7.22	11.47	0.10	0.67	0.995
7	5.78	5.82	28.516	34.591	2.558	1.838	50.82	47.98	8.53	10.2	0.05	0.35	0.945
7	5.85	5.98	31.176	39.766	2.95	1.753	50.58	49.5	7.46	9.67	-0.54	0.85	0.993
7	5.96	5.91	32.424	37.299	2.303	1.914	50.42	49.24	7.69	10.17	-1.28	0.95	0.929
7	5.83	5.9	33.968	37.748	2.535	1.821	49.95	48.2	9.04	9.03	-1.34	-0.77	0.97
7	5.96	5.9	33.824	33.010	2.87	2.219	49.7	47.33	8.81	9.75	0.40	-0.91	1.016

Continuación

7	5.94	5.98	34.615	31.935	1.384	1.791	53.03	48.14	7.02	9.2	-0.61	-0.33	0.957
7	5.82	5.85	36.452	34.627	3.649	2.981	52.8	50.84	6.86	8.1	-0.50	0.22	0.977
14	5.79	6.14	32.353	35.514	2.335	1.342	49.72	49.67	8.68	11.39	-0.11	0.49	0.992
14	5.87	6.14	32.353	38.100	3.005	1.759	51.67	48.93	7.70	8.72	0.45	0.13	0.98
14	6.18	6.11	27.273	35.185	3.686	3.052	56.05	54.28	6.57	7.90	-0.05	-0.76	0.999
14	5.79	6.30	29.412	33.333	3.106	1.159	49.34	42.86	9.06	11.00	0.71	0.47	0.945
14	5.74	6.10	40.000	34.891	2.042	2.835	53.68	53.45	7.44	6.79	0.76	-0.31	0.943
14	5.78	6.07	38.710	35.780	3.558	1.752	51.61	47.69	8.46	8.31	1.70	-0.73	0.941
14	5.73	6.08	28.571	30.247	2.685	2.565	52.74	46.70	7.96	10.86	2.60	0.60	0.949
14	5.92	6.22	32.530	29.801	3.825	1.763	51.39	41.88	6.17	14.21	0.02	1.73	0.999
14	6.02	6.28	23.913	33.025	3.194	1.252	49.16	45.05	7.54	12.52	-0.6	1.24	0.941
14	5.84	6.01	27.303	36.842	2.844	1.553	57.01	50.44	6.99	11.10	1.59	1.57	0.921
14	6	6.14	33.537	38.511	3.808	1.650	52.52	46.63	7.43	12.30	0.06	1.02	0.976
14	6.1	6.15	35.535	31.889	3.991	1.403	50.13	42.47	8.87	12.05	-1.41	-1.05	0.961
14	6.32	6.27	27.425	32.733	2.672	1.352	52.44	44.82	6.86	12.09	0.82	1.88	0.99
14	6.11	6.12	34.395	36.061	2.73	1.667	50.11	45.69	8.61	9.65	1.52	0.01	0.985
14	6.11	6.19	29.480	38.922	2.968	1.327	48.01	43.68	8.83	11.72	0.14	-1.46	0.98
14	5.83	6.03	27.839	35.430	2.18	2.925	45.88	51.28	8.6	8.57	-0.52	-0.46	0.951
14	5.79	5.99	26.263	38.462	2.764	1.891	43.08	48.72	11.22	9.95	-1.76	0.26	0.972
14	5.85	6.15	29.063	40.514	2.442	2.082	58.33	61.77	5.62	6.59	1.72	2.20	0.961
14	5.99	6.20	33.566	43.750	1.75	1.505	50.12	46.92	8.56	10.20	0.11	0.49	0.952

Continuación

14	5.95	6.07	35.833	31.193	1.885	2.405	53.11	51.69	7.52	7.60	-0.45	-1.69	0.972
14	5.97	6.17	35.065	46.358	3.878	1.327	56.07	51.08	6.14	7.83	-0.75	-1.19	0.938
14	5.95	6.03	30.973	41.547	2.908	1.916	52.82	54.93	6.53	7.62	-0.76	1.45	0.982
21	5.87	6.05	43.266	20.588	2.474	1.169	49.43	50.38	11.31	8.53	4.71	-0.13	0.937
21	5.96	6.13	29.412	37.168	1.981	1.554	51.57	47.17	7.59	9.04	1.86	0.13	0.921
21	5.72	6.03	31.429	44.444	2.579	1.612	51.77	50.32	7.76	9.6	-1.16	-1.26	0.931
21	5.95	6.14	33.333	45.574	1.497	1.563	50.73	47.97	7.95	9.94	-1.41	-0.76	0.925
21	6.06	6.09	30.303	39.634	2.814	1.595	59.35	51.38	7.05	7.85	1.33	0.08	0.973
21	5.87	6.05	35.484	30.719	1.628	1.462	58.28	55.28	4.87	6.22	1.36	0.36	1.004
21	5.82	6.16	35.294	33.735	2.450	1.833	60.37	57.51	7.53	7.1	0.69	-0.04	0.926
21	5.83	5.96	40.000	29.846	2.559	1.309	51.28	49.42	7.89	10.1	0.67	0.48	0.974
21	5.93	6.21	33.121	31.765	3.856	3.258	51.91	43.11	6.55	13.09	0.83	-0.23	1.001
21	5.86	6.21	29.341	35.737	2.848	1.534	49.58	48.08	8.29	11.33	-0.35	0.10	0.993
21	5.92	6.12	33.125	38.730	2.599	1.758	50.88	47.86	8.97	12.45	0.91	2.01	1.001
21	6.08	6.27	31.322	37.540	2.293	2.708	43.42	44.58	10.05	9.22	-1.22	-1.51	0.905
21	6.12	6.25	36.420	35.447	3.461	1.852	55.45	52.75	7.11	8.07	1.86	0.28	0.98
21	6.14	6.31	29.042	38.154	3.243	1.705	55.15	45.52	6.83	14.27	0.01	2.86	0.955
21	6.04	6.27	34.202	35.913	4.224	3.174	49.54	45.45	9.03	13.98	-0.38	1.95	0.996
21	6.16	6.37	28.571	38.095	1.813	1.571	57.04	51.33	7.39	11.05	1.86	0.86	0.924
21	5.76	6.05	28.037	35.000	1.866	2.397	47	46.55	8.47	11.86	-0.79	0.48	0.974
21	5.81	6.18	32.424	33.136	2.009	2.61	53.22	46.64	7.23	12.48	-0.23	1.43	1.012

Continuación

21	5.82	6.22	29.714	33.234	2.897	2.386	53.18	52.59	7.32	9.23	0.25	1.76	0.924
21	5.97	6.32	29.586	30.303	3.323	2.324	58.58	59.91	6.21	6.94	1.12	2.46	0.961
21	5.82	6.22	37.908	38.658	2.409	2.864	51.02	50.41	8.47	9.43	-0.13	-0.23	0.955
21	5.95	6.25	33.929	36.308	3.189	1.686	51.05	43.84	8	13.35	-1.30	1.06	0.973
21	6.02	6.24	36.090	29.907	3.835	2.729	46.13	45.54	10.98	11.55	-0.46	0.09	1.025
21	5.93	6.19	35.313	29.677	2.896	1.78	51.88	49.3	7.49	9.9	0.05	0.36	0.927
28	6.01	6.2	36.667	35.119	2.946	1.711	50.28	46.65	8.81	10.8	0.60	0.13	0.926
28	6.16	6.24	28.571	36.164	3.908	3.181	57.19	49.02	6.77	10.05	1.69	-0.2	0.916
28	5.74	6.24	25.714	35.604	4.136	2.980	45.76	47.14	11.68	10.97	0.39	-0.78	0.998
28	5.79	6.15	34.286	29.904	2.555	2.111	51.35	46.38	8.81	11.65	0.74	0.79	0.968
28	6.02	6.29	36.667	31.111	2.895	1.689	58.57	44.65	6.82	12.17	2.39	-0.24	0.919
28	5.81	6.24	34.286	33.548	2.768	1.302	52.23	53.38	8.61	8.5	1.63	0.77	0.914
28	5.82	6.24	32.353	35.216	2.857	1.481	54.09	48.97	7.80	10.03	0.98	-0.05	0.964
28	5.98	6.14	31.343	38.535	2.92	1.706	49.58	51.84	7.53	8.40	-0.2	-0.17	0.951
28	6.11	6.27	29.450	37.380	1.673	1.878	42.75	43.20	9.71	12.21	-1.91	-0.28	0.922
28	5.88	6.27	35.093	26.667	2.691	1.98	58.23	51.69	5.77	8.38	2.19	0.24	1.017
28	5.87	6.27	30.744	37.785	1.71	1.378	51.41	45.06	7.9	13.51	-0.29	1.63	0.988
28	6.05	6.14	39.735	37.346	3.107	1.625	53.17	44.23	6.94	13.32	0.16	1.86	0.959
28	5.97	6.14	33.758	41.824	1.915	2.07	50.82	48.37	7.46	11.43	0.66	1.76	0.929
28	5.95	6.2	29.073	36.508	3.942	4.167	55.61	50.03	6.47	12.37	-0.20	1.59	0.998

Continuación

28	5.88	6.23	33.535	27.302	1.886	2.241	50.86	45.94	8.33	12.27	0.54	1.13	0.978
28	5.82	6.23	34.969	38.053	2.287	3.75	51.75	44.81	6.63	12.48	-1.56	0.39	1.015
28	5.95	6.28	29.464	38.182	2.397	3.473	49.34	47.74	7.35	10.27	0.02	1.1	0.982
28	5.81	6.23	35.211	34.821	2.346	0.968	50.18	43.99	7.88	13.46	1.18	1.5	0.909
28	5.96	6.28	32.121	37.003	1.827	3.798	45.55	42.61	10.47	13.43	-1.20	-0.56	0.995
28	5.91	6.17	31.045	32.326	2.263	1.85	63.05	58.62	4.8	8.13	0.62	0.4	0.956
28	5.82	6.25	37.134	33.223	2.603	1.51	52.4	47.53	7.85	11.52	0.80	1.29	0.986
28	5.85	6.21	32.500	33.758	2.113	1.832	54.05	44.7	6.94	12.38	-0.89	0.96	0.913
Prom	5.938	6.134	32.636	35.191	2.755	2.175	52.079	48.954	7.839	10.077	0.256	0.252	0.965