



Universidad de Concepción
Dirección de Postgrado
Facultad de Ciencias Veterinarias
Programa de Magíster en Ciencias Veterinarias con mención en Calidad e
Inocuidad de Alimentos en Origen Animal

**Determinación de vida útil en condiciones de
refrigeración de carne de conejo cruda al vacío,
producidos y faenados en la región de Ñuble, Chile.**

Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias Veterinarias con
Mención en Calidad e Inocuidad de Alimentos de Origen Animal

DANIELA FERNANDA GARAY MARÍN
CHILLÁN – CHILE
2025

Profesor Guía: Pedro Melín Marín M.S.
Departamento de Agroindustrias
Facultad de Ingeniería Agrícola
Universidad de Concepción

Esta tesis ha sido realizada en el Departamento de Agroindustrias y Departamento de Patología y Medicina Preventiva de la Facultad de Ingeniería Agrícola y Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Concepción.

Profesor Guía

Dr. Pedro Melín Marín
Facultad de Ingeniería Agrícola
Universidad de Concepción

Profesor Co-guía

Dr. Reinaldo Letelier Contreras
Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de Concepción

Comisión Evaluadora

Dra. Paula Gädicke L'Huissier
Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de Concepción

Dra. Valeria Velasco Pizarro
Facultad de Agronomía
Universidad de Concepción

Director de Programa

Dr. Carlos Landaeta Aqueveque
Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad de Concepción

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO	PÁGINA
RESUMEN.....	vi
SUMMARY.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	8
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	13
IV. CONCLUSIONES.....	30
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31
VI. DECLARACIÓN.....	41
ANEXO.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°		PÁGINA
EN EL TEXTO		
1.	Contenido mineral, vitamina y colesterol de diversas carnes (mg/100 g de porción comestible) modificado de Dalle Zotte, (2004); Dalle Zote & Szendrő, (2011); Salvini et al., (1998); Parigi Bini et al., (1992); Williams, 2007; Hernández & Dalle Zotte (2010).....	1
2.	Factores que pueden afectar la vida útil de la carne, modificada de Nollet, (2012); Jay et al.,(2005).....	2
3.	Parámetros microbiológicos a determinar para carne cruda, de acuerdo a la tabla 10.1, extraída desde el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, 2023)	9
4.	Resultados del análisis microbiológico de muestras de carne de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío, producida y faenada en la región de Ñuble, evaluadas para el recuento de aerobios mesófilos (UFC/g) y la detección de <i>Salmonella spp.</i> en 50 g.....	14
5.	Valores promedios de color L*, a* y b* de las veintisiete canales de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío; producida y faenada en la región de Ñuble en los días 0, 10 y 20.....	23
6.	Comparación de color (ΔE) en carne de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío, producida y faenada en la región de Ñuble a los días 0, 10 y 20.....	23
7.	Valores de a_w obtenidos de las muestras de carne de conejo crudo, producido y faenado en la Región de Ñuble, donde se evaluaron las muestras numeradas con dígitos impares.....	27

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº		PÁGINA
EN EL TEXTO		
1.	Esquema de una canal de conejo vista desde ventral, segmentada de acuerdo a las regiones a utilizar en el presente estudio (Rodríguez, 2002).....	8
2.	Curva de crecimiento típica para una población bacteriana. Comparando la diferencia en la forma de las curvas en la fase de muerte o declive (unidades formadoras de colonias (UFC/ml) frente a densidad óptica) (Maier y Pepper, 2015).....	18
3.	Valores de pH de las 27 canales de conejo, faenados en la región de Ñuble obtenidos inmediatamente post faena, al desposte (24 horas posterior a la faena), día 10 y 20.....	20
4.	Promedios del pH de las 27 canales de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío; producida y faenada en la región de Ñuble, obtenidos al momento de la faena, desposte, día 10 y 20.....	21
5.	Relación entre el pH y el recuento de aerobios mesófilos (RAM) en canales de conejo cruda, al vacío producida y faenada en la región de Ñuble durante el almacenamiento (azul: día 1; naranja: día 10; verde: día 20).....	22
6.	Relación Esquema de interconversiones de las formas redox de la mioglobina en carnes frescas envasadas (Faustman et al., 2022)....	25

RESUMEN

DETERMINACIÓN DE VIDA ÚTIL EN CONDICIONES DE REFRIGERACIÓN DE CARNE DE CONEJO CRUDA AL VACÍO, PRODUCIDOS Y FAENADOS EN LA REGIÓN DE ÑUBLE, CHILE.

DETERMINATION OF SHELF LIFE UNDER REFRIGERATION CONDITIONS FOR VACUUM-PACKED RAW RABBIT MEAT PRODUCED AND PROCESSED IN THE ÑUBLE REGION, CHILE.

La carne de conejo ha adquirido relevancia, al ser rica en nutrientes, se convierte en un entorno propicio para el crecimiento y propagación de microorganismos, acelerando su deterioro, esta se puede ver alterada por factores tanto intrínsecos que corresponden microorganismos, pH y actividad de agua (a_w), como extrínsecos que hace referencia a la temperatura, presencia y concentración de gases y empaque.

Globalmente, se desperdicia un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano, equivalente a 1.300 millones de toneladas anuales. En Chile, casi el 95% personas considera normal desechar alimentos refrigerados, siendo la carne lo más lamentado por el 36,7% los encuestados.

El objetivo de este trabajo fue analizar las características fisicoquímicas, microbiológicas y vida útil de la carne de conejo cruda refrigerada y envasada al vacío, producida y faenada en la región de Ñuble, Chile. Para lo cual se caracterizó e identificó los posibles indicadores de deterioro en la carne de conejo cruda refrigerada, así como relacionar el pH con parámetros microbiológicos y así establecer la vida útil de esta. Las canales de conejo fueron divididas y envasadas al vacío para su posterior refrigeración. La toma de muestras se realizó a los 20 minutos posterior a la faena (t_0) para pH, 24 horas posterior a la faena (t_1) para pH, a_w , análisis microbiológico y color, así como el día 10 (t_2) y día 20 (t_3) para pH, análisis microbiológico y color en ambos casos.

La carne de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío presentó indicadores de deterioro al día 10 (t_2), marcados por un aumento significativo en los recuentos de aerobios mesófilos, valores de pH superiores a 6,0 que reflejan proteólisis y actividad microbiana, así como una ligera disminución en la rojez (a^*), que sugiere oxidación de la mioglobina y pérdida de frescura. Se evidenció una correlación entre el pH y los parámetros microbiológicos, donde un pH bajo se asoció con recuentos microbianos igualmente bajos, mientras que, un incremento posterior del pH favoreció el crecimiento microbiano, acelerando el deterioro. Según los resultados del estudio, la vida útil de la carne de conejo cruda, producida y envasada en la Región de Ñuble, se establece en 10 días bajo condiciones de refrigeración y envasado al vacío.

Palabras clave: vida útil, carne de conejo, microbiología, pH, a_w

SUMMARY

DETERMINATION OF SHELF LIFE UNDER REFRIGERATION CONDITIONS FOR VACUUM-PACKED RAW RABBIT MEAT PRODUCED AND PROCESSED IN THE ÑUBLE REGION, CHILE.

Rabbit meat has gained relevance as a nutrient-rich product that creates a favorable environment for the growth and spread of microorganisms, accelerating its spoilage. This spoilage can be influenced by intrinsic factors such as microorganisms, pH, and water activity (a_w), as well as extrinsic factors, including temperature, the presence and concentration of gases, and packaging.

Globally, one-third of the food produced for human consumption is wasted, amounting to 1.3 billion tons annually. In Chile, nearly 95% of people consider it normal to discard food stored in refrigerators, with meat being the most lamented food item by 36.7% of respondents.

The aim of this study is to analyze the physicochemical, microbiological characteristics and shelf life of raw, vacuum-packaged, refrigerated rabbit meat produced and processed in the Ñuble region, Chile. This involves characterizing and identifying potential indicators of spoilage in refrigerated raw rabbit meat, correlating pH with microbiological parameters, and establishing its shelf life. Rabbit carcasses were be divided and vacuum-packaged for refrigeration. Sampling was be conducted 20 minutes post-slaughter (t_0) for pH, 24 hours post-slaughter (t_1) for pH, a_w , microbiological analysis, and color, as well as on days 10 (t_2) and 20 (t_3) for pH, microbiology, and color.

The raw, vacuum-packaged, refrigerated rabbit meat showed spoilage indicators by day 10 (t_2), including a significant increase in mesophilic aerobic counts, pH values exceeding 6.0 indicating proteolysis and microbial activity, and a slight decrease in redness (a^*), suggesting myoglobin oxidation and freshness loss. A correlation was found between pH and microbiological parameters, where low pH was associated

with equally low microbial counts. In contrast, an increase in pH created favorable conditions for microbial growth, accelerating spoilage. According to the study results, the shelf life of raw rabbit meat produced and processed in the Ñuble Region is determined to be 10 days under refrigeration and vacuum-packaging conditions.

Keywords: shelf life, rabbit meat, microbiology, pH, a_w

I. INTRODUCCIÓN

La creciente demanda global de alimentos de alta calidad ha dirigido la atención hacia fuentes alternativas de proteínas magras y saludables (Dalle Zote, 2002). El consumo de carne de conejo ha experimentado variaciones significativas a lo largo de las décadas, siendo influenciado por factores económicos, culturales y nutricionales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1999; Cullere & Dalle Zote, 2018).

En países europeos como Francia e Italia, la carne de conejo ha sido tradicionalmente apreciada por su sabor delicado y su versatilidad culinaria. Mientras que, en Asia, particularmente en China, el consumo de carne de conejo ha ido en aumento. Sin embargo, en América del Norte y otras partes del mundo, como el caso de Chile su presencia ha sido más bien limitada (Szendrő et al., 2020).

La carne y productos cárnicos son fuentes significativas de nutrientes esenciales como zinc, hierro, selenio, vitaminas del complejo B, entre otros. Sin embargo, también se asocian con nutrientes considerados negativos, como grasas saturadas y colesterol, vinculados a enfermedades cardiovasculares, hipertensión, obesidad y diabetes (Dalle Zote & Szendrő, 2011). Es por esto que la carne de conejo ha adquirido relevancia siendo una alternativa saludable, puesto que es una fuente de proteína magra y saludable, con un perfil nutricional que la distingue de otras carnes convencionales (Tabla 1) (Antipov et al., 2020).

Tabla 1. Contenido mineral, vitamina y colesterol de diversas carnes (mg/100 g de porción comestible) modificado de Dalle Zotte, (2004); Dalle Zote & Szendrő, (2011); Salvini et al., (1998); Parigi Bini et al., (1992); Williams, (2007); Hernández & Dalle Zotte (2010).

	Porcino	Bovino	Pollo	Conejo
Ca	7 - 8	10 - 11	11 - 19	2,7 - 9,3
P	158 - 223	168 - 175	180 - 200	222 - 234
K	300 - 370	330 - 360	260 - 330	428 - 431
Na	59 - 76	51 - 89	60 - 89	37 - 47
Fe	1,4 - 1,7	1,8 - 2,3	0,6 - 2,0	1,1 - 1,3
Vitamina B ₁₂	1,0	2,5	< 1,0	8,7 - 11,9
Colesterol *	62,7± 22,4	48,7± 8,1	55,3± 4,6	47,0± 7,9

*contenido de colesterol (mg/100g) de los lípidos intramusculares de *Longissimus dorsi* y los músculos de la pechuga en el caso del pollo.

I.1 Vida útil

Se refiere al período en el cual un alimento conserva una calidad adecuada en términos de inocuidad y propiedades organolépticas (Sousa-Gallagher et al., 2011). El manejo del ganado antes del beneficio y la manipulación de la carne después del beneficio desempeñan un papel importante en el deterioro de la calidad de la carne, dentro de los cuales se destacan principalmente tres mecanismos: deterioro microbiano, oxidación de lípidos y deterioro enzimático autolítico. Donde asimismo el crecimiento microbiano y metabolismo dependerá del estado de la canal al momento de la faena, el tipo de empaque y las condiciones de almacenamiento. La descomposición microbiana se manifiesta a través de un sabor ácido o indeseado, cambios de color, generación de gas, alteración del pH, formación de mucosidad, degradación de componentes estructurales, olores desagradables y cambios en la apariencia de la carne (Dave & Ghaly, 2011).

I.2 Factores que afectan la vida útil de la carne de conejo

Los factores que pueden afectar la vida útil de un alimento son variados, se pueden clasificar como intrínsecos y extrínsecos (Alapont et al., 2020). Los factores intrínsecos son aquellos propios del alimento, como pH y actividad de agua (a_w), mientras que los factores extrínsecos son los que no dependen del propio alimento, como por ejemplo la temperatura de almacenamiento o la atmósfera de envasado (Kameník, 2013; Alapont et al., 2020).

Tabla 2. Factores que pueden afectar la vida útil de la carne, modificada de Nollet, (2012); Jay et al., (2005).

Tipo	Factores
Intrínseco	Microorganismos pH Actividad de agua
Extrínseco	Temperatura Presencia y concentración de gases Empaque

Microorganismos: la carne provee un medio excelente para el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras, las cuales pueden ser o no patógenas (Jay et al., 2005). El tejido muscular en un animal sano y vivo es esencialmente estéril, por lo que la carga microbiana inicial y la composición de la carne fresca son principalmente influenciadas por el estado fisiológico del animal al momento del beneficio, la propagación de microorganismos durante la faena y el entorno del matadero (Erkmen & Bozoglu, 2016), debido a lo cual la carga microbiana de la carne está directamente relacionada con las buenas prácticas de manufactura durante la faena, pudiendo esta ser contaminada durante la eliminación de la piel, eviscerado (materia fecal), procesamiento de los cortes, por el suelo, agua e incluso el aire (Lambert et al., 1991).

pH: puede afectar significativamente qué microorganismos pueden crecer y perseverar en el alimento. Un amplio grupo de bacterias se desarrolla en un rango de pH de 4,5 a 9,0, mientras que muchas levaduras y mohos encuentran condiciones propicias de pH de 2,0 a 10,0. Asimismo la mayoría de los microorganismos muestran su máximo crecimiento en niveles de pH cercanos a la neutralidad, alrededor de 6,6-7.5, aunque existe un pequeño número capaz de desarrollarse por debajo de un pH de 4,0 (Jay et al., 2005). Para el caso del músculo de conejo vivo y sano se encuentra alrededor de 7,04 (Ramírez, 2019). A las 24 horas posterior al faenamamiento, el valor del pH disminuye situándose a $5,87 \pm 0,5$, dependiendo del músculo analizado (Hulot & Ouhayoun, 1999).

Actividad de agua (aw): es agua que no está unida a las moléculas de los alimentos y que puede favorecer el crecimiento de microorganismos (Dave & Ghaly, 2011), puede ser utilizada como una herramienta para determinar la estabilidad microbiana de los alimentos, así como la velocidad de algunas reacciones o cambios químicos en los alimentos, como la oxidación de lípidos, el pardeamiento y la pérdida de vitaminas. La mayoría de las bacterias de descomposición no se desarrollan por debajo de actividad de agua de 0,91 y la mayoría no persiste por debajo de 0,85 (Rolfe & Daryaei, 2020), pero sí es posible el crecimiento de levaduras y hongos

(Tapia et al., 2020). En el caso de la carne su valor es de 0,98 – 0,99 (Ramírez, 2019).

Temperatura de almacenamiento: los microorganismos tienen la capacidad de crecer en un rango muy amplio de temperaturas, por lo que, es importante considerar los rangos de temperatura de desarrollo para los organismos; de importancia en los alimentos a fin de elegir la temperatura adecuada para el almacenamiento de diferentes tipos de alimentos, ya que existen microorganismos que pueden desarrollarse desde -34°C , llamadas bacterias psicrófilas, hasta 100°C correspondientes a los microorganismos termófilos (Jay et al., 2005). De acuerdo al Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA) deben ser entre los 0 y 5°C , para refrigeración, mientras que la congelación son aquellos productos que alcancen una temperatura de -18°C en su centro térmico (RSA, 2023), donde a temperaturas tan bajas, es poco probable que ocurran en gran medida reacciones enzimáticas, rancidez oxidativa y recristalización del hielo, lo que resultará en escasos cambios durante el almacenamiento (Zhou et al., 2010).

Asimismo, este parámetro influye notoriamente en la vida útil del producto, puesto que, al momento de la compra por parte del consumidor hasta su domicilio, pueden existir fluctuaciones en la temperatura, generando disminución en la vida útil estimada por parte del productor, es por esto por lo que solo puede garantizar temperaturas adecuadas durante la fase de preparación, envasado y transporte al comercio minorista (Kameník, 2013).

Presencia y concentración de gases: El dióxido de carbono (CO_2), junto con el oxígeno (O_2) son utilizados para controlar los microorganismos en los alimentos. El ozono (O_3) es otro gas atmosférico que posee propiedades antimicrobianas, como agente para prolongar la vida útil de ciertos alimentos, sin embargo, al ser un agente oxidante, no se recomienda en alimentos con alto contenido de lípidos, ya que provocaría un aumento en la rancidez (Jay et al., 2005).

Sistema de envasado: la extensión de la vida útil responde a demandas de los consumidores para mejorar la conservación y comercialización de productos cárnicos, manteniendo la higiene y seguridad de los alimentos (Narasimha Rao & Sachindra, 2002). El objetivo principal del envasado es retardar el deterioro microbiano al restringir el desarrollo de organismos que causan el deterioro (Nollet, 2012).

Envasado al vacío: la finalidad principal consiste en eliminar el oxígeno al asegurar que el material de embalaje esté en estrecho contacto con el producto (Embleni, 2013), el cual debe tener una baja permeabilidad a la humedad y gases. Este método de envasado causa la inhibición de los microorganismos responsables de la descomposición, ya que existen bacterias que requieren de oxígeno (aerobias) para su crecimiento. Una falta de este limitará su proliferación, sin embargo, también influirá en la vida útil de la carne, la temperatura de almacenamiento, al igual que el estado microbiológico del alimento al momento del envasado (Narasimha Rao & Sachindra, 2002).

Atmósfera modificada: se basa en la utilización de diferentes gases, siendo los principales el dióxido de carbono (CO_2), oxígeno (O_2) y nitrógeno (N_2) (Tsironi et al., 2019). Estos gases se pueden emplear de manera individual o combinados para mejorar la conservación del producto, puesto que cada uno cumple con distintos propósitos. El oxígeno permite conservar el color rojo de la carne y prevenir el crecimiento de organismos anaerobios, mientras que el nitrógeno retarda el crecimiento de organismos aeróbicos causantes de la descomposición (Narasimha Rao & Sachindra, 2002). Por otro lado, el dióxido de carbono tiene un efecto antimicrobiano, prolongando la vida útil del alimento (Spencer, 2005).

I.3 Parámetros asociados a la disminución de vida útil

Los métodos para evaluar el deterioro de la carne pueden estar relacionados principalmente con la microbiología, la cual se basa en medir las poblaciones bacterianas, a través de un recuento total viable, específico y/o recuento de

levaduras (Erkmen & Bozoglu, 2016). El color que, si bien existe una modificación química de la mioglobina sin la participación de microorganismos de descomposición, al estar presentes estos degradan la mioglobina causando un color verdoso/grisáceo al combinarse con sulfuro de hidrógeno de origen microbiano o al descomponerse y originar pigmentos biliares de tonalidades amarilla o verde, mediante la acción del peróxido de hidrógeno microbiano (Jay et al., 2005). Otro parámetro asociado es el olor, causado por el deterioro microbiano de la carne, provocando malos olores debido a la generación de productos volátiles finales dado por el metabolismo bacteriano, asimismo ciertas bacterias específicas generan olores característicos como es el azufre u olor a queso (Casaburi et al., 2015), así como la degradación de proteínas y otros compuestos nitrogenados, provocando la acumulación de aminas orgánicas comúnmente conocidas como nitrógeno básico volátil total (TVB-N), el cual es tóxico y provoca cambios tanto en color como sabor, afectando la aceptabilidad de los productos cárnicos. Además el TVB-N aumenta su concentración a medida que pasa el tiempo teniendo relación con los biomarcadores de deterioro (Bekhit et al., 2021).

I.4 Pérdida de alimentos

Pérdidas asociadas a la carne en países en desarrollo ocurren en etapas de producción, manejo y almacenamiento, como es el caso de América Latina, donde estas alcanzan casi un 50% (Eguillor-Recabarren, 2019). Se estima que un tercio de los alimentos producidos para el consumo humano se desperdicia a lo largo de toda la cadena alimenticia, lo que equivale a 1.300 millones de toneladas por año (FAO, s.f). En Chile no es muy distinto, donde casi el 95% de las personas piensan que botar comida acumulada en el refrigerador es una práctica normal, el 36,7% de los encuestados señalan que lo que más lamenta botar es la carne (Castro, 2011). La vida útil del alimento se puede definir como el periodo en el que éste permanece inocuo, manteniendo sus características fisicoquímicas, microbiológicas y funcionales adecuadas. Por lo que en el momento que algunos de estos parámetros se consideren inaceptables, el producto llega al final de su vida útil (Kilcast & Subramaniam, 2000). En este sentido, y debido a la gran variedad de nutrientes que

presenta la carne, la convierten en el entorno ideal para el crecimiento y propagación de microorganismos, los cuales deterioran la carne (Zhou et al., 2010). Debido a lo anterior, es de interés realizar un estudio que permita determinar la vida útil de la carne de conejo en condiciones de refrigeración, ya que además de ser subjetivo, puede estar influenciado por causas económicas o culturales (Nychas et al., 2008).

Hipótesis

La técnica de conservación de envasado al vacío y refrigeración mantiene las propiedades de la carne de conejo, producida y faenada en la región de Ñuble, Chile.

Objetivo general

Analizar las características fisicoquímicas, microbiológicas y vida útil de la carne de conejo cruda refrigerada y envasada al vacío, producida y faenada en la región de Ñuble, Chile.

Objetivo específicos

1. Caracterizar e identificar posibles indicadores de deterioro en la carne de conejo cruda refrigerada y envasada al vacío.
2. Relacionar el pH con los parámetros microbiológicos de la carne de conejo cruda refrigerada envasada al vacío.
3. Establecer la vida útil de la carne de conejo cruda refrigerada envasada al vacío.

II. METODOLOGÍA

1. Obtención y almacenamiento de muestras

Se utilizaron conejos de raza mixta, específicamente de las variedades gigante de flandes, californiano y neozelandés, con un rango de peso vivo aproximado de 2 a 2,5 Kg al momento de la faena. No se hizo distinción de sexo en la selección de los animales, así como uniformidad en la dieta suministrada, los cuales fueron adquiridos a través de un productor local desde crianza familiar de traspasío de la Región de Ñuble. Estos fueron faenados en un matadero autorizado para dicha especie, de acuerdo con las regulaciones vigentes en Chile, en la región antes mencionada.

El total de las muestras obtenidas correspondió al mismo lote de animales, faenados el mismo día, las cuales fueron transportadas desde la planta faenadora, en cajas plásticas hacia la planta de desposte, ubicada en el centro de Chillán, veinticuatro horas post faena, durante este período, las muestras se mantuvieron bajo refrigeración a 2°C. Cada canal fue dividida en seis partes y rotuladas con números correlativos del 1 al 28, diferenciándolas con las letras A, B, C, D, E y F correspondiente a la parte anterior (A y B), media (C y D) y posterior de la carcasa (E y F), según se muestra en la Figura 1, fueron envasadas al vacío, y posteriormente refrigeradas a 5 °C en el Laboratorio de Propiedades Físicas de Biomateriales, perteneciente a la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad de Concepción, campus Chillán.

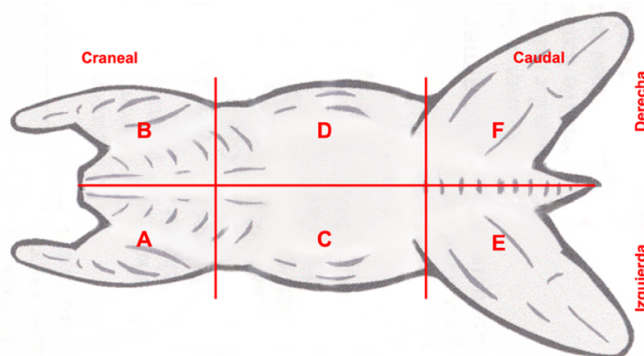


Figura 1. Esquema de una canal de conejo vista desde ventral, segmentada de acuerdo a las regiones a utilizar en el presente estudio (Rodríguez, 2002).

2. Análisis de las muestras

Se evaluó color, pH y a_w en el Laboratorio de Propiedades Físicas de Biomateriales de la Facultad de Ingeniería Agrícola, de la Universidad de Concepción, campus Chillán, mientras que el análisis microbiológico se realizó en Laboratorio de Inocuidad de Alimentos, perteneciente a la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción, campus Chillán, donde la secuencia de mediciones correspondió a los días 0 (t0), 1 (t1), 10 (t2) y 20 (t3) posterior a la faena dependiendo el parámetro a evaluar.

2.1. Análisis microbiológico

Se evaluó la presencia de los microorganismos mediante recuento, de acuerdo a los criterios establecidos en el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile, para el título V, grupo alimenticio 10.1 Carne cruda: recuento de aerobios mesófilos y *Salmonella* spp., teniendo como límite m 10^6 UFC/g y ausencia, respectivamente como rango microbiológico (Tabla 3), para lo cual el alimento no representa un riesgo para la salud (RSA, 2023)

Tabla 3. Parámetros microbiológicos a determinar para carne cruda, de acuerdo a la tabla 10.1, extraída desde el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA, 2023).

Parámetro	Plan de muestreo				Límite por gramo	
	Categoría	Clases	n	C	m	M
Rcto. Aerobios Mesóf.	1	3	5	3	10^6	10^7
Salmonella en 25 g	10	2	5	1	p(*)	

(*)p= presencia

Los procedimientos se realizaron de acuerdo con las directrices establecidas en la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) en su manual Bacteriological Analytical Manual (BAM), tanto para *Salmonella* como conteo de placas aeróbicas (Maturin y Peeler, 2021; Andrews et al., 2023), a los días 1 (t1), 10 (t2) y 20 (t3). Considerando que para *Salmonella* spp., en este estudio se consideró el número muestral (n) igual a 1, y no 5 como se establece en la tabla 10.1 para carnes crudas

del RSA; de igual forma el análisis de detección de *Salmonella* spp. se pesaron 50 g de muestra.

Para el recuento de aerobios mesófilos en bolsas estériles se agregaron 90 mL de buffer Butterfield más 10 g de carne de conejo cruda, para posteriormente ser homogeneizado en el Stomacher® durante 60 segundos, siendo esta la dilución 10^{-1} . Luego se tomaron con la micropipeta 1 mL de esta dilución agregándolo a 9 mL de mismo buffer, mezclando en el vortex, considerándose esta la dilución 10^{-2} , se repitió este proceso de diluciones seriadas, hasta obtener las diluciones 10^{-4} y 10^{-5} . Obtenidas las diluciones, un inóculo de 1 mL de las dos diluciones consecutivas se depositaron en placas Petri, separadas y por duplicado. El agar fundido a 48 °C fue agregado sobre los inóculos dispuestos en cada placa. Inmediatamente se homogenizaron moviéndolas de derecha a izquierda y arriba abajo y en diagonal (5 veces en cada dirección) de forma suave. Una vez solidificado el agar, las placas fueron cultivadas a 37 °C por 48 horas.

Para el conteo de aerobios mesófilos se calculó de la siguiente forma:

$$N = \frac{\sum c}{(1 * n_1) + (0,1 * n_2) * (d)}$$

donde

N = Número de colonias por ml o g de producto

$\sum c$ = Suma de todas las colonias en todas las placas contadas

n_1 = Número de placas en la primera dilución contadas

n_2 = Número de placas en la segunda dilución contadas

d = Dilución a partir de la cual se obtuvieron los primeros conteos

En el caso de los análisis de detección de *Salmonella* spp. se pesaron 50 g de muestra más 450 mL de agua de peptona tamponada para ser homogeneizado en el Stomacher® por 60 segundos. La mezcla se incubó a 37 °C por 24 horas. Al siguiente día se tomó con micropipeta 0,1 mL de la disolución en 10 mL de caldo Rappaport Vassiliadis para incubarlo a 42 °C durante 24 horas. Paralelamente se

tomó 1 mL de la disolución en 10 mL de caldo tetracionato incubándolo a 37 °C por 24 horas. Posteriormente, se tomó con una asa bacteriológica desechable de 10 µL tanto del caldo Rappaport Vassiliadis como de caldo tetracionato para ser estriado en agar xilosa lisina desoxicolato (XLD) y su posterior incubación de las placas a 35°C por 24 horas.

2.2. Evaluación de pH

Para su evaluación se utilizó un pHmetro con electrodo de punción, marca HANNA INSTRUMENTS®, además de realizar una estandarización del pHmetro mediante métodos de dos puntos con tampones estándar de pH 4,0 y 7,0 (Allen et al., 1997), en cada una de las canales de conejo a los 20 minutos posterior a la faena (t0) y 24 horas durante el desposte de la canal (t1), correspondiente día 1, así como los días 10 (t2) y 20 (t3) para cuantificar la evolución del pH de la carne cruda refrigerada envasada al vacío (Larenas, 2016).

2.3. Evaluación de color

Se utilizaron los cortes envasados al vacío, con un colorímetro marca Konica Minolta®, el cual mide las coordenadas de color del espacio CIELab, donde, L* indica luminosidad y va desde 0 (negro) a 100 (blanco), a* mide la intensidad de rojo, desde +a (rojo) a -a (verde), y b* mide la intensidad del amarillo, desde +b (amarillo) a -b (azul) (Larenas, 2016) a las 24 horas posterior a la faena durante el desposte de la canal (t1) correspondiente al día 1, 10 (t2) y 20 (t3).

2.4. Evaluación de aw

Se utilizó un medidor de actividad de agua marca Novasina® modelo aw swift a temperatura constante (20°C), para las muestras al día 1 (t1), es decir 24 horas posterior a la faena, por un período de 6 minutos para cada muestra impares, las cuales fueron cortadas manualmente en pequeños trozos hasta llenar la cápsula en sus 2/3.

3. Análisis estadístico

Se realizó estadística descriptiva de las variables continuas para ver el estado de dispersión y tendencia central de los datos. Con esto se decidió si se sigue estadística paramétrica o no paramétrica para análisis de medidas repetidas a través de una prueba de Friedman o ANDEVA, para evaluar la influencia del tiempo sobre el pH, color y recuento de microorganismos con un nivel de confianza de 95%. El tamaño muestral mínimo se calculó en base a la estimación de la variación en el pH de la carne de conejo (con datos experimentales previos), con una desviación estándar de 0,13 nivel de confianza del 95 % y un margen de error 0,05 (De Blas, 2006).

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis Microbiológico

Para el recuento de aerobios mesófilos (UFC/g), se utiliza un plan de muestreo de tres clases, el cual clasifica la aceptabilidad en tres niveles de calidad: "aceptable", cuando los valores se encuentran entre 0 y m; "medianamente aceptable", para valores entre m y M; y "rechazable", cuando los valores superan M (RSA, 2023). En el caso de *Salmonella* spp., se aplica un plan de muestreo de dos clases, basado en atributos, el cual divide los resultados en dos grados de calidad: "aceptable" o "rechazable", dependiendo de si se detecta la presencia o no del microorganismo, o si la tasa microbiológica supera o no un nivel crítico establecido (c) (RSA, 2023). Con respecto al recuento de aerobios mesófilos de las muestras analizadas (Tabla 4), para el día 0 (t1) todas las muestras son aceptables, ya que sus valores son inferiores a 10^6 UFC/g (m), pero destacan las muestras 13 ($8,4 \times 10^4$), y 21 ($2,6 \times 10^4$) que son las que presentaron los valores más altos al inicio. En el día 10 (t2) las muestras 9, 11, 17, 18, 19 y 20 no poseen un valor numérico ya que el recuento fue demasiado alto para ser cuantificado, clasificándose como Muy Numerosas Para Contar (MNPC), por lo tanto, se rechazan, mientras que el resto de muestras se aceptan. Por último, en el día 20 (t3) las muestras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 son muy numerosas para contar (MNPC), por lo que se rechazan. Sin embargo, las muestras 9 a la 27, son medianamente aceptables, dentro de este grupo las muestras que disminuyeron su valor en comparación con el día 10 (t2), fueron la muestras 9 ($5,3 \times 10^6$), 11 ($5,9 \times 10^6$), 17 ($7,0 \times 10^6$), 18 ($8,0 \times 10^6$), 19 ($5,7 \times 10^6$) y 20 ($7,9 \times 10^6$).

En el caso de *Salmonella* spp., se realizó el recuento en todas las muestras, en las cuales no se evidenció la presencia de esta bacteria en ninguna de las 27 muestras analizadas, cumpliendo con el requisito de ausencia de este patógeno en carne cruda, según el Reglamento Sanitario de los Alimentos (RSA).

Tabla 4. Resultados del análisis microbiológico de muestras de carne de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío, producida y faenada en la región de Ñuble, evaluadas para el recuento de aerobios mesófilos (UFC/g) y la detección de *Salmonella spp.* en 50 g.

Muestra	Día 0		Día 10		Día 20	
	RAM UFC/g	Salmonella 50g	RAM UFC/g	Salmonella 50g	RAM UFC/g	Salmonella 50g
1	9,0 x 10 ³	Ausencia	1,3 x 10 ⁵	Ausencia	MNPC	Ausencia
2	5,2 x 10 ³	Ausencia	1,4 x 10 ⁴	Ausencia	MNPC	Ausencia
3	9,2 x 10 ³	Ausencia	1,7 x 10 ⁵	Ausencia	MNPC	Ausencia
4	5,3 x 10 ³	Ausencia	9,9 x 10 ⁴	Ausencia	MNPC	Ausencia
5	1,0 x 10 ⁴	Ausencia	1,6 x 10 ⁵	Ausencia	MNPC	Ausencia
6	6,6 x 10 ³	Ausencia	1,3 x 10 ⁵	Ausencia	MNPC	Ausencia
7	1,0 x 10 ⁴	Ausencia	1,3 x 10 ⁵	Ausencia	MNPC	Ausencia
8	3,3 x 10 ³	Ausencia	7,8 x 10 ⁴	Ausencia	MNPC	Ausencia
9	9,0 x 10 ³	Ausencia	MNPC	Ausencia	5,3 x 10 ⁶	Ausencia
10	4,7 x 10 ³	Ausencia	5,4 x 10 ⁵	Ausencia	5,4 x 10 ⁶	Ausencia
11	1,4 x 10 ³	Ausencia	MNPC	Ausencia	5,9 x 10 ⁶	Ausencia
12	4,2 x 10 ³	Ausencia	5,8 x 10 ⁵	Ausencia	6,4 x 10 ⁶	Ausencia
13	8,4 x 10 ⁴	Ausencia	1,0 x 10 ⁵	Ausencia	7,8 x 10 ⁶	Ausencia
14	3,7 x 10 ³	Ausencia	5,1 x 10 ⁵	Ausencia	8,8 x 10 ⁶	Ausencia
15	1,2 x 10 ⁴	Ausencia	2,4 x 10 ⁵	Ausencia	7,1 x 10 ⁶	Ausencia
16	6,1 x 10 ³	Ausencia	2,7 x 10 ⁵	Ausencia	9,7 x 10 ⁶	Ausencia
17	3,3 x 10 ³	Ausencia	MNPC	Ausencia	7,0 x 10 ⁶	Ausencia
18	8,3 x 10 ³	Ausencia	MNPC	Ausencia	8,0 x 10 ⁶	Ausencia
19	9,1 x 10 ³	Ausencia	MNPC	Ausencia	5,7 x 10 ⁶	Ausencia
20	2,9 x 10 ³	Ausencia	MNPC	Ausencia	7,9 x 10 ⁶	Ausencia
21	2,6 x 10 ⁴	Ausencia	9,9 x 10 ⁵	Ausencia	6,4 x 10 ⁶	Ausencia
22	6,7 x 10 ³	Ausencia	7,4 x 10 ⁵	Ausencia	7,3 x 10 ⁶	Ausencia
23	8,5 x 10 ³	Ausencia	8,6 x 10 ⁵	Ausencia	6,1 x 10 ⁶	Ausencia
24	3,7 x 10 ³	Ausencia	7,5 x 10 ⁵	Ausencia	8,6 x 10 ⁶	Ausencia
25	3,5 x 10 ³	Ausencia	8,7x10 ⁵	Ausencia	6,2 x 10 ⁶	Ausencia
26	3,2 x 10 ³	Ausencia	8,5 x 10 ⁵	Ausencia	7,8 x 10 ⁶	Ausencia
27	1,3 x 10 ⁴	Ausencia	9,3 x 10 ⁵	Ausencia	8,6 x 10 ⁶	Ausencia

El recuento de aerobios mesófilos (RAM) en carne cruda se encuentra en la categoría 1, el cual tiene como objetivo principal definir la vida útil, así como también detectar posibles alteraciones del producto (RSA, 2023).

Se utiliza como indicador las condiciones generales de saneamiento, así como la posible presencia de patógenos en los alimentos (Ray, 2003; Mendonca et al., 2020). El cual puede proporcionar información crucial sobre las condiciones relacionadas con la producción, el procesamiento y la distribución de los alimentos (Erkman, 2022). De igual forma se debe considerar que el recuento de aerobios mesófilos es un estimado, (Ray, 2003) que pueden crecer en condiciones ambientales favorables, a una temperatura que va desde los 30 a 45°C (Kameník, 2013). Sin embargo, no es capaz de distinguir entre géneros o especies bacterianas, por lo que, un recuento bajo no asegura que el producto o ingrediente no está contaminada con patógenos, sin embargo, un recuento anormalmente alto puede representar un riesgo de salud pública (Mendonca et al., 2020).

El aumento en los valores de recuento de aerobios mesófilos puede deberse a la contaminación en etapas críticas como ser la manipulación, el desollado y/o evisceración, así como etapas posteriores como pueden ser refrigeración, desposte, empaquetado (Hong et al., 2008).

Por otro lado, la curva de crecimiento bacteriano depende de factores nutricionales y ambientales, puesto que, cada bacteria requiere distintas fuentes de energía. Por ejemplo, los alimentos ricos en azúcares simples y/o aminoácidos libres en alta concentración, permiten el crecimiento de casi todos los microorganismos, mientras que aquellos ricos en proteínas, se observa un crecimiento predominante de bacterias proteolíticas, tanto bacilos Gram negativos como bacterias formadoras de esporas. Asimismo, alimentos altos en carbohidratos son un entorno propicio para microorganismos fermentadores, como levaduras, mohos, y bacterias sacarolíticas. Por su parte, alimentos con un alto contenido graso favorece el crecimiento de bacterias lipolíticas, capaces de degradar grasas y lípidos presentes en este (Chavasit et al., 2018).

Con respecto a la curva de crecimiento bacteriano se pueden distinguir cuatro fases, las cuales representan un periodo específico de crecimiento, muy diferente entre

ellas (Maier y Pepper, 2014). Estas incluyen la fase de latencia (lag phase), la fase exponencial o logarítmica (log phase), la fase estacionaria (stationary phase) y la fase de declive o muerte (death phase) (Maier y Pepper, 2015; Chavasit et al., 2018; Doyle et al., 2019).

Fase de latencia, es la etapa inicial del crecimiento bacteriano, donde la bacteria requiere un tiempo de adaptación (Adams & Moss, 2008), durante la cual la tasa de crecimiento es cero (Maier y Pepper, 2015; Doyle et al., 2019). Este periodo es comparable a la contaminación inicial de un patógeno a un alimento (Chavasit et al., 2018). Durante esta fase las células bacterianas no se dividen, pero su metabolismo y tamaño celular aumentan (Masoodi, et al., 2020). Asimismo, esta fase puede durar de minutos a varias horas (Maier y Pepper, 2015). Pero si el medio y las condiciones de crecimiento son óptimos, las bacterias necesitarán menos tiempo para adaptarse y, por lo tanto, el período de la fase de latencia puede ser más corto. Por el contrario, esta se puede prolongar cuando estos factores no son adecuados. No obstante, el período de la fase de latencia puede ser más largo en alimentos que se almacenan bajo condiciones que inhiben el crecimiento, como la congelación (Chavasit et al., 2018).

Fase exponencial o logarítmica, es un período crítico de crecimiento bacteriano donde las células se dividen rápidamente bajo condiciones óptimas, en esta fase el metabolismo celular aumenta significativamente (Adams & Moss, 2008), permitiendo la replicación del ADN mediante fisión binaria (Masoodi et al., 2020). Donde cada célula se divide en 2, luego en 4, 8, 16, 32, y así sucesivamente, siguiendo una progresión geométrica (Masoodi et al., 2020), a un “tasa constante” es decir, que el tiempo requerido para cada replicación es el mismo, por ejemplo el tiempo necesario para aumentar el número de células de 4 a 8 será el mismo para pasar de 8 a 16 (Chavasit et al., 2018). Asimismo diferentes tipos de microorganismo, tienen distinto tiempo de generación, por ejemplo *Escherichia coli* tiene un tiempo de generación de 20 minutos, mientras que *Staphylococcus aureus* requiere 30 minutos (Masoodi et al., 2020), siendo una etapa de mayor riesgo de

enfermedades transmitidas por alimentos (ETAs), puesto que durante esta etapa los microorganismos patógenos pueden aumentar rápidamente su número hasta alcanzar dosis infecciosas (Chavasit et al., 2018).

Fase estacionaria, es la que marca un equilibrio en el crecimiento bacteriano, puesto que, el número de células que se dividen es igual al número de células que mueren, resultando en un crecimiento neto nulo (Chavasit et al., 2018). Esto es debido al agotamiento de nutrientes y la acumulación de metabolitos tóxicos que van a alterar las condiciones del medio, como el pH o temperatura (Masodi et al., 2020; Chavasit et al., 2018; Doyle et al., 2019). Sin embargo, aun cuando los nutrientes son limitados, las bacterias utilizan el metabolismo endógeno, reutilizando componentes de células lisadas, lo que permite un pequeño crecimiento. Sin embargo, este crecimiento es desequilibrado, ya que es más fácil para las células sintetizar algunos componentes que otros; y a medida que los recursos se agotan, las células se vuelven más pequeñas y redondeadas, marcando el inicio de la fase de la muerte (Maier y Pepper, 2015).

Fase de declive o muerte, es la fase final de la curva de crecimiento bacteriana, donde el medio nutritivo se agota y la acumulación de productos metabólicos y desechos tóxicos continúa aumentando, creando un entorno desfavorable, que impide la reproducción celular, lo que lleva al inicio de la mortalidad bacteriana (Chavasit et al., 2018; Masoodi et al., 2020). En esta etapa, la tasa de mortalidad celular, supera a la tasa de división, provocando un descenso en la población bacteriana (Chavasit et al., 2018), donde, al igual que la fase logarítmica, la muerte es exponencial, pero suele ser más lenta que la tasa de crecimiento (Maier y Pepper, 2015). Asimismo, dependerá del medio para medir el crecimiento celular, ya que esta fase se caracteriza por una pérdida neta de células cultivables (Maier y Pepper, 2015), ya que si el crecimiento se mide mediante densidad óptica en lugar de recuento en placa (Figura 2) el inicio de la fase de muerte no es claramente visible.

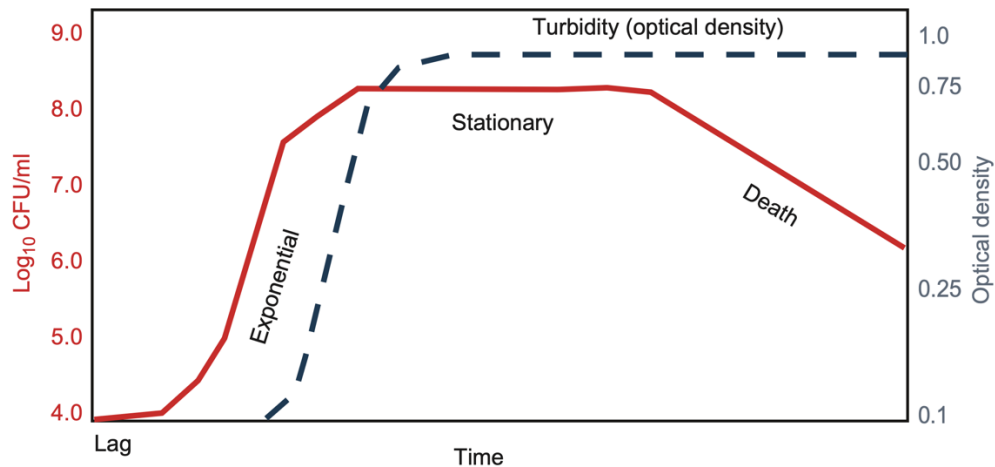


Figura 2. Curva de crecimiento típica para una población bacteriana. Comparando la diferencia en la forma de las curvas en la fase de muerte o declive (unidades formadoras de colonias (UFC/ml) frente a densidad óptica) (Maier & Pepper, 2015).

pH

El pH es utilizado para determinar la vida útil, así como la calidad de las canales (Korkeala et al., 1986). En animales vivos el tejido muscular tiene un pH neutro, que está alrededor de los 6,8 a 7,2 en condiciones de reposo antes de la faena. *Post mortem* estos valores disminuyen a 5,6 – 5,7 entre 6 a 8 horas después de la faena, alcanzando un pH final o último (pHu) a las 24 horas cuando ya se ha detenido la glucólisis (Andújar et al., 2003) de 5,3 a 5,7, considerado un rango óptimo para obtener características deseables en la carne. Este descenso en el pH se utiliza como indicador de resistencia al deterioro (Lawrie & Ledward, 2014), sin embargo, estos valores pueden variar dependiente del músculo y la especie de animal a faenar (Andújar et al., 2003).

Fluctuaciones en los valores normales de pHu pueden ocasionar defectos en la calidad de la carne (Lesiów & Kijowski, 2003; Adzitey & Nurul, 2011). De esta situación derivan conceptos como lo son PSE (pálido, suave y exudativo) y DFD (oscuro, firme y seco) o conocido como DCB (dark cutting beef) en bovinos. En relación a PSE es provocado por un estrés *ante mortem* causado por factores

como peleas entre los animales, hacinamiento en los corrales y/o uso de picana eléctrica. Este estrés genera un descenso acelerado del pH (<6,0) durante los primeros 45 minutos posteriores a la faena, cuando la temperatura de la canal aún es elevada, por lo que la combinación de pH bajo (pHu 5,3) y alta temperatura genera una desnaturalización de proteínas, lo que reduce la capacidad de retención de agua (CRA), alterando su textura y le otorga un olor agrio (Adzitey & Nurul, 2011; Poznyakovskiy et al., 2015).

Por el contrario, carnes DFD o DCB son el resultado de un estrés crónico, como ayunos prolongados, traslados de largas distancias o hacinamiento de los animales por periodos extensos. Estas condiciones generan un agotamiento de las reservas de glucógeno, lo que provoca que el pH se mantenga elevado (superior a 6,0) entre las 12 y 48 horas *post mortem* (Adzitey & Nurul, 2011). Lo anterior afecta negativamente la percepción del consumidor, generando un rechazo, puesto que la considera de menor calidad, debido a su aspecto oscuro y seco (Poznyakovskiy et al., 2015).

En conejos, el pH desciende rápidamente posterior a la faena, y los valores varían según el músculo donde se lleve a cabo la medición. Por ejemplo, el *Biceps femoris* presenta un pH inferior al del *Longissimus dorsi* durante los primeros 15 a 20 minutos *post mortem*; sin embargo, a las 24 horas, el pH del *Biceps femoris* es superior, estas diferencias se deben a los distintos metabolismos de cada músculo (Blasco & Piles, 1990; Hulot & Ouhayoun, 1999).

En este estudio, los valores de pH registrados revelan que (Figura 3) para el día 0, el pH más alto fue 7,50 (muestra 6) y el más bajo 6,33 (muestra 9). En el día 1, los valores oscilaron entre 6,11 (muestra 18) y 5,52 (muestra 27). Para el día 10, el pH alcanzó un máximo de 6,45 (muestra 19) y un mínimo de 5,65 (muestra 10). Finalmente, en el día 20, se observó un pH máximo de 6,46 (muestra 19) y un mínimo de 5,81 (muestra 7).

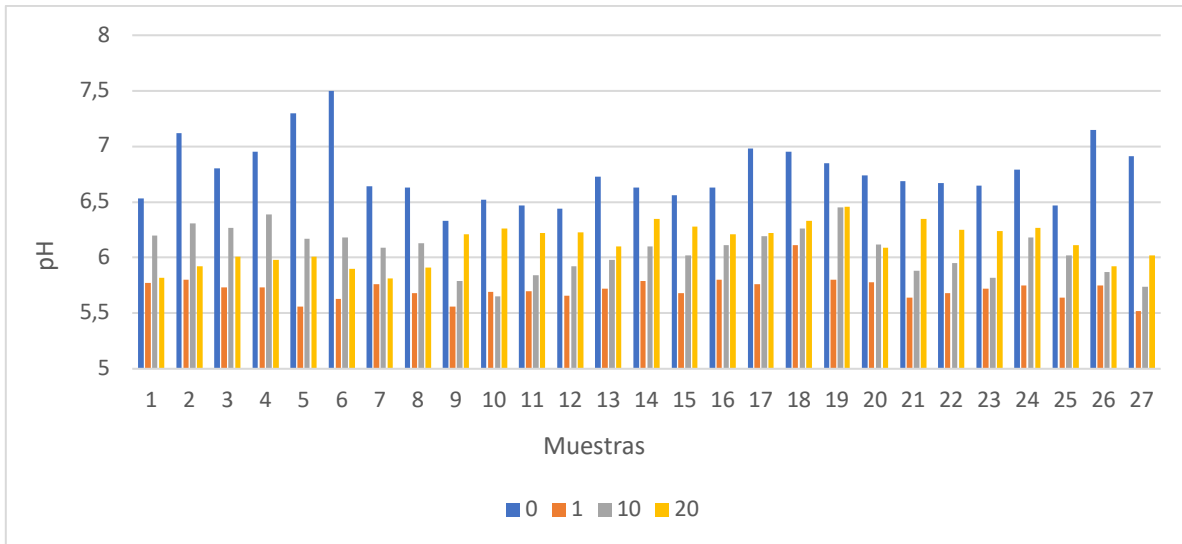


Figura 3. Valores de pH de las 27 canales de conejo, faenados en la región de Ñuble obtenidos inmediatamente post faena, al desposte (24 horas posterior a la faena), día 10 y 20.

Por otro lado, los valores promedios de pH de las veintisiete canales (Figura 4), donde el pH inicial de 6,76 (día 0) es relativamente alto, lo cual es típico poco después de la faena, para posteriormente descender significativamente a 5,72 al día 1, este descenso es común y esperado, ya que el glucógeno en los músculos se convierte en ácido láctico *post mortem* (Young et al., 2004). Sin embargo, al día 10 el pH ha vuelto a subir a 6,06, igual que al día 20 donde el pH continúa aumentando ligeramente a 6,13. Un estudio realizado por Cao et al. (2023) observó que el pH de la carne de bovino almacenado a bajas temperaturas, los valores de pH de las muestras tendieron a aumentar en el tiempo, esto debido al proceso de descomposición de proteínas causado por microorganismos y enzimas durante el almacenamiento, así como a la generación de sustancias alcalinas por compuestos nitrogenados. Por lo que el almacenamiento de carne a temperaturas más bajas puede afectar la actividad de microorganismos y enzimas endógenas, reduciendo la tasa de descomposición de proteínas y compuestos nitrogenados, resultando en un aumento más lento del pH.

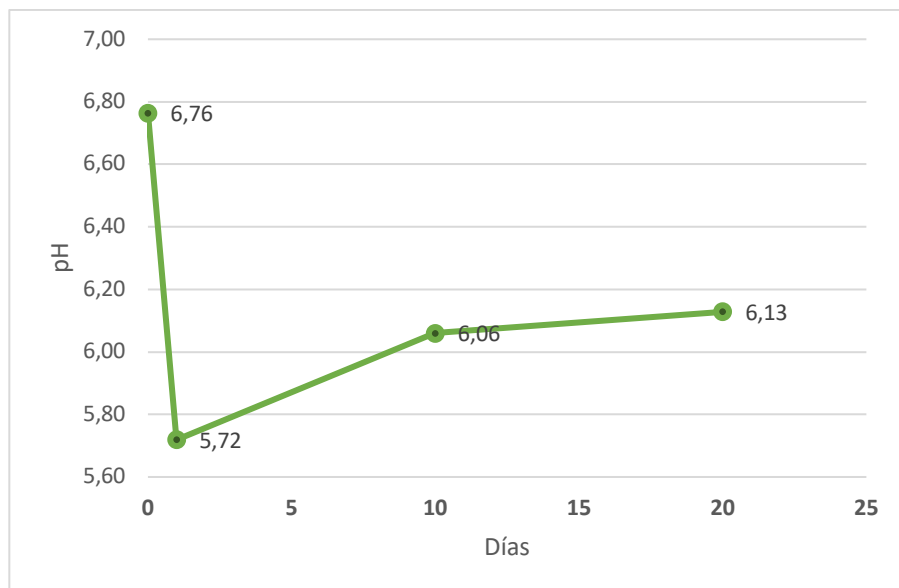


Figura 4. Promedios del pH de las 27 canales de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío; producida y faenada en la región de Ñuble, obtenidos al momento de la faena, desposte, día 10 y 20.

Asimismo, se observó una correlación significativa entre el pH y el recuento de aerobios mesófilos (RAM) ($R^2 = 0,38$; $p < 0,0001$), lo que sugiere una relación directa entre ambas variables. Donde, a medida que transcurrían los días de almacenamiento, los valores de pH tendieron a elevarse, así como también el RAM; propio del proceso de deterioro de la carne de conejo cruda. Por lo que, sugiere que el pH podría ser un indicador útil del deterioro microbiológico.

Con respecto a los datos se observó que al día 1(t1) presentan valores bajos de RAM y pH, mientras que en el día 10 (t2) es más disperso, sin embargo de igual forma se logra apreciar un incremento intermedio. Finalmente hacia el día 20 (t3), la mayoría de las muestras se ubican cercanas o por sobre el límite microbiológico establecido (10^7) en el RSA (Tabla 3), representado por la línea roja, como se ve en la Figura 5.

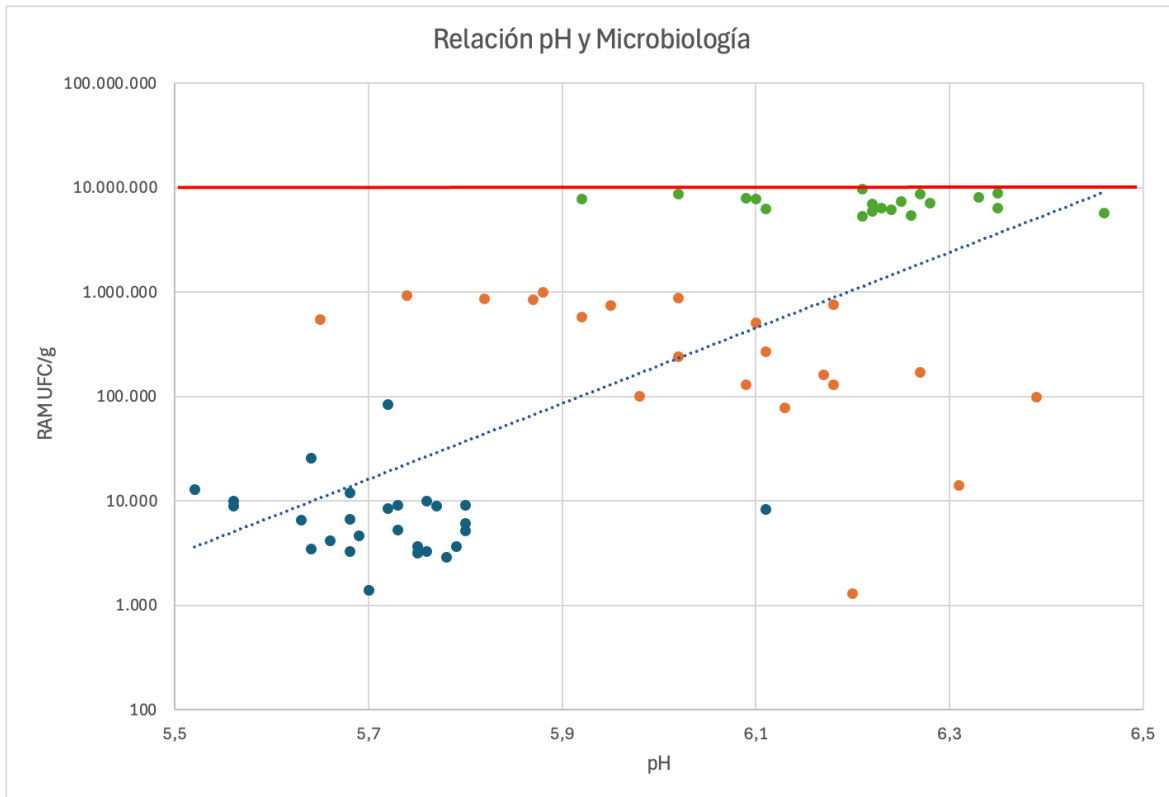


Figura 5. Relación entre el pH y el recuento de aerobios mesófilos (RAM) en canales de conejo cruda, al vacío producida y faenada en la región de Ñuble durante el almacenamiento (azul: día 1; naranja: día 10; verde: día 20).

Color

En el caso del color, los promedios de las canales (Tabla 5) se observó que los valores de L^* permanecen relativamente constantes a lo largo del tiempo, con ligeras variaciones, lo que sugiere que la luminosidad de la carne no se ve significativamente afectada durante los 20 días de almacenamiento, mientras que para a^* hay una ligera disminución Día 0 (6,73) al Día 10 (5,85) siendo su valor de 5,96 para el Día 20. Los valores de b^* son negativos en todos los días, por lo que existe una tendencia hacia tonos azules en lugar de amarillos.

Tabla 5. Valores promedios de color L*, a* y b* de las veintisiete canales de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío; producida y faenada en la región de Ñuble en los días 0, 10 y 20.

	Día 0			Día 10			Día 20		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
Promedio	53,49	6,73	-0,60	54,21	5,85	-0,66	53,68	5,96	-0,25
DE	2,24	1,47	1,08	2,16	1,18	0,81	2,23	1,45	1,02

DE: Desviación Estandar

Donde al comprar su Delta E (ΔE) permite observar cómo ha cambiado el color a lo largo del tiempo (Tabla 6). Entre los días 0 y 10 existe una ligera diferencia de color, siendo apenas perceptible, a menos que sea un observador entrenado (Mokrzycki & Tatol, 2011), mientras que entre el día 0 y 20 es aún menor, encontrándose por debajo del umbral de perceptibilidad humana ($\Delta E \leq 1,0$), por lo que los cambios son poco notables. Finalmente, entre los días 10 y 20 la diferencia de color es prácticamente imperceptible para el ojo humano (Minaker et al., 2021).

Tabla 6. Comparación de color (ΔE) en carne de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío, producida y faenada en la región de Ñuble a los días 0, 10 y 20.

Muestras	ΔE
Días 0 - 10	1,14
Días 0 - 20	0,87
Día 10 - 20	0,68

Si bien hay algunos cambios en los parámetros de color durante el almacenamiento, especialmente en la intensidad del rojo, la carne de conejo mantiene una apariencia relativamente constante a lo largo del tiempo, con algunas variaciones que podrían no afectar la percepción del color por parte del consumidor (Mokrzycki & Tatol, 2011).

La mioglobina es una proteína que contiene hierro y desempeña un papel fundamental en el almacenamiento y la entrega de oxígeno en los tejidos musculares, necesario para la producción de energía aeróbica. Su concentración

está directamente relacionada con el color de la carne, siendo más elevada en las fibras de contracción lenta, conocidas como "músculos rojos", que presentan una mayor concentración de esta proteína. A diferencia de "músculos blancos" (es decir, carne blanca) contienen más fibras de contracción rápida y mucha menos mioglobina (Faustman et al., 2022).

Los factores que pueden alterar el color de la carne se pueden dividir en *ante mortem* y *post mortem*.

Entre los factores *ante mortem* destacan la edad de los animales, debido a que la carne de animales más viejos se ha detectado niveles más altos de hierro y mioglobina, lo que resulta en colores musculares más oscuros, en contraste, los músculos de animales más jóvenes tienen un contenido más bajo de mioglobina (Faustman et al., 2022), lo que podría influir positivamente en la producción de carne más brillante y menos roja (Poveda-Arteaga et al., 2023). Otro factor es el tipo de músculo que desempeña un papel importante, incluso dentro del mismo animal existen diferencias significativas, por ejemplo, la carne blanca del músculo pectoral del pollo contiene poca o ninguna mioglobina, mientras que la carne del muslo, presenta concentraciones notablemente más elevadas de esta proteína (Faustman et al., 2022). Por último, la dieta también puede alterar el color de la carne, donde animales que reciben dietas con mayores concentraciones de hierro, acumulan mayores cantidades de este pigmento proteico en su músculo proteína (Faustman et al., 2022), al igual que el tiempo de ayuno o retiro del alimento antes del beneficio (Poveda-Arteaga et al., 2023).

Por otra parte, los factores *post mortem* que influyen en el color de la carne fresca incluyen la temperatura de almacenamiento, las condiciones de envasado y la oxidación de los lípidos durante el proceso de maduración (Tomasevic et al., 2021).

De igual forma el envase es un factor que puede influir en el color de la carne, donde la exposición al oxígeno es la clave para lograr el color brillante atractivo (Figura 5)

desde desoximioglobina a oximioglobina, pero la exposición excesiva provoca la oxidación, donde oximioglobina pasa a metamioglobina y, generando eventualmente, una percepción menor de frescura y calidad (McMillin, 2017; Tomasevic et al., 2021).

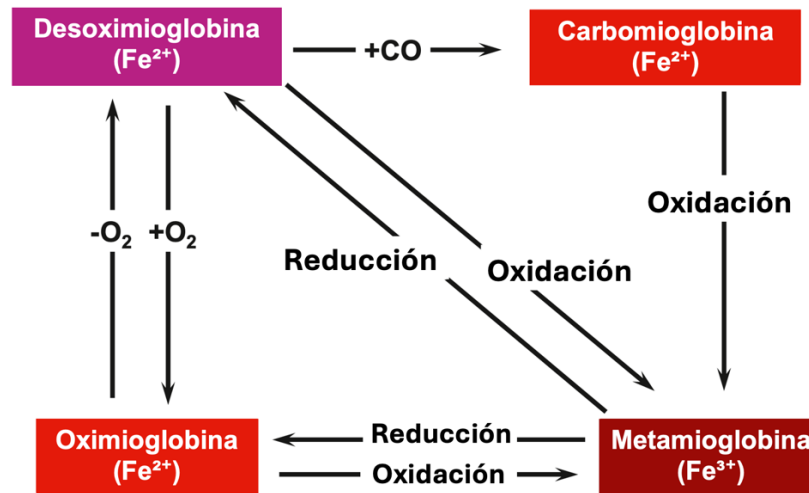


Figura 6. Esquema de interconversiones de las formas redox de la mioglobina en carnes frescas envasadas (Faustman et al., 2022).

La modificación de la composición de gases dentro del envase, desempeña un papel crucial en la preservación del color de la carne, donde monóxido de carbono (CO), puede ayudar a preservar el color durante el almacenamiento (Von Rosen Stahlke et al., 2018), por otro lado, la incorporación de nitrógeno retarda el crecimiento de organismos aeróbicos responsables de la descomposición, mientras que la incorporación de dióxido de carbono inhibe el crecimiento bacteriano, buscando mantener sus características el mayor tiempo posible, sin comprometer su calidad (Cenci-Goga et al., 2020).

Por lo anterior, el color tiene un impacto directo con el consumidor, ya que si bien el color de la carne no es un predictor confiable de la calidad y seguridad de esta, los consumidores tienen expectativas de cómo se debe ver y lo utilizan como un indicador de la inocuidad de la carne, influyendo en su decisión de compra

(Tomasevic et al., 2021), donde asocian un color rojizo-morado con una carne fresca mientras que aquellas que tengan una tonalidad café con la falta de esta misma (Font-I-Furnols y Guerrero, 2014), por lo que la vida útil se va a ver directamente por este parámetro.

A_w

Considerada uno de los parámetros más importantes en la conservación de los alimentos (Barbosa-Cánovas et al., 2020), la actividad de agua (a_w) es un parámetro que permite determinar la estabilidad microbiológica de los alimentos, así como la velocidad de algunas reacciones o cambios químicos en los alimentos, como la oxidación de lípidos, el pardeamiento y la pérdida de vitaminas (Rolfe & Daryaei, 2020), dado que los microorganismos requieren agua libre para desarrollarse (Barbosa-Cánovas et al., 2020). Lo anterior ya que, los microorganismos necesitan cierto nivel de a_w para crecer y/o desarrollarse, con valores mínimos de a_w ; para los principales grupos como bacterias (0,90 – 0,99), mayoría de mohos (0,70 – 0,80), y hongos osmófilos, es decir, aquellos con altas concentraciones de soluto (Ōnishi, 1963) (0,60 – 0,70) (Tapia et al., 2020).

En el caso de la carne fresca tiene una actividad de agua alta (0,97 – 0,99), lo que la hace altamente perecedera, ya que dichos valores de a_w permiten el rápido crecimiento de bacterias, mohos y levaduras, y aceleran las reacciones de deterioro (Ramírez, 2019; Tapia et al., 2020).

La mayoría de las bacterias responsables de la descomposición no se desarrollan por debajo de actividad de agua de 0,91 y pocas logran persistir con valores inferiores a 0,85 (Rolfe & Daryaei, 2020), pero sí es posible el crecimiento de levaduras y hongos (Tapia et al., 2020). Sin embargo, pueden existir ciertos patógenos persistentes en alimentos con baja actividad de agua, como lo son *Clostridium botulinum*, donde su crecimiento se ve inhibido a valores de a_w de 0,94, no obstante, las esporas permanecen viables y constituyen un riesgo, particularmente para lactantes y personas inmunocomprometidas, pudiendo estar presentes en alimentos como miel o fórmula para niños (Beuchat et al., 2012).

Asimismo, *Escherichia coli* productora de Shiga toxina (STEC) puede sobrevivir en harina de trigo con una a_w inferior a 0,5 durante dos años, existiendo la posibilidad de que STEC sobreviva en otros alimentos con baja actividad de agua (Gill et al., 2019).

Tabla 7. Valores de a_w obtenidos de las muestras de carne de conejo crudo, producido y faenado en la Región de Ñuble, donde se evaluaron las muestras numeradas con dígitos impares.

Muestras	a_w
1	1,003
3	1,001
5	1,001
7	0,999
9	0,990
11	0,996
13	0,998
15	1,001
17	1,001
19	0,996
21	0,995
23	0,998
25	0,997
27	0,997

Se observaron valores de a_w en el rango de 0,995 a 1,00. Estos valores son indicativos de un ambiente con suficiente agua libre para permitir el crecimiento de muchos tipos de microorganismos, lo que resalta la importancia de mantener adecuadas condiciones de almacenamiento para prevenir la proliferación microbiana.

Los valores de a_w cercanos a 0,98 podrían ser preocupantes si las condiciones de refrigeración no son óptimas, ya que pueden permitir el crecimiento de bacterias patógenas. En comparación con otros estudios, estos valores de a_w están dentro de los rangos típicos reportados para carne cruda, lo que confirma que los resultados están dentro de lo esperado para este tipo de producto (Tapia et al., 2020).

La elevada a_w observada destaca la necesidad de mantener la cadena de frío y considerar técnicas adicionales de conservación, como el uso de atmósferas modificadas o tratamientos antimicrobianos, para extender la vida útil del producto y asegurar su seguridad microbiológica (Tapia et al., 2020; Nethra et al., 2023).

Por todo lo anterior, basado en los parámetros microbiológicos, bioquímicos y fisicoquímicos, la vida útil de la carne de conejo envasada al vacío y refrigerada puede determinarse hasta 10 días (t_2) bajo las condiciones estudiadas.

En el caso de la microbiología, el aumento significativo en los recuentos de aerobios mesófilos (RAM) se observó el día 10 (t_2), con varias muestras presentando valores "Muy Numerosas Para Contar" (MNPC), indicando un punto crítico de deterioro. Aunque *Salmonella spp.* no fue detectada, asegurando la seguridad microbiológica, el aumento exponencial de bacterias de descomposición subraya las limitaciones de la vida útil más allá de este punto.

Los valores de pH, respalda aún más este deterioro. Inicialmente, el pH disminuye a 5,72 en el día 1 (t_1), debido a la glicólisis *post mortem*; sin embargo, el incremento posterior a valores superiores a 6,0 para el día 10 (t_2) refleja proteólisis y actividad microbiana. Este aumento es significativo, ya que niveles de pH más altos crean un ambiente alcalino, favorable para bacterias de deterioro, como por ejemplo *Pseudomonas spp.*, que son microorganismos de descomposición más comunes (Raposo et al., 2016), encontrados en una gran variedad de ambientes; a su vez son psicrófilos, por lo que pueden desarrollarse a bajas temperaturas (Ercolini et al., 2010) e incluso poder crecer en un ambiente con un pH mínimo de 5,6 (Ray, 2003). Para la actividad de agua (a_w), los valores fueron altos (0,99–1,00), creando un medio ideal para el crecimiento microbiano y actividad enzimática. La elevada a_w de la carne fresca facilita la rápida multiplicación bacteriana, particularmente en condiciones de refrigeración inadecuadas. Incluso desviaciones menores en la temperatura de almacenamiento, pueden exacerbar el crecimiento microbiano y

acelerar su deterioro, destacando la importancia crítica de mantener la cadena de frío, para así poder prolongar la vida útil (Nethra et al., 2023).

Finalmente, en relación al color, la disminución gradual en los valores de rojez (a^*) hacia el día 10 (t_2) indican cambios oxidativos en la mioglobina, donde la oximioglobina se transforma progresivamente en metamioglobina, siendo este cambio, un indicador del deterioro de la carne fresca y presentándose como una decoloración marrón, lo que impacta directamente en la calidad visual del producto, puesto que, pequeñas diferencias en el color, que se desvíen del ideal definido por el consumidor, pueden provocar pérdidas significativas en el valor comercial o el descarte prematuro de una fuente de nutrientes valiosa y segura, lo que contribuye al desperdicio de alimentos (Faustman et al., 2022).

Por lo tanto, es importante contar con un plan de control para garantizar la inocuidad alimentaria en todas las etapas de la cadena de producción, donde la capacitación del personal en prácticas de bienestar animal, implementación de monitoreo en tiempo real y una comunicación eficiente entre los responsables de la cadena de suministro son esenciales para garantizar una vida útil sostenible y de calidad para la carne fresca (Nethra et al., 2023).

IV. CONCLUSIONES

1. Los indicadores de deterioro en la carne de conejo cruda, refrigerada y envasada al vacío fueron microbiológicamente, el aumento de los recuentos de aerobios mesófilos, en el día 10 (t₂), con muestras MNPC. De pH un aumento a valores superiores a 6,0, lo que refleja proteólisis y actividad microbiana. En color con una ligera disminución en los valores de rojez (a*) sugiere oxidación de la mioglobina, un indicador de la pérdida de frescura en carne cruda.
2. Existe una correlación directa entre los valores de pH y los parámetros microbiológicos, donde valores bajos de pH se asociaron con recuentos microbiológicos igualmente bajos. Posteriormente, el incremento del pH propició un ambiente favorable para el crecimiento microbiano, acelerando el deterioro del producto.
3. La vida útil de la carne de conejo cruda refrigerada envasa al vacío, producida y faenada en la Región de Ñuble según los resultados de este estudio se establece al día 10 (t₂).

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adams, M. R., & Moss, M. O. (2008). *Food Microbiology* (3rd ed.). Royal Society of Chemistry. https://books.google.cl/books?id=FnEoDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
2. Adzitey, F., & Nurul, H. (2011). Pale soft exudative (PSE) and dark firm dry (DFD) meats: causes and measures to reduce these incidences-a mini review. *International Food Research Journal*. 18, 11-20. https://www.researchgate.net/publication/279582972_Pale_soft_exudative_PSE_and_dark_firm_dry_DFD_meats_Causes_and_measures_to_reduce_these_incidences-A_mini_review
3. Ajaykumar, V., & Mandal, P. K. (2019). Modern concept and detection of spoilage in meat and meat products. In *Elsevier eBooks* (pp. 335–349). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-819233-7.00018-5>
4. Alapont, C., Soriano, P., & Torrejón, M. (2020). Guia para la determinacion de vida util de los alimentos. Conselleria de Sanitat Universal i Salut Pública https://www.researchgate.net/publication/346392846_Guia_Determinacion_Vida_Util_Alimentos
5. Allen, C., Russell, S., & Fletcher, D. (1997). The relationship of broiler breast meat color and pH to shelf-life and odor development. *Poultry Science*, 76 (7), 1042- 1046. <https://doi.org/10.1093/ps/76.7.1042>
6. Andrews, W., Wang, H., Jacobson, A., Ge, B., Zhang, G., & Hammack, T. (abril 2023). *BAM Chapter 5: Salmonella*. FDA (US Food and Drug Administration). <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-5-salmonella>
7. Andújar, G., Pérez, D., & Venegas, O. (2003). Química y bioquímica de la carne y los productos cárnicos. Editorial Universitaria. Ciudad de La Habana, Cuba. 125p. https://www.researchgate.net/publication/322583249_Relacion_entre_las_caracteristicas_de_los_transportes_con_las_caracteristicas_nutricionales_de

_la_carne_porcina_destinada_a_consumo_humano_en_el_Valle_de_Aburra_a_2017/fulltext/5a6145790f7e9b6b8fd3efb3/Relacion-entre-las-caracteristicas-de-los-transportes-con-las-caracteristicas-nutricionales-de-la-carne-porcina-destinada-a-consumo-humano-en-el-Valle-de-Aburra-2017.pdf

8. Antipov, A., Prantsuz, O. S., Beketov, S. V., & Klimov, V. A. (2020). Methods of storing rabbit meat to ensure functional nutrition. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 548(7), 072028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/548/7/072028>
9. Barbosa-Cánovas, G. V., Fontana, A. J., Jr, Schmidt, S. J., & Labuza, T. P. (Eds.). (2020). *Water activity in foods: Fundamentals and applications*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118765982>
10. Bekhit, A. E. A., Holman, B. W., Giteru, S. G., & Hopkins, D. (2021). Total Volatile Basic Nitrogen (TVB-N) and its role in meat spoilage: a review. *Trends in Food Science and Technology*, 109, 280-302. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.006>
11. Beuchat, L. R., Komitopoulou, E., Beckers, H., Betts, R. P., Bourdichon, F., Fanning, S., Joosten, H. M., & Ter Kuile, B. H. (2012). Low--Water activity foods: increased concern as vehicles of foodborne pathogens. *Journal of Food Protection*, 76(1), 150–172. <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-12-211>
12. Blasco, A., & Piles, M. (1990). Muscular pH of the rabbit. *Annales de Zootechnie*, 39(2), 133-136. <https://doi.org/10.1051/animres:19900205>
13. Cao, R., Yan, L., Xiao, S., Hou, B., Zhou, X., Wang, W., Bai, T., Zhu, K., Cheng, J., & Zhang, J. (2023). Effects of Different Low-Temperature Storage Methods on the Quality and Processing Characteristics of Fresh Beef. *Foods*, 12(4), 782. <https://doi.org/10.3390/foods12040782>
14. Casaburi, A., Piombino, P., Nychas, G.-J., Villani, F., & Ercolini, D. (2015). Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage. *Food Microbiology*, 45, 83–102. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2014.02.002>

15. Castro, M. (2011). Cuánto alimento desperdician los chilenos. Talca, Chile: Centro de Estudios de Opinión Avanzados, Universidad de Talca. <https://docplayer.es/23337619-Cuanto-alimento-desperdician.html>
16. Cenci-Goga, B., Iulietto, M., Sechi, P., Borgogni, E., Karama, M., & Grispoldi, L. (2020). New trends in meat packaging. *Microbiology Research*, 11(2), 56–67. <https://doi.org/10.3390/microbiolres11020010>
17. Chavasit, V., Photi, J., Purttiponthanee, S., & Saekoo, P. (2018). Use of Bacterial Growth Curve for Assessing Risk of Microbiological Pathogens in Food Products. En Elsevier eBooks (pp. 341-365). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-811515-2.00011-1>
18. Cullere, M., & Dalle Zotte, A. (2018). Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Science*, 143, 137–146. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029>
19. Dalle Zotte, A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75(1), 11-32. [https://doi.org/10.1016/s0301-6226\(01\)00308-6](https://doi.org/10.1016/s0301-6226(01)00308-6)
20. Dalle Zotte, A. (2004). Avantages diététiques: Le lapin doit apprivoiser le consommateur. *Viandes et Produits Carnés*, 23(6), 161–167.
21. Dalle Zotte, A., & Szendrő, Z. (2011). The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*, 88(3), 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017>
22. Dave, D., & Ghaly, A. E. (2011). Meat Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: A Critical Review. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(4), 486–510. <https://doi.org/10.3844/ajabssp.2011.486.510>
23. De Blas, I. (2006). Winepi, Working in Epidemiology. [en línea: programa computacional] <http://www.winepi.net>
24. Doyle, M. P., Diez-Gonzalez, F., & Hill, C. (2019). *Food Microbiology: Fundamentals and Frontiers* (5th Edition). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1128/9781555819972>

25. Eguillor-Recabarren, P. (2019). Pérdida y desperdicio de alimentos en el sector agrícola: Avances y desafíos Febrero de 2019. En *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias* [ODEPA]. https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/02/articulo-perdida_desperdicios.pdf
26. Embleni, A. (2013). Modified Atmosphere Packaging and Other Active Packaging Systems for food, Beverages and Other fast-moving Consumer Goods. *Trends in Packaging of Food, Beverages and Other Fast-Moving Consumer Goods (FMCG)*, 22–34. <https://doi.org/10.1533/9780857098979.22>
27. Ercolini, D., Casaburi, A., Nasi, A., Ferrocino, I., Di Monaco, R., Ferranti, P., Mauriello, G., & Villani, F. (2010). Different molecular types of *Pseudomonas fragi* have the same overall behaviour as meat spoilers. *International Journal of Food Microbiology*, 142(1–2), 120–131. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.06.012>
28. Erkmen, O., & Bozoglu, F. (2016). Spoilage of Meat and Meat Products. *Food Microbiology: Principles into Practice*, 279–295. <https://doi.org/10.1002/9781119237860.ch16>
29. FAO. (1999). *Breeding rabbits for food and income*. fao.org. <https://www.fao.org/3/T0690E/t0690e0a.htm>
30. FAO. (s. f.). Pérdidas y desperdicios de alimentos en América Latina y el Caribe. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Recuperado 23 de diciembre de 2024, de <http://www.fao.org/americas/noticias/ver/es/c/239393/>
31. Faustman, C., Suman, S. P., & Ramanathan, R. (2022). The eating quality of meat: I Color. In *Elsevier eBooks* (pp. 363–392). <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-85408-5.00023-6>
32. Font-I-Furnols, M., & Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science*, 98(3), 361–371. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.025>

33. Gill, A., McMahon, T., Dussault, F., & Petronella, N. (2019). Shiga toxin-producing *Escherichia coli* survives storage in wheat flour for two years. *Food Microbiology*, *87*, 103380. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.103380>
34. Harris, A. (2016). *Clostridium botulinum*. En *Elsevier eBooks* (pp. 141-145). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00172-0>
35. Hernández, P., & Dalle Zotte, A. (2010). Influence of diet on rabbit meat quality. *Nutrition of the Rabbit*, 163–178. <https://doi.org/10.1079/9781845936693.0163>
36. Hong, C., Todd, E. C., & Bahk, G. (2008). Aerobic Plate Counts as a Measure of Hazard Analysis Critical Control Point Effectiveness in a Pork Processing Plant. *Journal Of Food Protection*, *71*(6), 1248-1252. <https://doi.org/10.4315/0362-028x-71.6.1248>
37. Hulot, F., & Ouhayoun, J. (1999). Muscular pH and related traits in rabbits: a review. *World Rabbit Science*, *7*(1), 15-36. <https://doi.org/10.4995/wrs.1999.378>
38. Jay, J. M., Loessner, M. J., & Golden, D. A. (2005). *Modern Food Microbiology* (7.a ed.). Springer Publishing. <https://doi.org/10.1007/b100840>
39. Juneja, V. K., Sidhu, G., Xu, X., Osoria, M., Glass, K. A., Schill, K. M., Golden, M. C., Schaffner, D. W., Kumar, G. D., Shrestha, S., Singh, M., & Mishra, A. (2022). Predictive model for growth of *Clostridium botulinum* from spores at temperatures applicable to cooling of cooked ground pork. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *77*, 102960. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.102960>
40. Kameník, J. (2013). The microbiology of meat spoilage: a review. *Maso International- Journal of Food Science and Technology*, *2013*(1), 1-9. <http://www.maso-international.cz/wp-content/uploads/2013/08/maso-international-2013-1-page-003-010.pdf>
41. Kilcast, D., & Subramaniam, P. (2000). *The stability and shelf life of food*. Crc Press/Woodhead Publishing Limited.

42. Korkeala, H., Mäki-Petäys, O., Alanko, T., & Sorvettula, O. (1986). Determination of pH in meat. *Meat Science*, 18(2), 121–132. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(86\)90088-4](https://doi.org/10.1016/0309-1740(86)90088-4)
43. Lambert, A. D., Smith, J. P., & Dodds, K. L. (1991). Shelf-life extension and microbiological safety of fresh meat—a review. *Food microbiology*, 8(4), 267–297. [https://doi.org/10.1016/s0740-0020\(05\)80002-4](https://doi.org/10.1016/s0740-0020(05)80002-4)
44. Larenas, F. (2016). *Evaluación de las variaciones de textura, color y pH en 3 cortes comerciales de carne bovina, envasados al vacío y almacenados en refrigeración a 4°C durante 90 días* [Tesis de magister, Universidad de Concepción] Repositorio Bibliotecas UdeC. <https://repositorio.udec.cl/server/api/core/bitstreams/ed55ee5b-8a3a-4e4f-a5a3-cfbb80acc9a2/content>
45. Lawrie, R. A., & Ledward, D. A. (2014). *Lawrie's Meat Science* (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition). (English Edition) (7.a ed.). Woodhead Publishing. https://www.google.cl/books/edition/Lawrie_s_Meat_Science/b7xQAwAAQB-AJ?hl=es-419&gbpv=1
46. Lesiów, T., & Kijowski, J. (2002). Impact of PSE and DFD meat on poultry processing - a review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 12(2), 3-8. <https://www.researchgate.net/publication/228839414>
47. Maier, R. M., & Pepper, I. L. (2014). Bacterial growth. En *Environmental Microbiology* (pp. 37-56). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-394626-3.00003-x>
48. Masoodi, K. Z., Lone, S. M., & Rasool, R. S. (2020). Growth of bacterial cultures and preparation of growth curve. En *Elsevier eBooks* (pp. 163-166). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824449-4.00030-x>
49. Maturin, L., & Peeler, J. (2021). *BAM Chapter 3: Aerobic Plate Count*. FDA (US Food and Drug Administration). <https://www.fda.gov/food/laboratory-methods-food/bam-chapter-3-aerobic-plate-count>
50. McMillin, K. W. (2017). Advancements in meat packaging. *Meat Science*, 132, 153-162. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.015>

51. Mendonca, A., Thomas-Popo, E., & Gordon, A. (2020). Microbiological considerations in food safety and quality systems implementation. *Food Safety and Quality Systems in Developing Countries*, 185-260. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814272-1.00005-x>
52. Minaker, S. A., Mason, R. H., & Chow, D. R. (2021). Optimizing color performance of the Ngenuity 3-Dimensional Visualization system. *Ophthalmology Science*, 1(3), 100054. <https://doi.org/10.1016/j.xops.2021.100054>
53. Mokrzycki, W., & Tatol, M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*, 20(4), 383–411. https://www.researchgate.net/publication/236023905_Color_difference_Delta_E_-_A_survey
54. Narasimha Rao, D., & Sachindra, N. M. (2002). MODIFIED ATMOSPHERE AND VACUUM PACKAGING OF MEAT AND POULTRY PRODUCTS. *Food Reviews International*, 18(4), 263–293. <https://doi.org/10.1081/fri-120016206>
55. Nethra, P. V., Sunooj, K. V., Aaliya, B., Navaf, M., Akhila, P. P., Sudheesh, C., Mir, S. A., Shijin, A., & George, J. (2023). Critical factors affecting the shelf life of packaged fresh red meat – A review. *Measurement Food*, 10, 100086. <https://doi.org/10.1016/j.meaf00.2023.100086>
56. Nollet, L. M. (2012). *Handbook of Meat, Poultry and Seafood quality*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118352434>
57. Nychas, G.-J. E., Skandamis, P. N., Tassou, C. C., & Koutsoumanis, K. P. (2008). Meat spoilage during distribution. *Meat Science*, 78(1-2), 77–89. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.06.020>
58. ŌNishi, H. (1963). Osmophilic yeasts. In *Advances in food research* (pp. 53–94). [https://doi.org/10.1016/s0065-2628\(08\)60006-3](https://doi.org/10.1016/s0065-2628(08)60006-3)
59. Parigi Bini, R., Xiccato, G., Cinetto, M., & Dalle Zotte, A. (1992). Effetto dell'età, del peso di macellazione e del sesso sulla qualità della carcassa e della carne cunicola. *Zootecnica e Nutrizione Animale*, 18, 173–190
60. Poveda-Arteaga, A., Krell, J., Gibis, M., Heinz, V., Terjung, N., & Tomasevic, I. (2023). Intrinsic and Extrinsic Factors Affecting the Color of Fresh Beef

- Meat—Comprehensive Review. *Applied Sciences*, 13(7), 4382. <https://doi.org/10.3390/app13074382>
61. Poznyakovskiy, V., Gorlov, I. F., Tikhonov, S., y Shelepov, V. G. (2015). ABOUT THE QUALITY OF MEAT WITH PSE AND DFD PROPERTIES. *Foods and Raw Materials*, 3(1), 104–110. <https://doi.org/10.12737/11244>
 62. Ramírez, F. (2019). *Estudio de almacenamiento de carne molida de conejo (Oryctolagus cuniculus) con adición de biopreservantes, utilizando diferentes tipos de empaque* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Costa Rica] Repositorio del SIBDI-UCR. <https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/86167>
 63. Raposo, A., Pérez, E., De Faria, C. T., Ferrús, M. A., & Carrascosa, C. (2016). Food Spoilage by Pseudomonasspp.—An Overview. *Foodborne Pathogens and Antibiotic Resistance*, 41–71. <https://doi.org/10.1002/9781119139188.ch3>
 64. Ray, B. (2003). *Fundamental Food Microbiology*, (3.a ed.). Taylor y Francis. <http://nuristianah.lecture.ub.ac.id/files/2014/09/fundamental-food-microbiology.pdf>
 65. Rifna, E. J., Dwivedi, M., & Chauhan, O. P. (2022). Role of Water Activity in Food Preservation. In *Advances in Food Chemistry* (1st ed., pp. 39–64). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-4796-4_2
 66. Rodríguez, H. (2002). *El Sacrificio y Procesamiento del Conejo Para el Autoconsumo*. Universidad de Puerto Rico. <https://www.yumpu.com/es/document/read/12717378/procesamiento-del-conejo-para-el-autoconsumo>
 67. Rolfe, C., & Daryaei, H. (2020). Intrinsic and Extrinsic Factors Affecting Microbial Growth in Food Systems. *Food Engineering Series*, 3–24. https://doi.org/10.1007/978-3-030-42660-6_1
 68. RSA (Reglamento Sanitario de los Alimentos). Decreto N° 977/96. (2023). Ministerio de Salud. República de Chile. <https://www.dinta.cl/wp-content/uploads/2023/03/RSA-decreto-977-96-act-al-26-01-23.pdf>
 69. Sousa-Gallagher, M. J., Mahajan, P. V., & Yan, Z. (2011). Modelling chemical and physical deterioration of foods and beverages. *Food and Beverage*

- Stability and Shelf Life*, 459–481.
<https://doi.org/10.1533/9780857092540.2.459>
70. Spencer, K. C. (2005). Modified atmosphere packaging of ready-to-eat foods. *Innovations in Food Packaging*, 185–203.
<https://doi.org/10.1016/b978-012311632-1/50044-9>
 71. Szendrő, K., Szabó-Szentgróti, E., & Szigeti, O. (2020). Consumers' Attitude to Consumption of Rabbit Meat in Eight Countries Depending on the Production Method and Its Purchase Form. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(5), 654. <https://doi.org/10.3390/foods9050654>
 72. Tapia, M. S., Alzamora, S. M., & Chirife, J. (2020). Effects of Water Activity (a_w) on Microbial Stability as a Hurdle in Food Preservation. *Water Activity in Foods*, 323–355. <https://doi.org/10.1002/9781118765982.ch14>
 73. Tomasevic, I., Djekic, I., Font-I-Furnols, M., Terjung, N., & Lorenzo, J. M. (2021). Recent advances in meat color research. *Current Opinion In Food Science*, 41, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.02.012>
 74. Tsironi, T. N., Ntzimani, A. G., & Taoukis, P. S. (2019). Modified Atmosphere Packaging and the Shelf Life of Meat. *Reference Module in Food Science*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.22619-x>
 75. Von Rosen Stahlke, E., Rossa, L. S., Silva, G. M., Sotomaior, C. S., Pereira, A. J., Luciano, F. B., Borges, T. D., & De Macedo, R. E. F. (2018). Effects of Modified Atmosphere Packaging (MAP) and slaughter age on the shelf life of lamb meat. *Food Science And Technology*, 39(2), 328-335.
<https://doi.org/10.1590/fst.29617>
 76. Williams, P. (2007). Nutritional composition of red meat. *Nutrition & Dietetics*, 64(s4), S113-S119. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2007.00197.x>
 77. Young, O., West, J., Hart, A. L., Van Otterdijk, F. (2004). A method for early determination of meat ultimate pH. *Meat Science*, 66(2), 493–498.
[https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(03\)00140-2](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(03)00140-2)

78. Zhou, G. H., Xu, X. L., & Liu, Y. (2010). Preservation technologies for fresh meat – A review. *Meat Science*, 86(1), 119–128.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.033>

VI. DECLARACIÓN

Declaro que el trabajo presentado es personal e inédito, que cada uno de las citas bibliográficas son correctas y están debidamente reconocidas, que no contiene copias totales ni parciales de otros investigadores excepto citas aceptadas como trabajos científicos, que no afectan los derechos de autor y se mantiene dentro del marco ético de trabajos científicos de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Concepción.

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Daniela', written in a cursive style.

Daniela Fernanda Garay Marín

ANEXO

Tabla 8. Análisis de regresión lineal entre el pH y el recuento de aerobios mesófilos (RAM) en canales de conejo crudo, producido y faenado en la Región de Ñuble.

Variable	N	R ²	R ² Aj	ECMP	AIC	BIC
RAM	67	0,38	0,37	7031742387080,96	2172,14	2178,75

Tabla 9. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados, entre el pH y el recuento de aerobios mesófilos (RAM) en canales de conejo crudo, producido y faenado en la Región de Ñuble.

Coef	Est.	E.E	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor	CpMallows	VIF
const	-44452402,20	7415524,85	-59262226,18	-29642578,21	-5,99	<0,0001		
pH	7818565,61	1242504,13	5337113,82	10300017,40	6,29	<0,0001	39,60	1,00

Tabla 10. Análisis de Varianza (SC Tipo III) del modelo de regresión lineal entre el pH y el recuento de aerobios mesófilos (RAM) en canales de conejo crudo, producido y faenado en la Región de Ñuble.

F.V.	SC.	gl	CM	F	p-valor
Modelo	262587519223076,00	1	262587519223076,00	39,60	<0,0001
pH	262587519223075,00	1	262587519223075,00	39,60	<0,0001
Error	431051286527671,00	65	6631558254271,86		
Total	693638805750746,00	66			