



## Caracterización fisicoquímica y microbiológica de carne de conejo “Nueva Zelanda” y efecto del marinado con $\text{CaCl}_2$ <sup>1</sup>

### Physicochemical and microbiological characterization of “New Zealand” rabbit meat and effect of marinating with $\text{CaCl}_2$

Javier Herrera-Stanziola<sup>2</sup>, Alejandro Chacón-Villalobos<sup>3</sup>, María Lourdes Pineda-Castro<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Recepción: 27 de julio, 2022. Aceptación: 9 de enero, 2023. Este trabajo formó parte de Trabajo Final de Graduación bajo la modalidad de Proyecto final para optar por el Grado de Licenciatura en Ingeniería de Alimentos. Universidad de Costa Rica.

<sup>2</sup> Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José, Costa Rica. [jhest77@hotmail.com](mailto:jhest77@hotmail.com) (<https://orcid.org/0000-0002-7530-1639>).

<sup>3</sup> Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Estación Experimental Alfredo Volio Mata. Cartago, Costa Rica. [alejandro.chacon@ucr.ac.cr](mailto:alejandro.chacon@ucr.ac.cr) (autor para correspondencia, <https://orcid.org/0000-0002-8454-9505>).

<sup>4</sup> Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Escuela de Tecnología de Alimentos. San José, Costa Rica. [maria.pinedacastro@ucr.ac.cr](mailto:maria.pinedacastro@ucr.ac.cr) (<https://orcid.org/0000-0003-4841-2955>).

## Resumen

**Introducción.** La carne de conejo tiene un alto valor nutricional, pero su textura, dureza y color impactan la decisión de compra de los consumidores, por ello su mejora es deseable. **Objetivo.** Realizar una caracterización física, química y microbiológica de la carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y determinar el efecto de la aplicación de  $\text{CaCl}_2$  sobre la calidad de la misma. **Materiales y métodos.** En San José, Costa Rica, entre enero y septiembre, 2015, se analizaron piezas de muslo de conejo marinadas y sin marinar con  $\text{CaCl}_2$ , cocinadas y sin cocinar, tanto al momento inicial como después de un almacenamiento de cinco días. A estas se les efectuó un análisis proximal completo y pruebas de plateo microbiológico, medición de pH, determinación de la pérdida de agua por goteo y medición del color y textura. **Resultados.** La carne presentó una humedad de 75,3 %, 2,8 % de grasa, 21,1 % de proteína y 0,8 % de cenizas. Las proteínas se distribuyeron en 54,8 % sarcoplasmáticas, 35,1 % miofibrilares y 10,1 % (DE=1,05) del estroma. No hubo diferencias significativas en mediciones del pH. Se encontró una carga inicial de organismos psicrófilos provenientes de fuentes abióticas. En cuanto a la pérdida de agua por goteo, la carne sin marinar tuvo un valor de  $-1,0 \pm 0,7$  %, y de  $-0,1 \pm 0,6$  % marinada. La adición de  $\text{CaCl}_2$  produjo una carne más blanca; sin embargo, después de la cocción, presentó un color más amarillo. No se encontraron diferencias significativas en la suavidad al adicionar  $\text{CaCl}_2$ . **Conclusiones.** La calidad obtenida de la carne de conejo fue comparable con la reportada en la literatura. La adición de  $\text{CaCl}_2$  por marinado no tuvo un efecto sobre la calidad general de la carne de conejo, bajo las condiciones del presente estudio.

**Palabras clave:** cunicultura, análisis proximal, textura, color, calidad de la carne.

## Abstract

**Introduction.** Rabbit meat has a high nutritional value, but its texture, toughness, and color impact consumers' purchasing decisions, therefore making an improvement is desirable. **Objective.** To perform a physical, chemical, and



Agronomía Mesoamericana es desarrollada en la Universidad de Costa Rica bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escriba a [pccmca@ucr.ac.cr](mailto:pccmca@ucr.ac.cr) o [pccmca@gmail.com](mailto:pccmca@gmail.com)

microbiological characterization of rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) meat and determine the effect of  $\text{CaCl}_2$  application on its quality. **Materials and methods.** In San José, Costa Rica, between January and September 2015, pieces of rabbit thigh marinated and unmarinated with  $\text{CaCl}_2$ , cooked and uncooked, were analyzed both at initial time and after five days of storage. A complete proximal analysis and microbiological plating tests, pH measurement, drip loss determination, and color and texture measurement were performed. **Results.** The meat had a moisture content of 75.3 %, 2.8 % fat, 21.1 % protein, and 0.8 % ash. The proteins were distributed as 54.8 % sarcoplasmic, 35.1 % myofibrillar, and 10.1 % (SD=1.05) stroma. There were no significant differences in pH measurements. An initial load of psychrophilic organisms from abiotic sources was found. Regarding drip loss, unmarinated meat had a value of  $-1.0 \pm 0.7$  %, and marinated meat had value of  $-0.1 \pm 0.6$  %. The addition of  $\text{CaCl}_2$  produced a whiter meat; but after cooking, it had a more yellow color. No significant differences were found in tenderness when  $\text{CaCl}_2$  was added. **Conclusions.** The quality of the rabbit meat obtained was comparable to that reported in the literature. The addition of  $\text{CaCl}_2$  by marinating had no effect on the overall quality of rabbit meat under the conditions of the present study.

**Keywords:** cuniculture, proximal analysis, texture, color, meat quality.

## Introducción

La producción de carne de conejo común (*Oryctolagus cuniculus*, familia *Leporidae*) resalta por requerir un bajo costo de inversión, manutención y una rápida recuperación de la inversión inicial (Cristancho Macías, 2017). Además, los conejos son animales con una tasa reproductiva y productiva alta en comparación con otras especies, así como rendimientos en canal aproximados al 55 %, el cual depende de factores como el sexo y la edad del conejo (García-Vázquez et al., 2017; González Balmaceda, 2016).

La carne de conejo se distingue de otras carnes en aspectos sensoriales como suavidad o dureza, aroma y sabor (Malavé et al., 2013). Además, se puede utilizar en la elaboración de diferentes productos con valor agregado, como las carnes marinadas, tortas, embutidos o carne con etiqueta orgánica (González Balmaceda, 2016; Petracci & Cavani, 2013). Esta se caracteriza por ser una fuente de proteínas de fácil digestión y por ofrecer vitaminas y minerales de calidad, como potasio, hierro, magnesio y fósforo (Dalle Zotte, 2014; Malavé et al., 2013). En términos de calidad y valor comercial, su suavidad y dureza pueden estar influenciadas por la composición de la carne, que depende de las condiciones del animal y el tratamiento posterior a la matanza (Cubero-Rojas et al., 2013).

En la carne de diferentes especies animales, los procesos *post mortem* se relacionan con la suavidad de la misma, aspecto que es muy importante en términos de calidad (Cornejo-Espinoza et al., 2016). Es por ello que, como estrategia de valor agregado, la industria ha buscado implementar procesos de ablandamiento tales como métodos de suspensión, estiramiento mecánico, estimulación eléctrica, altas presiones hidrostáticas, ultrasonido, extractos enzimáticos de frutas y uso de enzimas bacterianas (Coria et al., 2018). Este ablandamiento *post mortem* se da durante la etapa final del *rigor mortis* (RM) y el almacenamiento posterior, durante el cual se busca generar una proteólisis muscular que involucra enzimas proteolíticas endógenas llamadas catepsinas y calpaínas (Chacón Villalobos, 2015; Cubero-Rojas et al., 2013).

Las calpaínas son enzimas musculares que dependen de la concentración del ión calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y de un pH óptimo que ronda entre 7 y 7,5; no obstante, valores de pH menores a 7 se observan solo en los músculos después del *rigor mortis* (Chacón Villalobos, 2015; Cubero-Rojas et al., 2013). Estas enzimas presentan una acción óptima a temperaturas bajas y al aplicar  $\text{CaCl}_2$  en la carne, esto intensifica su acción y rompen la estructura muscular, lo que disminuye la dureza de la carne (Bhat et al., 2018; Chacón Villalobos, 2015). Esta práctica es accesible a nivel económico y con una formulación adecuada no deja olores o sabores residuales en el producto (Coria et al., 2018). Aunque el uso de  $\text{CaCl}_2$  se ha estudiado en diversas especies, la literatura relacionada con la carne cunícola es limitada.

En Latinoamérica, países como Colombia, Venezuela, México y Brasil, cuentan con un mercado de carne de conejo establecido, pero poco desarrollado debido a la pobre organización, escasez de recursos tecnológicos, poco apoyo gubernamental y conocimiento limitado del sector cunícola (Silva Joya, 2016). Existen estudios en México que evidencian un potencial de crecimiento para el sector si se fomentan las condiciones adecuadas, se incrementa la eficiencia de acopio y los centros de distribución, y aumenta la disponibilidad del producto, en particular si es diferenciado (Hernández Bautista et al., 2015).

En Costa Rica el sector presenta un pobre desarrollo e impera la concepción del conejo como una mascota (González Balmaceda, 2016; Mora Valverde & Solano Mesén, 2015); existen solo tres granjas cunícolas inscritas en el país, de las cuales solo dos distribuyen su carne en algunos supermercados en el Valle Central y comercializan pedidos esporádicos de parte de restaurantes “gourmet” (González Balmaceda, 2016).

Tanto en Latinoamérica como en Costa Rica no existen muchos estudios realizados en los últimos años, que caractericen la carne de conejo de forma extensiva; además de la pobre organización del mercado y el bajo consumo por desconocimiento del producto o por la percepción del conejo como mascota. Todos estos factores realizan la necesidad de impulsar la investigación y producción en la zona.

El objetivo del presente estudio fue realizar una caracterización física, química y microbiológica de la carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y determinar el efecto de la aplicación de  $\text{CaCl}_2$  sobre la calidad de la misma.

## Materiales y métodos

### Localización

El proceso experimental se efectuó entre los meses de enero y setiembre del año 2015. La carne procedió de veinticinco conejos (*Oryctolagus cuniculus*) de raza Nueva Zelanda, criados y procesados en la granja y planta de procesamiento cunícola Rabbits de Costa Rica, ubicada en Pacayas de Alvarado, Cartago, Costa Rica. Las pruebas fisicoquímicas e instrumentales se realizaron en el Laboratorio de Química, de la Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio, ubicada en San Pedro de Montes de Oca, San José. El almacenamiento de las piezas y los análisis microbiológicos se realizaron en las instalaciones de la Planta Piloto y en el Laboratorio de Microbiología del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), respectivamente, ambos contiguos a la Escuela de Tecnología de Alimentos, dentro de las instalaciones de la Universidad de Costa Rica.

### Procedimiento

Las pruebas experimentales se dividieron en tres: las pruebas con análisis en un solo punto del tiempo, las pruebas con análisis en dos puntos del tiempo y las pruebas con análisis de carne cruda y cocida. Para los análisis en un solo punto se utilizó un diseño de bloques completos aleatorizados de dos tratamientos (0 % y 5 % de disolución  $\text{CaCl}_2$ ), con cinco repeticiones, se aplicó a las variables de textura (TPA y fuerza de corte de la carne cocida) y de pérdida por goteo. Las pruebas con análisis en dos puntos se realizaron con un diseño de bloques completos aleatorizados con arreglo factorial de dos factores: concentración de disolución de  $\text{CaCl}_2$  (0 % y 5 %) y el tiempo (0 y 5 días), que se aplicó por medio de tres repeticiones para el análisis microbiológico y cinco para el pH. Se utilizó el mismo diseño experimental de las pruebas en un solo punto, pero en carne cruda y cocida.

Se utilizaron conejos de la raza Nueva Zelanda de color blanco, cosechados según el método estándar de la planta de proceso. Los animales tenían una edad entre 60 y 80 días, un peso aproximado de 2-2,2 kg, lo que generó canales de 1-1,2 kg cada una; según datos de la granja, el rendimiento normal es de 50 % a 53 %. Todos

los animales se criaron en las mismas condiciones. Desde el nacimiento, hasta el momento del sacrificio, los animales se mantuvieron en un sistema estabulado, en un establecimiento bajo techo, con acceso a agua *ad libitum* y con alimento concentrado peletizado formulado para conejos. Llegado el momento de la faena, los conejos se insensibilizaron, se degollaron y se les removió la piel.

Las canales se tomaron al azar de la línea de producción y a partir de estas se obtuvieron los muslos que fueron sometidos a análisis. Para el estudio se utilizaron ambos muslos de los conejos, que representa la forma en que la empresa comercializa el producto y sobre el cual existió mayor interés en que se realizara el proyecto de investigación. La extracción se realizó entre una y dos horas después de la cosecha, de inmediato se empacaron al vacío en bolsas laminadas de polietileno (PE)/tereftalato de polietileno (PET). En ese momento, se transportaron en un recipiente térmico con hielo hasta la Universidad de Costa Rica (alrededor de 35 km de distancia). En total se trabajó con cincuenta muslos que tuvieron un peso medio de 95 g por unidad.

Una vez que se encontraron en las instalaciones universitarias se pesaron las muestras, se midió el pH y la carga inicial de microorganismos anaerobios psicrófilos/psicrótrofos a todas las piezas. Todos los muslos se empacaron de forma individual y al vacío en bolsas laminadas polietileno (PE)/tereftalato de polietileno (PET) y se dividieron de forma aleatoria en dos lotes (con y sin  $\text{CaCl}_2$ ), por lo que se utilizaron cinco muslos, con cinco repeticiones cada uno, con un total de veinticinco muslos por tratamiento. En el caso de las pruebas microbiológicas solo se realizaron tres repeticiones por tratamiento.

Las piezas del primer lote ( $\text{CaCl}_2$ ) se almacenaron en refrigeración ( $4-7\text{ }^\circ\text{C}$ ) y pasadas 24 h *post mortem*, se aplicó en la misma bolsa la disolución de  $\text{CaCl}_2$ . La adición de la sal se realizó en una cámara de flujo laminar para evitar cualquier contaminación del exterior, en la que se abrieron las bolsas laminadas y se agregó la disolución por inmersión o marinado del 5 % (Chacón Villalobos, 2015; Coria et al., 2018), lo que implicó una adición de 100 mL de disolución por cada 100 g de muslo.

En el caso del segundo lote (control), las piezas selladas se congelaron a  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  y a los siete días siguientes de la recolección se descongelaron para realizarles un análisis proximal (humedad, proteína, grasa y cenizas) en ausencia de luz. El descongelamiento se dio en refrigeración a temperatura entre  $4\text{ }^\circ\text{C}$  y  $7\text{ }^\circ\text{C}$ , durante 18 h (Hui, 2012).

Las bolsas de ambos tratamientos se almacenaron en la planta piloto del CITA durante cinco días (Li et al., 2019). Las bolsas se sellaron al vacío porque autores como Blanco Suárez (2017) y Coria et al. (2018) afirmaron que las calpañas son susceptibles a ser inactivadas por la oxidación; con el vacío se buscó lograr un efecto positivo sobre la actividad del sistema enzimático, que provocara un aumento en la suavidad de la carne.

La maduración se llevó a cabo en la planta piloto del CITA a  $7\text{ }^\circ\text{C}$  durante cinco días (Li et al., 2019). Después de la de maduración, a las muestras del tratamiento y del control se les realizaron las pruebas de plateo microbiológico, medición del pH final, determinación de la pérdida de agua por goteo (pérdida por goteo), medición de los parámetros de color  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  [coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)],  $b^*$  [coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)], C [cromo o saturación y  $h^\circ$  (ángulo de matiz)], así como la fuerza de corte y análisis de perfil de textura (TPA, por sus siglas en inglés) de la carne cocida.

La presencia y crecimiento de microorganismos anaerobios psicrófilos y/o psicrótrofos de deterioro, se midieron por medio del método P-SA-MM-015 de recuento de bacterias psicrófilas, adaptado por el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos [CITA, 2012] del *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods* (Blanco Suárez, 2017; Pereira & Malfeito-Ferreira, 2015; Salfinger & Tortorello, 2015). Se realizó un plateo en agar estándar por la técnica de esparcimiento de diluciones decimales de la muestra. Las placas se incubaron a  $7\text{ }^\circ\text{C}$  en anaerobiosis durante diez días y se hizo el conteo (Pereira & Malfeito-Ferreira, 2015; Salfinger & Tortorello, 2015).

Para la determinación del porcentaje de humedad se utilizó el método de estufa de convección descrito por Fito Maupoey et al. (2016). El porcentaje de grasa se estableció por el método 960.39 de la Association of Official

Agricultural Chemists (AOAC), adaptado por el CITA (2016) en su procedimiento P-SA-MQ-005 de grasa cruda por extracto etéreo, con éter de petróleo (Preedy, 2015). El porcentaje de cenizas se obtuvo mediante el método 920.153 de la AOAC, dispuesto por el CITA (2016) en su método P-SA-MQ-004 de cenizas totales. El pH de las muestras se evaluó, en todos los casos, con base en la metodología descrita por Vargas González et al. (2019).

La pérdida por goteo de las piezas se estimó con base en la cantidad de lixiviado perdido dentro del empaque y se expresó como un porcentaje de pérdida según la ecuación 1 (Warner, 2014; 2017).

$$CRA = \left( \frac{\text{gramos}_{\text{agua perdida}}}{\text{gramos}_{\text{carne}}} \right) \times 100 \quad \text{Ecuación 1}$$

Para corregir el dato de lixiviado de las muestras a las que se añadió  $\text{CaCl}_2$ , en el cálculo se restó la masa de la disolución de  $\text{CaCl}_2$  agregada.

El establecimiento de los contenidos porcentuales de las diferentes fracciones proteicas se realizó por medio del método establecido por Cori et al. (2014), en el cual se separaron las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares, se usaron disoluciones amortiguadoras de fosfatos, que luego se cuantificaron por espectrofotometría con el método de Biuret. Se determinaron las proteínas estromales por medio de gravimetría. Este método provocó una precipitación por salado con sales neutras, por lo que se modificó el pH de la solución amortiguadora con adición de NaOH. Esto con el fin de alejar el pH de la disolución del punto isoelectrico de las proteínas y generar una solubilidad apropiada para su extracción (Belitz & Grosch, 2012).

La fuerza de corte (FC) y el análisis de perfil de textura (TPA) se midieron sobre carne cocida, tal y como indica el método descrito por American Meat Science Association (AMSA, 2016). Se empleó una temperatura de 175 °C para la cocción de la carne, por condiciones del horno utilizado. Se utilizaron tres cubos de carne cocida de 1 cm de arista por réplica y se realizó un corte a 90° en la dirección de las fibras, se cuidó que no hubiese nervios, cartílagos u otros tejidos que pudieran afectar la medición (Cubero-Rojas et al., 2013).

La prueba FC se llevó a cabo con un texturómetro equipado con una chuchilla de Warner-Bratzler con una celda de carga de 50 kg, según lo descrito por Font-i-Furnols et al. (2015). La FC se estableció como la fuerza máxima obtenida en la gráfica de fuerza vs. tiempo. En la prueba de TPA se utilizó el mismo texturómetro, con una sonda cilíndrica de aluminio de 25 mm de diámetro (Ortiz Huaccha, 2017).

Se inició con un ciclo de compresión al ejercer presión sobre la muestra hasta un valor determinado de compresión, seguido de un segundo ciclo cinco segundos después. A partir de esta prueba se obtuvieron los parámetros de dureza (fuerza máxima obtenida en el primer ciclo, cohesividad (razón entre las áreas de las curvas del segundo y primer ciclo), elasticidad (distancia que recupera la muestra después de la primera compresión) y masticabilidad (producto de la dureza, cohesividad y elasticidad). Las condiciones del análisis en ambas pruebas se resumen en el Cuadro 1.

Los parámetros de color fueron medidos con un colorímetro digital con un ángulo del observador de 10°, iluminante D65 y geometría 45°/0° y el sistema cartesiano de color CIEL\*a\*b\* y el polar CIEL\*C\*h°. Se realizó una calibración previa del equipo con los patrones blanco y negro, y se corroboró la calibración con la teja patrón color verde, como lo especifica el software (Pathare et al., 2012).

Las mediciones se realizaron en un corte redondo de muslos deshuesados crudos y, dado que la medición del FC y TPA exigía cocinar los cortes, también se efectuó con los mismos una vez cocinados. En todos los casos, estos se colocaron en un recipiente cilíndrico transparente de plástico con 6 cm de diámetro, que es parte del equipo colorimétrico y que funciona como receptáculo de la muestra a ser evaluada. Después de cada medición, el recipiente se agitó y se evitaron zonas de grasa o pigmento para lograr un resultado representativo (Hunt & King, 2012).

**Cuadro 1.** Condiciones de operación de la prueba de fuerza de corte con la sonda Warner-Bratzler y de la prueba de análisis de perfil de textura (TPA) con la sonda de aluminio. Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2022.

**Table 1.** Operating conditions of the shear force test with the Warner-Bratzler probe and of the texture profile analysis (TPA) test with the aluminum probe. Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 2022.

Condición	Análisis efectuado	
	Fuerza de corte	TPA
Velocidad pre-ensayo	2,0 mm/s	1,0 mm/s
Velocidad durante el ensayo	2,0 mm/s	1,0 mm/s
Velocidad post-ensayo	10,0 mm/s	1,0 mm/s
Distancia	30 mm	5 mm
Tiempo entre compresiones	No aplica	5 s
Tipo de gatillo	Auto – 20 g	
Modo de tarado		Auto
Tasa de adquisición de datos		200 pps

## Análisis estadístico

Los resultados de las pruebas proximales de humedad, grasa, proteínas, fracciones proteicas, cenizas y pH de la carne fresca, se reportaron con promedio e intervalo de confianza al 95 %. Se evaluaron cinco repeticiones por triplicado.

Para las pruebas de pH y de crecimiento microbiológico de psicrófilos, se utilizó un diseño de bloques completos aleatorizados con arreglo factorial de dos factores por bloque, con una concentración de disolución de  $\text{CaCl}_2$  al 0 % y 5 %, y un tiempo de 0 y 5 días. En la prueba microbiológica, así como en la de pH, se realizaron tres repeticiones (lotes) analizadas por triplicado. A los resultados se les aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) para evaluar el efecto de la adición de  $\text{CaCl}_2$  (A), del tiempo (T), de la interacción entre ambos (A\*T) y del lote de carne de conejo.

En las mediciones relativas al almacenamiento y empaqueo de la carne, como la CRA, la fuerza de corte y análisis de perfil de textura, se utilizó un diseño de bloques completos aleatorios con cinco repeticiones (lotes) analizadas por triplicado y dos tratamientos (0 % y 5 % de disolución de  $\text{CaCl}_2$ ).

En el caso de los parámetros de color  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , C y  $h^\circ$ , se empleó un diseño idéntico, con la salvedad que este se efectuó tanto para las piezas crudas, como para las piezas ya cocinadas. A los resultados de todas estas mediciones asociadas con el almacenamiento se les aplicó un ANDEVA en el que se evaluó el efecto de la adición de  $\text{CaCl}_2$  y del lote.

En todos los casos, cuando el ANDEVA estableció diferencias significativas, se realizó una prueba *post hoc* Tukey.

## Resultados

### Composición química y análisis proximal de la carne de conejo

Los resultados obtenidos sobre la composición química proximal se reportan en el Cuadro 2, junto con la desviación estándar calculada para cada uno de los parámetros.

**Cuadro 2.** Composición química obtenida de la carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) (60-80 días). Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2022.

**Table 2.** Chemical composition obtained from rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) meat (60-80 days). Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 2022.

Componente	Valor	Desviación
Humedad	75,3 %	1,4
Proteína total	21,1 %	0,8
Grasa	2,8 %	0,3
Cenizas	6,0 %	0,1
pH carne fresca	6,5	0,2

De la fracción proteica de la carne de conejo un 54,8 % (DE=13,9) del total correspondió a la fracción sarcoplasmática, un 35,1 % (DE=13,3) a la miofibrilar y el 10,1 % (DE=1,1) restante al estroma (tejido conectivo).

### Efecto del $\text{CaCl}_2$ en las características de calidad de la carne de conejo

Al comparar el cambio promedio de psicrótrofos anaerobios antes y después del almacenamiento con ambos tratamientos (con y sin  $\text{CaCl}_2$ ) en la carne, no se encontraron diferencias significativas, lo que indica que la adición de  $\text{CaCl}_2$  en la carne no tuvo ningún efecto en su calidad microbiológica.

Los resultados del ANDEVA aplicado al pH ( $p < 0,001$ ) y al recuento de psicrófilos anaerobios (RPA) ( $p < 0,0001$ ) en la carne de conejo, mostraron la existencia de un efecto significativo del tiempo y del lote sobre ambas variables, en tanto que los efectos de la adición de  $\text{CaCl}_2$  y la interacción “adición de  $\text{CaCl}_2$  \* tiempo” no fueron significativos ( $p > 0,05$ ). El valor inicial del pH obtenido para la carne de conejo analizada fue de 6,56 (DE=0,2) y el final de 6,05 (DE=0,3). En cuanto al RPA, el valor inicial fue de  $9,6\text{E}+02$  y el valor final fue de  $1,1\text{E}+05$ .

El ANDEVA aplicado a los datos de la CRA reflejó un efecto significativo ( $p < 0,001$ ) del tratamiento (adición de  $\text{CaCl}_2$ ) y del lote ( $p < 0,001$ ) sobre esta característica. Se obtuvo un valor de  $-1,0 \pm 0,7$  %, para la CRA o pérdidas por goteo de la carne de conejo, sin adición de  $\text{CaCl}_2$ ; mientras que para la carne con  $\text{CaCl}_2$  se obtuvo un valor de  $-0,1 \pm 0,6$  %.

### Color de la carne de conejo y efecto de la adición de $\text{CaCl}_2$

El ANDEVA aplicado a los resultados obtenidos para cada uno de los componentes del color de la carne de conejo cruda y cocinada mostró que el efecto del lote resultó significativo en todas las variables de color analizadas ( $p < 0,0001$ ) en muestras crudas y cocinadas.

En el caso de los parámetros colorimétricos de la carne cruda (Cuadro 3), se dio una diferencia significativa ( $p < 0,001$  en todos los casos) para las variables  $L^*$ ,  $a^*$  y  $h^\circ$  entre los tratamientos con  $\text{CaCl}_2$  y sin esta sal. En el caso de las carnes cocinadas, esta diferencia entre tratamientos se registró solo para la variable  $L^*$  ( $p < 0,001$ ).

**Cuadro 3.** Color promedio de la carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) cruda y cocida. Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2022.

**Table 3.** Average color of raw and cooked rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) meat. Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 2022.

Tratamiento	L*		a*		b*		C		h°	
	Valor	DE	Valor	DE	Valor	DE	Valor	DE	Valor	DE
	<b>Carne cruda</b>									
Sin CaCl <sub>2</sub>	58,7 <sup>b</sup>	3,0	7,6 <sup>a</sup>	2,2	13,5	3,1	16,8	7,8	62,3 <sup>b</sup>	3,0
Con CaCl <sub>2</sub>	64,4 <sup>a</sup>	5,4	4,9 <sup>b</sup>	3,0	12,0	3,7	17,2	7,0	64,7 <sup>a</sup>	4,5
	<b>Carne cocinada</b>									
	Valor	DE	Valor	DE	Valor	DE	Valor	DE	Valor	DE
Sin CaCl <sub>2</sub>	71,5 <sup>b</sup>	4,7	3,8	1,1	16,3	2,7	18,2	4,1	76,5	2,6
Con CaCl <sub>2</sub>	73,1 <sup>a</sup>	5,3	3,9	1,6	16,1	3,3	18,4	4,9	75,2	3,4

L\* (luminosidad), a\* [coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde)], b\* [coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul)], C [cromo o saturación y h° (ángulo de matiz)]. / L\* [lightness), a\* (red/green coordinates (+a indicates red, -a indicates green)], b\* [yellow/blue coordinates (+b indicates yellow, -b indicates blue)], C [chrome or saturation and h° (hue angle)].

Dentro de una misma columna y mismo tipo de carne (cruda o cocinada), promedios con diferente letra presentan diferencia significativa (p<0,001). / Within the same column and the same type of meat (raw or cooked), averages with different letters present a significant difference (p<0.001).

### Efecto de la adición de CaCl<sub>2</sub> sobre los parámetros texturométricos

Los resultados del ANDEVA obtenidos para cada uno de los factores que influyen en la textura de la carne de conejo, mostraron que el lote en el que se encontraban los animales resultó significativo para todos los parámetros de textura evaluados (p<0,001), con excepción de la dureza (p<0,05). La adición de CaCl<sub>2</sub> no tuvo efecto sobre ninguno de los parámetros de textura de la carne de conejo marinada (p<0,05 en todos los casos) (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Parámetros de textura promedio de la carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*) madurada. Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 2022.

**Table 4.** Texture parameter averages of matured rabbit (*Oryctolagus cuniculus*) meat. Escuela de Tecnología de Alimentos de la Universidad de Costa Rica. San Jose, Costa Rica. 2022.

Párametro evaluado	Tratamiento aplicado			
	Sin marinado con CaCl <sub>2</sub>		Marinado con CaCl <sub>2</sub>	
	Valor	DE	Valor	DE
Dureza (N)	14,3	6,2	13,1	3,5
Elasticidad (mm)	2,5	0,4	2,7	0,6
Cohesividad	0,5	0,07	0,5	0,1
Masticabilidad (Nm)	0,02	0,008	0,02	0,01
Fuerza de corte (kg <sub>f</sub> )	1,5	0,5	1,4	0,3

## Discusión

El porcentaje de humedad obtenido en el presente estudio para los conejos sacrificados a los 60-80 días de edad, se ajustaron con lo documentado para esta edad en específico. En la literatura examinada se reportaron porcentajes que variaron entre 60 % y 80 % de humedad para la carne y entre 75 % y 76 % para la carne de conejo (Belitz & Grosch, 2012; Daszkiewicz & Gugolek, 2020; Fadlilah et al., 2019). Al comparar los resultados reportados en este experimento con la información en la literatura mencionada, se puede inferir que la humedad de la carne (DE=75,3 %) se encontró dentro de los rangos esperados.

El porcentaje de grasa de la carne analizada (muslo) fue de 2,8 %, el cual se encontró dentro del rango de 2,3 % a 3,2 % reportado en la literatura (Belitz & Grosch, 2012; Daszkiewicz & Gugolek, 2020; Fadlilah et al., 2019). No obstante, a diferencia del presente estudio, estos datos se reportaron para la totalidad de la carcasa y no por músculo.

El contenido de grasa en la carne del conejo depende de la zona del animal de la que proviene, tal como lo reportó Dalle Zotte (2014), quien mencionó un contenido de grasa aproximado de 1,8 % en el corte del lomo de conejo, un 8,8 % en la parte delantera y 3,4 % en la parte trasera. Al comparar los valores obtenidos en el presente estudio con la literatura antes mencionada, se puede asumir que son los valores adecuados, ya que se utilizaron muslos de la parte delantera de los animales, que suele ser más grasosa (Rasinska et al., 2018).

El porcentaje de proteína obtenido (21,1 %), se encontró dentro del rango esperado para la carne en general, que oscila entre 15 % y 22 %, al igual que el rango específico para la carne de conejo, que se ubica entre el 16,5 % al 21,2 % (Belitz & Grosch, 2012; Daszkiewicz & Gugolek, 2020; Nistor et al., 2013).

El valor obtenido para las proteínas sarcoplasmáticas resultó ser similar al reportado por Belitz & Grosch (2012), de 60,5 % para el tejido cárnico en general. Sin embargo, el presente valor está levemente por encima del obtenido por Badui Dergal (2013) de 50 % para la carne de bovino.

Las proteínas miofibrilares obtenidas en el presente estudio resultaron ser mayores al 29 % reportado por Belitz y Grosch (2012), sin salirse de los rangos esperados. Cabe destacar que, desde el punto de vista productivo, este porcentaje podría indicar una menor pérdida por goteo, lo que resultaría de interés para la industria de embutidos cárnicos (Feng et al., 2020).

El porcentaje de proteínas del estroma o tejido conectivo obtenido en la carne de conejo analizada concuerda con el valor de 10,5 % reportado por Belitz y Grosch (2012) para el tejido cárnico en general. Además, es menor al 15 % obtenido por Badui Dergal (2013) en piezas de carne bovina. Esta particularidad podría ser una de las razones por las cuales la carne de conejo se considera suave.

Los valores de cenizas de la carne de conejo utilizada en el estudio resultaron ser mayores a los reportados para el mismo tipo de carne por otros autores que mencionaron valores de cenizas que van desde 1,1 % hasta 1,7 % (Nistor et al., 2013; Martínez Otárola, 2020). No obstante, este valor puede verse influenciado por el contenido mineral de la dieta de los animales, lo que podría explicar la diferencia en los valores (Fadlilah et al., 2019).

Según los tratamientos aplicados en el presente estudio, el  $\text{CaCl}_2$  no tuvo efecto sobre el pH y el RPA de la carne de conejo evaluada. Sin embargo, el descenso de 0,5 en el pH durante el almacenamiento, independiente de la presencia de  $\text{CaCl}_2$ , se podría explicar por la transformación metabólica de los carbohidratos de reserva en forma de ácido láctico por medio de la vía anaeróbica (Belitz & Grosch, 2012).

En el presente estudio se observó pH de 6,6, valor que fue mayor al rango presentado por Daszkiewicz y Gugolek (2020) de 5,9 a 6,2, y por Hernández Bautista et al. (2015), quienes obtuvieron valores de 5,9-6,0 en carne de conejo *post rigor*. El pH final del experimento fue tomado en el *longissimus dorsi* (lomo) y en el *biceps femoris* (pierna) después de cinco días de almacenamiento, ya que, al pasar el tiempo, con el *rigor mortis* el pH de la carne tiende a ascender, debido a cambios naturales iniciales durante el almacenamiento, similar al efecto “tampón” de proteínas, péptidos y aminoácidos provenientes de la proteólisis (Blancquaert et al., 2015).

El pH en el músculo del conejo (vivo) es muy cercano a 7, ya que al morir se anula el aporte de oxígeno, por lo que baja a valores cercanos a 6,4 en músculos oxidativos, rojos; aunque estos resultados se acercan más a los reportados en el presente estudio, las diferencias podrían deberse a que el pH puede verse afectado por las condiciones en las que se realice la cosecha (previo y durante) y al momento de la medición (tiempo *post mortem*) (Belitz & Grosch, 2012; Koziol et al., 2015). Además, en conejos, los músculos de la porción delantera de la canal tienen mayor pH que los músculos de la parte trasera, parte utilizada en el experimento (Hernández Bautista et al., 2015).

De acuerdo con los resultados obtenidos, la carga inicial de organismos psicrófilos en la carne de conejo fue mayor a la del orden de  $10^1$  reportada por Blanco Suárez (2017). No obstante, por la naturaleza del microorganismo, los organismos psicrófilos provienen de fuentes abióticas externas a los animales, como el agua y la tierra (González Balmaceda, 2016), por lo que el aumento de estos puede darse durante el proceso de la cosecha.

De acuerdo con las observaciones realizadas durante las visitas a la finca y lo indicado por González Balmaceda (2016), la canal de estos animales pasa por un baño de agua con hielo después de la evisceración, por lo que se debe revisar la carga de bacterias psicrófilas que puedan entrar en la carne durante el proceso de evisceración y a través del agua.

Cinco días después del almacenamiento a 7 °C, se obtuvieron valores de crecimiento microbiano en la carne del orden de  $10^5$ . De acuerdo con los resultados reportados por Nakyinsige et al. (2015), que realizaron el almacenaje a 4 °C, el orden de  $10^8$  indica deterioro microbiológico, por lo que fue posible determinar que la carne analizada no estaba deteriorada después del período en cámaras.

La vida útil de la carne dependerá de su calidad microbiológica inicial, la eficiencia del enfriado y del mantenimiento de la cadena de frío que se le dé al producto (Blanco Suárez, 2017; Ramírez Chavarría, 2019). Del mismo modo, el pH final de las piezas pudo haber influido en los resultados, ya que la tasa de crecimiento de las bacterias aumenta conforme este se aproxima al valor de 7 (Belitz & Grosch, 2012; Rizwan Tariq, 2015).

Debido a que no se encontraron diferencias entre el promedio de psicrófilos anaerobios presentes en la carne, se puede asumir que la adición de  $\text{CaCl}_2$  en la carne de conejo no tuvo ningún efecto en su calidad microbiológica.

Los valores de CRA de la carne de conejo pueden ser considerados bajos al compararlos con los reportados por García et al. (2012), que obtuvieron pérdidas de hasta 20,5 % con otros métodos. El estado de inhibición o pérdida por goteo del gel proteico depende del modo y la intensidad de las interacciones entre las cadenas peptídicas, las cuales se verifican por medio de puentes de hidrógeno o enlaces iónicos y, en casos determinados, por la participación de iones metálicos divalentes; la disminución de estas interacciones lleva a un aumento de la CRA y viceversa (Belitz & Grosch, 2012). No se ha demostrado lo contrario para la carne de conejo. Además, la relación de la pérdida de agua por cocción, la edad del conejo al momento del sacrificio y su porcentaje de grasa, demostraron que a medida que aumenta la edad, el porcentaje de grasa presente en la carne aumentó y disminuyó las pérdidas de agua (Rizwan Tariq, 2015).

La diferencia observada en los valores de CRA entre la carne con y sin  $\text{CaCl}_2$ , puede fundamentarse en el efecto que tiene el medio acuoso sobre la hidratación de la carne; al añadir la sal en disolución, la carne no solo podría perder menos agua por equilibrio osmótico, sino que podría llegar a ganar peso (Belitz & Grosch, 2012). Esta adición de sal pudo generar un cambio en el equilibrio iónico, es decir, un aumento de concentración que acrecienta la solubilidad y la retención de agua de las proteínas en el medio, lo que pudo provocar absorción de esta por parte del tejido cárnico (Belitz & Grosch, 2012; Calvo Mejía, 2019).

Las técnicas que utilizan materiales absorbentes para determinar la CRA, pueden generar resultados más precisos (Valerio Garita, 2019), como el método de “compresión en papel filtro”, que evalúa el agua liberada por la aplicación de presión, utilizado por Tărânceanu & Pop (2016). No obstante, el método funciona mejor en muestras grandes, con pérdidas de agua mayores, ya que genera una disminución del error porcentual (Gutiérrez Negrín, 2018).

En las pruebas de color, ambos tratamientos demostraron diferencias significativas en los promedios de todos los valores entre repeticiones, lo que evidencia la variabilidad de la materia prima. Al comparar los resultados obtenidos de la carne cruda sin tratamiento, con los expuestos por Gutiérrez Negrín (2018), se observó que todos fueron mayores, principalmente en el componente  $b^*$ . La adición de la disolución de  $\text{CaCl}_2$  provocó que la carne cruda fuera más luminosa o blanca, menos roja y que tuviera un mayor ángulo  $h^\circ$ , lo que hizo más evidente la coloración amarilla. La mayor luminosidad indicaría que la carne fue tratada con una disolución acuosa que la hidrató y la volvió más brillante, pues refleja más luz que la carne sin tratamiento.

La disminución en la intensidad del color rojo en la carne con  $\text{CaCl}_2$  concuerda con lo esperado, ya que según Belitz & Grosch (2012), los iones metálicos favorecen la oxidación de la oximioglobina a metamioglobina, responsables del color rojo en la carne.

La adición del  $\text{CaCl}_2$  en la carne cocida también produjo una carne más blanca o luminosa y al igual que con la carne cruda, el efecto de la oxidación de la mioglobina pudo haber generado el aumento en el valor de  $L^*$  de la carne de conejo con adición de la sal (Wang et al., 2016). El color de la carne no solo varía por especie, sino también por el tipo de músculo (función, oxigenación, etc.), sin embargo, Koziol et al. (2015) obtuvieron valores bajos de  $b^*$  (4,3) en el *bíceps femoris* de los conejos de su ensayo.

La carne de los animales adultos es más oscura que la de los animales jóvenes, ya que tienen una mayor concentración de mioglobulina, oxígeno y se generan más reacciones de oxidación catalizadas por la luz (Belitz & Grosch, 2012; Koziol et al., 2015). Los factores mencionados y la utilización de conejos jóvenes en el presente estudio, podrían explicar los altos valores de  $L^*$  obtenidos.

El aumento en los valores de color  $L^*$  y  $b^*$  y la disminución en el parámetro  $a^*$  observadas entre la carne cocinada y cruda, concuerdan con lo reportado en la literatura, ya que durante la cocción se dio una desnaturalización de la globina, la reacción de Maillard y una desnaturalización de las proteínas que luego forman complejos con  $\text{Fe}^{3+}$  (Belitz & Grosch, 2012; González Balmaceda, 2016). Por esta razón, se separó el análisis de los resultados de color en la carne de conejo según su estado de cocción.

La disminución del valor  $a^*$  y el aumento en el valor  $b^*$  pueden interpretarse como un incremento del ángulo  $h^\circ$  hacia el amarillo, lo cual es un indicativo de la formación de un color anaranjado más amarillo (al ojo humano). Este cambio en dirección al amarillo, en conjunto con una disminución en el parámetro de color  $C^*$ , se percibe como un color más marrón en la carne cocida (González Balmaceda, 2016).

Algunos autores recomiendan realizar la medición de color en los músculos *longissimus dorsi* y *bíceps femoris* en el conejo, sin embargo, hay pocos estudios relacionados con carne de conejo, ya que la mayoría se han realizado en carne de animales y cortes de mayor importancia comercial, por lo que es común que las mediciones se realicen en cualquier músculo de la canal, lo que dificulta la comparación (Gutiérrez Negrín, 2018).

El color de la carne de conejo depende de factores como la raza, condiciones de crianza o climáticas (Belitz & Grosch, 2012; Valerio Garita, 2019), así como de la alimentación de los animales hasta la cosecha, ya que puede ocasionar un aumento de ciertos colorantes en la carne, en forma de carotenoides y otros pigmentos asociados al concentrado (Capra et al., 2012; Li et al., 2019).

De acuerdo con los resultados, no se presentaron diferencias significativas entre los promedios de textura de los tratamientos, pero sí entre repeticiones, con excepción de la dureza. Estos confirman que la variabilidad de la materia prima y la adición de  $\text{CaCl}_2$  en disolución a la carne de conejo, bajo los términos del estudio, no tuvieron efecto sobre la textura. Los resultados concuerdan con los obtenidos por Coria et al. (2018), quienes encontraron un efecto de las sales de calcio sobre la textura de la carne de bovino, equino y aviar, más no así en la carne cunícola.

Una de las razones por las que la carne analizada resultó suave, es que los conejos eran jóvenes y tenían un bajo contenido de tejido conectivo, ya que la poca cantidad de estroma aún no había generado enlaces entrecruzados que aumentarían la dureza en la carne como en animales adultos (Belitz & Grosch, 2012; Gutiérrez Negrín, 2018).

El grado de aceptación de la carne depende de su fuerza de corte (FC), cuando esta se encuentra entre 5,9 kg<sub>f</sub>, - 7,4 kg<sub>f</sub>, tiene una aceptación de menos del 1,8 %, entre 4,1 kg<sub>f</sub> y 5,9 kg<sub>f</sub>, su aceptación es del 3,6 % y aquellas entre 2,3 kg<sub>f</sub> y 3,6 kg<sub>f</sub> fueron aceptadas por el 94,6 % de las personas (O'Quinn et al., 2018). Con base en esta información, se esperaría que los consumidores mostraran una aceptación elevada de la carne de conejo por su suavidad, sin que sea necesaria la adición de CaCl<sub>2</sub>.

En un estudio se determinó que la fuerza de corte en carne de conejo cocinada en condiciones parecidas a las utilizadas en este experimento, tuvo un valor de 1,79 kg (Kozioł et al., 2016). No obstante, puede suponerse que el tipo de corte o músculo también afectaron esta característica, ya que Cornejo-Espinoza et al. (2016) reportaron valores menores a los del presente experimento, obtenidos de carne cocinada proveniente del lomo de conejo.

La actividad enzimática durante el almacenamiento también tiene un efecto positivo en la terneza de las piezas según lo reportado por Otero-Waitituh et al. (2021) y Valerio Garita (2019), no obstante, este último analizó muestras de 2 cm<sup>3</sup>, mientras que en el presente estudio se utilizaron cubos más pequeños. Al comparar los resultados obtenidos con la literatura mencionada, se puede confirmar que hay muchos factores *post mortem*, como el tiempo, temperatura y forma de cocción, que influyen en la terneza de esta carne (González Balmaceda, 2016; Gutiérrez Negrín, 2018).

Se recomienda que futuros estudios caractericen el perfil lipídico de la carne cunícula de producción nacional, así como que se desarrolle investigación que valore la percepción que tiene el consumidor nacional sobre este producto.

## Conclusiones

La carne cunícula analizada presentó características de composición química comparables con aquellas cosechadas en otras latitudes. El marinado de la carne de conejo en el presente trabajo evidenció un efecto sobre la pérdida por goteo de las piezas, así como sobre los parámetros L\*, a\* y °h de color para la carne cruda, mientras que solo para el parámetro L\* en la carne cocinada. Además, no hubo un efecto claro sobre el recuento microbiológico de psicrófilos anaerobios, el pH inicial y final, la fuerza de corte, ni el análisis de perfil de textura. Se podría valorar la aplicación de condiciones alternativas para encontrar diferencias entre tratamientos, con otro tipo de maduración.

## Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a la empresa “*Rabbits de Costa Rica*”, ubicada en Pacayas de Alvarado, Cartago, Costa Rica, por el apoyo material con las piezas de carne cunícula que permitió la ejecución del presente estudio.

## Referencias

- American Meat Science Association. (2016). *Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat* (2<sup>nd</sup> ed.). American Meat Science Association.
- Badui Dergal, S. (2013). *Química de los alimentos* (5<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación de México.
- Belitz, H. D., & Grosch, W. (2012). *Química de los alimentos* (2<sup>a</sup> ed.). Editorial Acribia.

- Bhat, Z. F., Morton, J. D., Mason, S. L., & Bekhit, A. E. -D. A. (2018). Role of calpain system in meat tenderness: A review. *Food Science and Human Wellness*, 7(3), 196–204. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.08.002>
- Blanco Suárez, D. G. (2017). *Determinación de la flora microbiana de los cortes comerciales de la canal cunícola empacados al vacío y en empaque tradicional (bandeja de ICOPOR®), obtenidos de una granja cunícola* [Trabajo de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Institucional de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/724>
- Blancquaert, L., Everaert, I., & Derave, W. (2015). Beta-alanine supplementation, muscle carnosine and exercise performance. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolism Care*, 18(1), 63–70. <https://doi.org/10.1097/mco.000000000000127>
- Calvo Mejía, V. C. (2019). *Efecto de la concentración de sal y distintas proporciones de carne de res y de cerdo sobre la percepción del sabor salado, textura, color y estabilidad de la emulsión en salchichón* [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio SIBDI de la Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/11005>
- Capra, G., Martínez, R., Fradiletti, F., Cozzano, S., Repiso, L., Márquez, R., & Ibáñez, F. (2012). Meat quality of rabbits reared with two different feeding strategies: with or without fresh alfalfa ad libitum. *World Rabbit Science*, 21, 23–32. <https://doi.org/10.4995/wrs.2013.1197>
- Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. (2012). *Recuento de bacterias ácido lácticas. Métodos de análisis microbiológico P-SA-MM-006* (Emisión I). Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. (2016). *P-SA-MQ-051: Determinación de ácidos orgánicos*. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos.
- Chacón Villalobos, A. (2015). Estimulación del sistema enzimático de las calpaínas con cloruro de calcio para el ablandamiento de la carne. *La Industria Cárnica Latinoamericana*, 192, 44–47. <https://hdl.handle.net/10669/75608>
- Cornejo-Espinoza, J. G., Rodríguez-Ortega, L. T., Pro-Martínez, A., González-Cerón, F., Conde-Martínez, V. F., Ramírez-Guzmán, M. E., López-Pérez, E., & Hernández-Cázares, A. S. (2016). Efecto del ayuno ante mortem en el rendimiento de la canal y calidad de la carne de conejo. *Archivos de Zootecnia*, 65(250), 171–175. <https://doi.org/10.21071/az.v65i250.484>
- Cori, M. E., Michelangeli, C., de Basilio, V., Figueroa, R., & Rivas, N. (2014). Solubilidad proteica, contenido de mioglobina, color y pH de la carne de pollo, gallina y codorniz. *Archivos de Zootecnia*, 63(241), 133–143. <https://doi.org/10.21071/az.v63i241.570>
- Coria, M. S., Carranza, P. G., & Palma, G. A. (2018). El sistema proteolítico calpaína en la tenderización de la carne: Un enfoque molecular. *Revista MVZ Córdoba*, 23(1), 6523–6536.
- Cristancho Macías, L. A. (2017). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de la carne de conejo en el municipio de Nosa-Boyacá* [Tesis de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio Institucional de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/2615>
- Cubero-Rojas, R. A., Mora-Peraza, E., WingChing-Jones, R., & Calderón-Villaplana, S. (2013). Maduración del solomo (*Biceps femoris*) en vacas de descarte *Bos indicus* y *Bos taurus*. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 433–440. <https://doi.org/10.15517/am.v24i2.12546>

- Dalle Zotte, A. (2014). Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*, 4(4), 62–67. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0035>
- Daszkiewicz, T., & Gugolek, A. (2020). A comparison of the quality of meat from female and male flemish giant gray rabbits. *Animals*, 10(12), Article 2216. <http://doi.org/10.3390/ani10122216>
- Fadlilah, A., Rosydi, D., & Susilo, A. (2019, December 13-15). *Chemical quality of fresh New Zealand white rabbit meat in Batu, Indonesia* [Reporte de Conferencia]. 6<sup>th</sup> International Conference on Advanced Engineering and Technology (ICAET 2019), Incheon, Korea.
- Feng, Y. -H., Zhang, S. -S., Sun, B. -Z., Xie, P., Wen, K. -X., & Xu, C. -C. (2020). Changes in physical meat traits, protein solubility, and the microstructure of different beef muscles during post-mortem aging. *Foods*, 9(6), Article 806. <http://doi.org/10.3390/foods9060806>
- Fito Maupoey, P., Andrés Grau, A. M., Barat Baviera, J. M., & Albors Sorolla, A. M. (2016). *Introducción al secado de alimentos por aire caliente*. Editorial Universidad Politécnica de Valencia.
- Font-i-Furnols, M., Čandek-Potokar, M., Maltin, C., & Prevolnik Povše, M. P. (Eds.). (2015). *A handbook of reference methods for meat quality assessment*. Farm Animal Imaging.
- García, A., Córdova Rodríguez, L. E., Urpin, L.A., Méndez Natera, J. R., & Malavé-Acuña, A. C. (2012). Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejos suplementados con follaje de *Gliricidia sepium* y fibra de *Elaeis guineensis*. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 939–946. <http://www.bioline.org.br/pdf?cg12107>
- García-Vázquez, L., Ayala-Martínez, M., Zepeda-Bastida, A., Ojeda-Ramírez, D., & Soto-Simental, S. (2017). Evaluación de parámetros productivos y rendimiento de la canal de conejos que consumieron infusión de epazote (*Chenopodium ambrosioides*). *Abanico Veterinario*, 7(1), 44–47. <http://doi.org/10.21929/abavet2017.71.4>
- González Balmaceda, F. (2016). *Desarrollo de un producto de fácil implementación para la empresa Rabbits de Costa Rica a partir de carne cunicola (Oryctolagus cuniculus) empacado al vacío y listo para cocinar, con sus costos variables estimados y su ficha técnica confeccionada* [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio SIBDI de la Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/3438>
- Gutiérrez Negrín, C. (2018). *Evaluación Sensorial y Características Fisicoquímicas de Carne de Conejo Alimentado con Romero (Rosmarinus officinalis L) y Tomillo (Thymus vulgaris)* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. Repositorio Institucional de la Universidad Autónoma del Estado de México. <http://hdl.handle.net/20.500.11799/94723>
- Hernández Bautista, J., Aquino López, J. L., & Palacios Ortiz, A. (2015). Rendimiento de la canal, color de la carne y evolución del pH muscular de conejo. *Nacameh*, 9(2), 66–76.
- Hui, Y. H. (Ed.) (2012). *Handbook of meat and meat processing* (2<sup>nd</sup> ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b11479>
- Hunt, M., & King, D. (Co-chairs) (2012). *AMSA meat color measurement guidelines*. American Meat Science Association. <https://bit.ly/3xaJHao>
- Kozioł, K., Maj, D., & Bieniek, J. (2015). Changes in the color and pH of rabbit meat in the aging process. *Medycyna Weterynaryja*, 71(2), 104–108. <https://bit.ly/3xo6KxB>
- Kozioł, K., Pałka, S., Migdał, Ł., Derewicka, O., Kmiecik, M., Maj, D., & Bieniek, J. (2016). Analysis of the texture of rabbit meat subjected to different means of heat treatment. *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production*, 12(1), 25–32. <https://bit.ly/3x9OB7w>

- Malavé, A., Córdova, L., García, A., & Méndez, J. (2013). Composición bromatológica de la carne de conejos suplementados con matarátón y cachaza de palma aceitera. *Revista MVZ Córdoba*, 18(2), 3452–3458.
- Martínez Otárola, A. M. (2020). *Uso de aislado de soya como sustituto de grasa en la elaboración de hamburguesas de carne de conejo* [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio SIDRE de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/3297>
- Li, M., Li, Z., Li, S., Li, R., & Li, H. (2019). Optimization of calcium chloride, ficin and kiwifruit protease tenderization system to improve the tenderness and water holding capability of rabbit meat. *Food and Fermentation Industries*, 45(18), 120–129. <https://doi.org/10.13995/j.cnki.11-1802/ts.021040>
- Mora Valverde, D., & Solano Mesén, M. (2015). Estudio bioeconómico para el negocio de la producción y semi-industrialización de conejo en Costa Rica. *Revista de Nutrición Animal Tropical*, 9(1), 102–123. <http://doi.org/10.15517/NAT.V9I1.19394>
- Nakyinsige, K., Sazili, A. Q., Aghwan, Z. A., Zulkifili, I., Goh, Y. M., Abu Bakar, F., & Sarah, S. A. (2015). Development of microbial spoilage and lipid and protein oxidation in rabbit meat. *Meat Science*, 108, 125–131. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.05.029>
- Nistor, E., Bampidis, V. A., Păcală, N., Pentea, M., Tozer, J., & Prunceanu, H. (2013). Nutrient content of rabbit meat as compared to chicken, beef and pork meat. *Journal of Animal Production Advances*, 3(4), 172–176.
- Odero-Waitituh, J. A., Macharia King'ori, A., Kivali Ambula, M., Wafula Matofari, J., Odera Onyango, S., & Mwasigwa, R. (2021). Descriptive Sensory Characteristics of Meat from Grower Rabbits Fed on Fermented Ground Mature *Prosopis juliflora* Pods Based-diets. *World Journal of Food Science and Technology*, 5(2), 19–24. <http://doi.org/10.11648/j.wjfst.20210502.11>
- O'Quinn, T. G., Legako, J. F., Brooks, J. C., & Miller, M. F. (2018). Evaluation of the contribution of tenderness, juiciness, and flavor to the overall consumer beef eating experience. *Translational Animal Science*, 2(1), 26–36. <https://doi.org/10.1093/tas/txx008>
- Ortiz Huaccha, R. M. (2017). *Análisis de textura en Productos Cárnicos* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/10052/ORTIZ%20HUACCHA%20ROSA%20MARIBEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pathare, P. B., Opara, U. L., & Al-Said, F. A. -J. (2012). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Pereira, M., & Malfeito-Ferreira, M. (2015). A simple method to evaluate the shelf life of refrigerated rabbit meat. *Food Control*, 49, 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.10.021>
- Petracci, M., & Cavani, C. (2013). Rabbit meat processing: historical perspective to future directions. *World Rabbit Science*, 21(4), 217–226. <https://doi.org/10.4995/wrs.2013.1329>
- Preedy, V. (Ed.) (2015). *Essential oils in food preservation, flavor and safety*. Academic Press.
- Ramírez Chavarría, F. J. (2019). *Estudio de almacenamiento de carne molida de conejo (Oryctolagus cuniculus) con adición de biopreservante, utilizando diferentes empaques* [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio del SIBDI de la Universidad de Costa Rica. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/handle/123456789/11008>

- Rasinska, E., Czarniecka-Skubina, E., & Rutkowska, J. (2018). Fatty acid and lipid contents differentiation in cuts of rabbit meat. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 807–813. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1488000>
- Rizwan Tariq, M. (2015). *Exploring the potential of rabbit meat as functional food* [Doctoral thesis, National Institute of Food Science & Technology (NIFSAT)]. Pakistán Research Repository. <https://core.ac.uk/download/132561469.pdf>
- Salfinger, Y., & Tortorello, M. L. (Eds.) (2015). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods* (5<sup>th</sup> ed.). American Public Health Association.
- Silva Joya, N. Y. (2016). *Estudio de mercado para la carne de conejo de la Asociación “Agropeinte” S.A.S. en el municipio de Duitama* [Trabajo de grado, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia]. Repositorio de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2032/1/TGT-700.pdf>
- Tărnauceanu, G., & Pop, C. (2016). Water holding capacity of rabbit meat (Belgian giant breed). *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Animal Science and Biotechnologies*, 73(1), Article 11590. <http://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:11590>
- Valerio Garita, D. C. (2019). *Análisis de características físicas, químicas y sensoriales de la carne proveniente de aves reproductoras pesadas, así como de su potencial técnico como materia prima* [Tesis de licenciatura, Universidad de Costa Rica]. Repositorio de la Escuela de Zootecnia. <https://bit.ly/3GKjXVp>
- Vargas González, N. O., Gualán Namcela, C. V., Alvarez Díaz, C. A., & Sánchez Quinche, Á. R. (2019). Evaluación de la calidad de carne bovina mediante la medición del pH en carnicerías de la ciudad de Zaruma, El Oro, Ecuador. *IOSR Journal of Engineering*, 9(11), 61–68. <https://bit.ly/3GJ96es>
- Wang, J., Su, Y., Elzo, M. A., Jia, X., Chen, S., & Lai, S. (2016). Comparison of carcass and meat quality traits among three rabbit breeds. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 36(1), 84–89. <http://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.1.84>
- Warner, R. D. (2014). Measurement of meat quality. Measurements of water-holding capacity and color: Objective and subjective. In M. Dikeman, & C. Devine (Eds.), *Encyclopedia of meat sciences* (2<sup>nd</sup> ed., pp. 164–171). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384731-7.00210-5>
- Warner, R. D. (2017). The eating quality of meat—IV water-holding capacity and juiciness. In F. Toldrá (Ed.), *Lawrie’s meat science* (Chapter 14, 8<sup>th</sup> ed., pp. 419–459). Woodhead Publishing in Food Science, Technology and Nutrition. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-100694-8.00014-5>