

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano**  
**Departamento de Agroindustria Alimentaria**  
**Ingeniería en Agroindustria Alimentaria**



Proyecto Especial de Graduación

**Evaluación de la maduración en seco con dos tipos de cobertura en el  
músculo *Longissimus dorsi* de vacas de descarte de la unidad de  
Ganado Lechero de Zamorano**

Estudiantes

Matias Frias Harriague

Carlos Alfredo Porras Guardado

Asesores

Adela Acosta Marchetti, D.Sc.

Mayra Márquez González, Ph.D.

Honduras, agosto 2021

**Autoridades**

**TANYA MÜLLER GARCÍA**

Rectora

**ANA M. MAIER ACOSTA**

Vicepresidenta y Decana Académica

**ADELA M. ACOSTA MARCHETTI**

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

**HUGO ZAVALA MEMBREÑO**

Secretario General

### **Agradecimientos**

De parte de ambos, agradecer infinitamente a nuestras asesoras la Dra. Adela Acosta y la Dra. Mayra Márquez, por el apoyo incondicional a lo largo del desarrollo de nuestro proyecto especial de graduación. De igual manera rendir, tributo a todos los docentes que integran nuestro departamento y nuestra Alma Máter, gracias por el desarrollo pleno brindado a lo largo de nuestra etapa en Zamorano.

## Contenido

Agradecimientos .....	3
Contenido.....	4
Índice de Cuadros.....	6
Índice de Anexos .....	7
Resumen .....	8
Abstract.....	9
Introducción.....	10
Materiales y Métodos .....	15
Localización .....	15
Materia Prima .....	15
Diseño Experimental .....	15
Maduración .....	16
Pérdida de Peso, Por Corte y Combinada (%) .....	16
Pérdida de peso .....	16
Pérdida Por Recorte .....	16
Pérdida Combinada.....	17
Preparación del Bistec .....	17
Color .....	17
Análisis Sensorial.....	18
Cocción.....	18
Pérdida Por Cocción .....	18
Fuerza de Corte .....	19
Análisis Microbiológicos.....	19
Bacterias Mesófilas Aerobias .....	19

	5
Coliformes Totales y E. coli .....	19
Elaboración de un Protocolo de Maduración .....	20
Análisis Estadísticos .....	20
Resultados y Discusión.....	21
Propiedades Fisicoquímicas .....	21
Análisis Microbiológicos.....	30
Análisis Sensorial.....	32
Conclusiones .....	39
Recomendaciones.....	40
Referencias.....	41
Anexos.....	49

## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1</b> Descripción de los tratamientos a evaluar en el estudio .....	16
<b>Cuadro 2</b> Resultados de análisis de color en la escala L en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte antes y después de maduración .....	22
<b>Cuadro 3</b> Resultados de análisis de color en la escala a en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte antes y después de maduración .....	23
<b>Cuadro 4</b> Resultados de análisis de color en la escala b en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte antes y después de maduración .....	24
<b>Cuadro 5</b> Resultados de la fuerza de corte de los tratamientos cocinados después de maduración en Newtons (N) en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte .....	26
<b>Cuadro 6</b> Resultados de análisis de pérdidas de peso en porcentaje de los tratamientos luego de maduración en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte .....	28
<b>Cuadro 7</b> Resultados de análisis de pérdida de peso por cocción en porcentaje antes y después de maduración en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte .....	30
<b>Cuadro 8</b> Resultado de conteos en microorganismos indicadores de los tratamientos luego de maduración en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte .....	32
<b>Cuadro 9</b> Puntuaciones de varios parámetros sensoriales para el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte madurados por 21 y 28 días .....	35
<b>Cuadro 10</b> Puntuaciones de varios parámetros sensoriales para el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte madurados por 21 y 28 días .....	38

### Índice de Anexos

Anexo A Costos variables en Lempiras (L) para la producción de 4 libras (1814.37 g) de lomo de res (Longissimus dorsi) de cada tratamiento.....	49
Anexo B Hoja de evaluación sensorial entregada a los panelistas para prueba de aceptación. ....	50
Anexo C Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial para todos los tratamientos ..	51
Anexo D Cuadro de probabilidades para la prueba t en todos los tratamientos, para las variables de escala de color y pérdida por cocción.....	52
Anexo E ANOVA para variables en la escala de color y pérdida por cocción, antes de maduración en todos los tratamientos.....	53
Anexo F ANOVA para variables de escala de color, fuerza de corte, pérdida por purga, pérdida por recorte, pérdida combinada, Bacterias Mesófilas Aeróbicas, Coliformes Totales, después de maduración en todos los tratamientos.....	54
Anexo G ANOVA para variables de análisis sensorial en todos los tratamientos evaluados. ....	55
Anexo H Probabilidades para los parámetros de uso de coberturas, días de maduración e interacción entre ambas, para todas las variables del estudio. ....	56
Anexo I Probabilidades para los parámetros de uso de coberturas, días de maduración e interacción entre ambas, para todos los parámetros de la evaluación sensorial del estudio. ....	57
Anexo J Protocolo de maduración en seco del músculo Longissimus dorsi de res, con ausencia o presencia de coberturas de grasa.....	58

## Resumen

La ternera es una de las características más apreciadas que puede tener un corte de carne desde la perspectiva del consumidor. La maduración de la carne es una práctica ampliamente estudiada para la obtención de carne con niveles de ternera mayores. La carne obtenida en la cosecha de vacas de descarte no se considera como cortes de calidad, por lo que, la maduración en seco (MS) podría mejorar las características de esta carne. La MS presenta desventajas en cuanto a rendimientos por pérdidas de humedad, por lo que el uso de coberturas de grasa puede ser una alternativa para aumentar los rendimientos en el proceso. El objetivo principal del estudio fue determinar cómo la MS del músculo *Longissimus dorsi* (LD) y el uso de coberturas de grasa de origen animal o vegetal impactan en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales. Los músculos LD se maduraron por un periodo de 21 y 28 días en una cabina de maduración con condiciones de temperatura de  $2 \pm 1$  °C y  $75 \pm 10\%$  de humedad relativa. Los resultados obtenidos de los diferentes parámetros estudiados fueron analizados estadísticamente en el programa SAS v.9.4. El uso de coberturas durante la MS de los músculos LD disminuye las pérdidas de humedad, no provoca cambios en atributos de color, fuerza de corte y conteos de bacterias mesófilas aerobias, pero sí el de coliformes totales. Además, el uso de coberturas y los diferentes días de maduración no influyó en la aceptación general de los consumidores en el análisis sensorial.

*Palabras clave:* Aceptación, cobertura, enzimas, pérdida de humedad, ternera.

### Abstract

Tenderness is one of the most precious characteristics that a cut of meat can have from the consumer's perspective. The aging of meat is a widely studied practice to obtain meat with higher levels of tenderness. The meat obtained in the harvest of cull cows is not considered as quality cuts, so dry aging (DA) could improve the characteristics of this meat. DA has disadvantages in terms of yields due to moisture loss, so the use of fat coverage can be an alternative to increase yields in the process. The main objective of the study was to determine how the DA of the *Longissimus dorsi* (LD) muscle and the use of fat coverage of animal or vegetable origin, impact on the physicochemical, microbiological, and sensory properties. LD muscles were aging for a period of 21 and 28 days, in a maturation cabin with temperature conditions of  $2 \pm 1$  °C and  $75 \pm 10\%$  relative humidity. The results obtained from the different parameters studied were statistically analyzed in the SAS v.9.4 program. The use of coverages during the DA of LD muscles reduces moisture losses, does not cause changes in color attributes, cutting force, and aerobic mesophilic bacteria counts, but if the total coliforms. Furthermore, the use of coverages and the different days of aging did not influence the general acceptance of consumers in the sensory analysis.

*Keywords:* Acceptance, coverages, enzymes, moisture, tenderness.

## Introducción

La industria cárnica es uno de los sectores de la economía más fuertes, teniendo mundialmente volúmenes en continuo crecimiento, siendo la mayor parte de la producción de carne bovina consumida por el mercado local. Estados Unidos es el principal productor de carne bovina del mundo en lo que va del año 2020, con una producción de 12,515 toneladas métricas, le siguen Brasil, China, India y Argentina. De la misma manera, Estados Unidos es el mayor consumidor de carne bovina, seguido de la Unión Europea, China, Brasil y Argentina. Dando así un consumo mundial de carne bovina de 59 millones de toneladas (SRD 2021).

La carne se puede definir como todo tejido animal que es apto para consumo humano (García Barros 2020). La calidad de la carne depende de distintos factores como lo son la higiene e inocuidad del producto, su contenido nutricional y las características sensoriales (Color, sabor, olor, suavidad y terneza) (Amaya Araujo 2019). Siendo la suavidad, la característica sensorial que tiene más peso para los consumidores a la hora final de evaluar la aceptación del corte (Nowak 2011).

El descarte de vacas en lecherías es una práctica que se hace tomando diferentes criterios como ser problemas reproductivos, enfermedades y baja producción. Teniendo tres destinos comunes al realizar el descarte como lo son la venta a frigoríficos siendo el principal destino (81.8%). Este destino comúnmente usa la carne de estas vacas para la producción de carne molida. Los otros dos destinos son la muerte en el predio y la venta a otros predios (Doncel Díaz et al. 2020).

Las características organolépticas dependen de factores inherentes al animal o del corte mismo, como lo son grasa intramuscular y cantidad de tejido conectivo, pero por otro lado, también pueden depender de los cambios que suceden *postmortem* (Jaramillo Recalde 2016). El manejo *postmortem* es fundamental que se dé en las condiciones adecuadas para que la carne logre tomar las características organolépticas óptimas que el mercado estipula (Oliván García et al. 2011).

Al realizar la cosecha del animal, inmediatamente cesa la circulación sanguínea y la actividad hormonal, esto provoca últimamente una disminución en la temperatura de la canal. Además, en

ausencia de oxígeno no existen las condiciones idóneas para el intercambio oxidación-reducción que son fundamentales en procesos metabólicos aerobios. Ante este déficit de oxígeno, comienza la glucólisis anaerobia, utilizando ATP y obteniéndose ácido láctico (Vitale 2016). Los músculos del animal cambian su actividad aerobia por una anaerobia, esto da como resultado la acumulación de ácido láctico en estos (Zhang 2009). El ácido láctico acumulado hace que el músculo pase de un pH neutro a un valor final de pH que oscila entre 5.5 y 5.8 a las 24 horas después de la cosecha. Esta etapa es crucial para determina el nivel de terneza final que tendrá la carne y, por lo tanto, el nivel de satisfacción del cliente.

El nivel satisfactorio de ablandamiento en la carne se da debido a la acción de las caspasas, que actúan en las primeras horas luego de la cosecha. Estas son enzimas esenciales para facilitar la acción posterior de las calpaínas, las proteasomas y las catepsinas, proteasas que degradan la estructura proteica de la fibra muscular. Estas enzimas se activan mediante valores de pH posterior al *rigor mortis*, las catepsinas son activas a valores de pH < 6, mientras que las demás lo son a pH neutro (Khan et al. 2016).

Existen tres tipos de enzimas proteolíticas presentes en el músculo que han sido asociadas en el proceso *postmortem*, por ende, tienen una estrecha relación con el desarrollo de terneza de la carne. Las catepsinas son enzimas lisosomales, que actúan a pH de 5.4 - 5.8. Siendo las encargadas de desnaturalizar a la miosina y a la actina, solo que a temperaturas inferiores a 20 °C ya no muestra una apreciable degradación. El segundo grupo son representadas por el complejo de las proteasas multicatalíticas (CPM), pero se tiene muy poca información sobre acción en la proteólisis *postmortem*. El último grupo son proteasas dependientes del Ca<sup>+2</sup> como lo son la calpaína, la meta-calpaína y la calpastatina, estas siendo asociadas con el proceso de ablandamiento de la carne (Uzcátegui Bracho y Jerez Timaure 2008).

Durante la maduración, la oxidación de los lípidos aumenta con respecto al tiempo reaccionando con los productos de degradación de proteínas, proceso que da un sabor intenso a la

carne madurada (Khan et al. 2016). La proteólisis es responsable de las propiedades gustativas y características aromatizantes de la carne (Koutsidis et al. 2008). Factores intrínsecos, como lo son: La raza, pH, actividad enzimática y la grasa intramuscular, influyen en el buen desarrollo de la maduración.

De esta manera, la industria ha desarrollado métodos para alcanzar esa deseada ternura que el consumidor aprecia. Un método, es la maduración de la carne en la que intervienen enzimas proteolíticas presentes naturalmente en la carne (Jaramillo Recalde 2016). En este proceso, juegan un papel importante la interacción de dos factores como lo son la temperatura y la humedad relativa del cuarto de maduración (Vitale 2016).

La maduración seca se realiza en cuartos donde la temperatura varía de 0 a 4 °C y con una humedad relativa que ronda entre 60 a 85% (Vitale 2016). Si la humedad relativa del cuarto excede los 85%, esto propiciaría un ambiente óptimo para el crecimiento de hongos y mohos, por otro lado, si la humedad relativa del cuarto es menor al 60% la carne se secaría rápidamente dando como resultado una pérdida de jugosidad (Perry 2012). De igual manera, la edad del animal es un factor a considerar, ya que con el paso de los años el colágeno presente se hace cada vez menos soluble, disminuyendo considerablemente la ternura del corte (Fernández Mayer 2017). La interacción de estos determinará más o menos el tiempo de maduración de la carne. Generalmente este tiempo de maduración oscila entre tres días y 12 semanas (López Alvarado 2009). Por otro lado, hay estudios que estipulan que el tiempo de maduración óptimo en vacas es de 21 días variando en función a la genética, sexo, edad y deposición de grasa (Vitale 2016). Contrario a lo encontrado por Cubero Rojas (2013), ya que su estudio arrojó que el tiempo óptimo de maduración en vacas de descartes (Mayores a 5 años) es de 28 días.

En el proceso de maduración existen pérdidas considerables de peso dependiendo de la temperatura del flujo de aire y la humedad relativa. Los cortes con una capa externa delgada de grasa pierden más humedad con respecto a los cortes con una capa gruesa (Dashdorj et al. 2016).

La deposición de grasa en el animal depende de factores intrínsecos como extrínsecos. En cuanto a los factores intrínsecos, la raza del animal es muy importante, ya que hace que varíe la cantidad de grasa en las distintas zonas de deposición. Siendo la grasa subcutánea e intramuscular con más importancia y las últimas en ser depositadas (Consigli 2014). Las razas Jersey y Holstein tienen un alto porcentaje de deposición de grasa intramuscular en el músculo *Longissimus dorsi* de 7.4 y 6.8% respectivamente, comparada como razas como Limousin y Simmental con 3.9 y 4.6% respectivamente (Consigli 2014). Los factores extrínsecos como el tipo de alimentación influyen en la deposición de grasa, la alimentación con granos da como resultado mayor deposición de grasa intramuscular en el animal comparada a una alimentación con pasturas (Gill et al. [fecha desconocida]). Por otro lado, la cantidad de alimento también influirá, ya que si los niveles de energía suministrados sobrepasan los requerimientos del animal (Balance energético positivo) el depósito de grasa aumentará dependiendo del excedente de energía respecto al requerimiento del animal para huesos y músculos, de acuerdo al Departamento de Producción Animal en 2006. De igual forma el clima influye, ya que en los climas tropicales y subtropicales la deposición de grasa subcutánea es menor comparada con animales en ambientes templados o fríos (Soria y Corva 2004).

Actualmente, se tiene poca literatura sobre el efecto de las grasas como cobertura en maduraciones de carne en seco, esto da lugar a un nuevo campo de investigación. El uso de coberturas en la maduración en seco nos provee de muchas ventajas fundamentalmente en la reducción por pérdida de humedad y recortes por quemaduras de frío que se traduce en una reducción en el rendimiento del corte. Además de prevenir la contaminación microbiana e impedir el oscurecimiento de la carne (Consigli 2014). Los objetivos de la presente investigación se especifican a continuación:

Evaluar el efecto de la maduración en seco por 21 y 28 días, con presencia o ausencia de coberturas en las propiedades fisicoquímicas del músculo *Longissimus dorsi* de res.

Comparar las cargas microbianas de *Longissimus dorsi* después del proceso de maduración en seco por 21 y 28 días, con presencia o ausencia de coberturas.

Determinar el efecto de la maduración en seco por 21 y 28 días, con presencia o ausencia de coberturas en el nivel de aceptación del músculo *Longissimus dorsi* de res.

## **Materiales y Métodos**

### **Localización**

Este estudio se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta de Cárnicos, en el Laboratorio de Ingeniería y Empaques (LIEZ), en el Laboratorio de Análisis de Alimentos (LAAZ), en el Laboratorio de Análisis Sensorial (LASZ) y en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos (LMAZ). Las instalaciones previamente mencionadas se encuentran ubicadas en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano en el departamento Francisco Morazán, Honduras.

### **Materia Prima**

Para este estudio se procuró usar animales similares en edad, sexo y raza, cuya dotación debe ser proporcionada por la unidad de Ganado Lechero para ser cosechados por Planta de Cárnicos Zamorano. Previo a la cosecha de los animales, estos pasaron por un periodo de ayuno de 24 horas. Posterior a la cosecha, la canal se colocó en refrigeración a  $1 \pm 1$  °C durante 24 horas antes de la realización de los cortes. Se usó el músculo *Longissimus dorsi* tanto del lado derecho como del lado izquierdo de las canales cosechadas, 24 horas luego de ser despostados, estos músculos fueron llevados a la cámara de maduración por 21 o 28 días, según cada tratamiento. Algunos tratamientos fueron cubiertos con grasa de cerdo o vegetal antes de ser madurados. Se usaron animales longevos de la raza Holstein, las cuales se pueden clasificar como vacas adultas (53 – 96 meses de edad) y vacas viejas (> 96 meses de edad) (Luengo et al. 1990).

### **Diseño Experimental**

Se usó un Diseño Completamente al Azar (DCA) y un diseño de muestras pareadas. En el caso de la evaluación sensorial se usó Bloques Completos al Azar (BCA). Los tratamientos evaluados difieren en el tipo de cobertura de grasa adicionada (Grasa vegetal y grasa animal) y el tiempo de maduración (21 y 28 días). En total se evaluaron seis tratamientos, con tres repeticiones cada uno, para obtener 18 unidades experimentales (Cuadro 1).

## Cuadro 1

*Descripción de los tratamientos a evaluar en el estudio.*

Tratamiento	Presencia de cobertura	Maduración (días)
T1	Sin cobertura	21
T2	Sin cobertura	28
T3	Grasa vegetal	21
T4	Grasa vegetal	28
T5	Grasa animal	21
T6	Grasa animal	28

*Nota.* Se contó con un total de 18 unidades experimentales.

### Maduración

En esta etapa, el lomo de res se cortó en partes iguales y con pesos similares. Se procedió a colocarlos en la cabina de maduración (Marca Stagionatore Modelo 1500 de Everlasting®), cuya temperatura oscilaba los  $2 \pm 1$  °C y una humedad relativa de  $75 \pm 10\%$  (Vitale 2016). Para este estudio se tomó tiempos de maduración de 21 y 28 días en las condiciones previamente mencionadas.

### Pérdida de Peso, Por Corte y Combinada (%)

#### *Pérdida de peso*

Se pesaron los cortes, previo al proceso de maduración y luego de cumplir el tiempo de maduración estipulado. Al obtener esto, se calculó el porcentaje de pérdida de peso como se presenta en la Ecuación 1:

$$\% \text{ Purga} = (PAM - PDM) \div (PAM) \times 100 \quad [1]$$

Donde:

PAM: Peso antes de maduración

PDM: Peso después de maduración

#### *Pérdida Por Recorte*

Luego de ser madurados, los lomos fueron recortados para remover las porciones secas y decoloradas. Toda grasa o músculo considerado como no atractivo o insalubre fue removido (Obuz et al. 2014). El porcentaje de pérdida por recorte fue calculado como se presenta en la Ecuación 2:

$$\% \text{ Pérdida por recorte} = (PPDR \div PSR) \times 100 \quad [2]$$

Donde:

PPDR: Pérdida de peso debido al recorte

PSR: Peso sin recortar

### ***Pérdida Combinada***

También se calculó la pérdida combinada a través de la Ecuación 3 (Obuz et al. 2014):

$$\% \text{ Pérdida combinada} = ((PAM - PDC) \div PAM) \times 100 \quad [3]$$

Donde:

PMA: Peso antes de maduración

PDC: Peso después del cortado

Los pesos fueron tomados con una balanza analítica marca OHAUS, modelo BW6US.

### **Preparación del Bistec**

Se cortó en filetes todo el músculo posterior a cumplir sus días de maduración, se asignaron aleatoriamente para los análisis de color, textura, microbiológicos, rendimiento de cocción y análisis sensorial (Obuz et al. 2014). Los filetes destinados a evaluación sensorial se congelaron a -20 °C en el congelador rápido hasta justo antes de las evaluaciones realizadas por un panel de consumidores.

### **Color**

Para medir este parámetro se lo realizó con la ayuda del instrumento Colorflex Hunter Lab, donde se midieron los valores  $L^*a^*b^*$ . En el cual, el valor L que corresponde a la luminosidad comprende valores de 100 (blanco) y 0 (negro). Los valores a y b son las coordenadas de cromaticidad, donde el valor positivo de a indica tendencia a color rojo y negativo a indica tendencia a color verde, el valor positivo b señala el color con tendencia a amarillo y negativo b señala el color azul. Se usó un tamaño de muestra representativo. Se realizó una corrección de datos para los valores obtenidos en las escalas a y b, ajustando los resultados en una escala de 0 a 120.

## **Análisis Sensorial**

Se realizó un análisis sensorial afectivo con prueba de aceptación a 90 panelistas no entrenados de las muestras con distintos tiempos de maduración en seco (21 y 28 días) con el método de cocción descrito adelante. Las muestras eran lo suficientemente grandes con el fin de que el consumidor logrará apreciar la ternura al cortar la muestra. La carne se mantuvo a una temperatura alrededor de 40 - 50 °C (National Live Stock and Meat Board 1995) y se presentó de manera codificada a los panelistas. Para la prueba de aceptación se usó una escala hedónica de 1 a 9, siendo 1 “me disgusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente” para medir los atributos de color, olor, sabor, textura, jugosidad y aceptación general (Anexo B).

## **Cocción**

Se utilizó una plancha de conducción (Marca Oster, modelo CKSTGRFM18W) donde las muestras de carne fueron cocinadas sin la incorporación de agua o grasa. La plancha tenía una temperatura de 163 °C. A medida las muestras estaban siendo cocinadas estas eran constantemente movidas con una espátula para evitar la formación de costra. Las muestras fueron retiradas cuando alcanzaron una temperatura interna de  $71 \pm 1$  °C (National Live Stock and Meat Board 1995), la cual fue medida con un termómetro digital de bolsillo marca Cooper Atkins.

## **Pérdida Por Cocción**

Se pesaron los cortes, previo a realizar la cocción y una vez realizada la cocción se pesaron de nuevo. Las muestras se pesaron con una balanza analítica marca OHAUS, modelo SPX421. El porcentaje de rendimiento de cocción, calculó usando la Ecuación 4 (Hasret 2004; Piñero et al. 2008):

$$\%PC = \frac{PCSC - PCC}{PCC} \times 100 \quad [4]$$

Donde:

PC = Pérdida por cocción

PCSC = Peso de la carne sin cocer

PCC = Peso de la carne cocida

### **Fuerza de Corte**

Después de la cocción, los filetes se equilibraron a temperatura ambiente hasta que alcanzaron una temperatura de 22 °C. Posteriormente, se extrajeron núcleos de 1.27 cm de diámetro de cada filete, paralelos a la fibra muscular (Gruber et al. 2006). Posteriormente, se hizo uso del Texturómetro de Brookfield CT3 4500, con el acople Compression Warner Bratzler. La velocidad de la prueba fue de 10 mm/seg.

### **Análisis Microbiológicos**

Se realizaron recuentos de Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA), Coliformes Totales (CT) y *E. coli* en los cortes una vez acabado el periodo de maduración de 21 y 28 días. Se tomó una muestra representativa del área del lomo con peso de 10 gramos. Posteriormente, se lo introdujo en una bolsa con 90 mL de diluyente Butterfields y pasó por el homogeneizador Stomacher por dos minutos (Li et al. 2013). Se prosiguió a tomar 1 mL y se lo diluyó en tubos de ensayo que contenían 9 mL de diluyente Butterfields. Finalmente, se lo agitó en el vortex, para continuar luego con las demás diluciones.

#### ***Bacterias Mesófilas Aerobias***

Se realizaron las diluciones desde  $10^{-1}$  hasta  $10^{-4}$ . Tomando solo las diluciones  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$ . Posteriormente, se tomó 1 mL de las diluciones mencionadas previamente y se prosiguió a sembrar los platos petri que contenían 15 mL de Agar Cuenta Estándar (ACE). Se los incubó a  $35 \pm 1$  °C por un tiempo de  $48 \pm 2$  horas (Demircioglu Karaca y Kayaardi c2020). Se realizaron los conteos una vez finalizado el periodo de incubación. Los conteos se expresaron en Log UFC/g.

#### ***Coliformes Totales y E. coli***

Se realizaron las diluciones desde  $10^{-1}$  hasta  $10^{-2}$ , tomando ambas. Posteriormente, se tomó 1 mL de las diluciones mencionadas previamente y se prosiguió a sembrar en las placas 3M™ Petrifilm Coliform Count. Se los incubó a  $35 \pm 1$  °C por un tiempo de 18 -24 horas. Se realizaron los conteos una vez finalizado el periodo de incubación. Los conteos se expresaron en Log UFC/g.

### **Elaboración de un Protocolo de Maduración**

Se elaboró un manual de maduración ilustrado para el músculo *Longissimus dorsi* de res especificando los pasos que se deben seguir para lograr una maduración efectiva con o sin la aplicación de cobertura de grasa animal o vegetal. Se tomó en cuenta protocolos de inocuidad y calidad que se deben seguir en todo momento para alcanzar el producto final deseado (Anexo J).

### **Análisis Estadísticos**

Los datos obtenidos luego del estudio se analizaron usando el programa “Statistical Analysis System” (SAS® versión 9.4). Se realizó un análisis de residuales para definir si existían valores fuera de tipo, los datos expresados como porcentajes fueron convertidos a arcoseno y los valores de las escalas de color a y b fueron corregidos.

Para las variables de color (L a b) y rendimiento de cocción se realizó un diseño de muestras pareadas con un análisis de prueba t. Se compararon las variables antes de la maduración y después de la maduración basándose en una diferencia de medias, con un nivel de significancia de 95%. Las probabilidades obtenidas para estas variables se encuentran en el Anexo D.

Para todas las variables se realizó un análisis de varianza (ANDEVA), un arreglo factorial 2×3 y una separación de medias de los factores principales con la prueba TUKEY, con un nivel de significancia de 95%. En el caso del análisis sensorial, se realizó un arreglo factorial 2×3 y una separación de medias ajustadas LSMeans para evaluar las interacciones. Los datos de salida obtenidos ( $Pr > F$ ,  $R^2$ , Coeficiente de variación y Valor F) se encuentran en los Anexos E, F y G.

## Resultados y Discusión

### Propiedades Fisicoquímicas

El color es uno de los parámetros de compra que más influyen en el consumidor, ya que estos buscan a través de esta característica percibir la frescura del producto y calidad (Brewer et al. 2002). De igual manera, la estabilidad del color a lo largo del tiempo determina la vida útil de la carne (Ripoll García et al. 2012).

En cuanto al valor L (luminosidad) al comparar el efecto del tratamiento antes y después de maduración, no se obtuvieron cambios significativos ( $P > 0.05$ ). De igual manera, al momento de comparar entre los tratamientos, no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). No hubo interacción entre el uso de coberturas y los días de maduración, tampoco hubo significancia en estos parámetros por separado ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 2) (Anexo H).

De acuerdo con los resultados obtenidos, indican que las muestras de carne presentan rangos de coloración tanto roja (L 32-38) como muy roja (L < 35) esto debido al uso de vacas de descarte, ya que al ser animales de una edad mayor estos presentan una mayor cantidad de mioglobina lo que le otorga a la carne un color más oscuro (Albertí et al. 2016). Siguiendo esta misma línea, tenemos el caso de Franco y colaboradores en 2009, que obtuvieron valores similares (L 32.3-36.9) al usar vacas Holstein-Friesian de descarte, con distinto tiempo de acabado. De igual manera, Vitale y colaboradores en 2014, obtuvo valores parecidos (L 35.4-42.6) diciendo así que la maduración en seco por tiempos de 0, 6 y 21 días no tiene incidencia en el valor L.

**Cuadro 2**

*Resultados de análisis de color en la escala L en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte antes y después de maduración.*

Tratamiento <sup>NS*</sup>	Antes de maduración <sup>NS</sup>	Después de maduración <sup>NS</sup>
	Media ± D.E C.V = 9.73%	Media ± D.E C.V = 8.05%
21SC	29.64 ± 1.52	29.47 ± 1.95
28SC	32.93 ± 4.04	29.45 ± 0.99
21CGV	30.81 ± 5.11	32.26 ± 3.42
28CGV	32.88 ± 4.16	33.33 ± 4.95
21CGA	31.57 ± 0.91	30.68 ± 3.99
28CGA	29.79 ± 3.38	32.87 ± 2.44

*Nota.* Músculo Longissimos dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

Escala L = Luminosidad, valores comprendidos entre 0 (negro) y 100 (blanco)

D.E.= Desviación Estándar

C.V.= Coeficiente de Variación

<sup>NS\*</sup> No significativo entre el inicio y el final de cada tratamiento entre filas ( $P > 0.05$ )

<sup>NS</sup> No significativo entre tratamientos de la misma columna ( $P > 0.05$ )

Con respecto al valor a al comparar el efecto del tratamiento antes y después de maduración, no se obtuvieron cambios significativos ( $P > 0.05$ ). De igual manera, al momento de comparar entre los tratamientos, no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). No hubo interacción entre el uso de coberturas y los días de maduración, tampoco hubo significancia en estos parámetros por separado ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 3) (Anexo H).

Los valores obtenidos para el valor a resultan similares en los estudios realizados por Franco y colaboradores en 2009 en vacas Holstein-Friesian de descarte específicamente en tiempos de maduración de 21 y 28 días, con valores en a de 20.84 y 20.93 respectivamente, donde no obtuvieron diferencia significativa en este parámetro. El color rojizo de la carne está dado por el contenido y el estado de la mioglobina, esta al tener condiciones de oxígeno forma la oximiogloblina presentando así un color rojizo brillante. Por otro lado, al presentarse condiciones de almacenamiento prolongado en presencia de aire, como es el caso de la maduración, se induce a la oxidación de la mioglobina dando origen al compuesto (metamioglobina) que le imprime un color más marrón a la carne (Geay

et al. 2001). En este estudio, los *Longissimus dorsi* que no presentaron cobertura alguna, sufrieron la presencia de la metamioglobina en la parte externa, no siendo así en la parte interna del corte. Por otra parte, los músculos que, sí presentaron cobertura de algún tipo, no sufrieron este proceso de oxidación de la mioglobina en la parte externa.

### Cuadro 3

*Resultados de análisis de color en la escala a en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte antes y después de maduración.*

Tratamiento <sup>NS*</sup>	Antes de maduración <sup>NS</sup>	Después de maduración <sup>NS</sup>
	Media ± D.E C.V = 2.43%	Media ± D.E C.V = 3.22%
21SC	19.27 ± 1.94	18.20 ± 3.49
28SC	16.66 ± 2.35	21.41 ± 1.95
21CGV	18.53 ± 1.85	16.23 ± 5.75
28CGV	18.46 ± 4.33	17.91 ± 5.94
21CGA	18.94 ± 3.96	16.82 ± 1.41
28CGA	18.42 ± 1.74	17.28 ± 2.90

*Nota.* Músculo Longissimos dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

Escala a = Coordenada de cromaticidad, valores comprendidos entre -60 (verde) y 60 (rojo)

D.E.= Desviación Estándar

C.V.= Coeficiente de Variación

<sup>NS\*</sup> No significativo entre el inicio y el final de cada tratamiento entre filas ( $P > 0.05$ )

<sup>NS</sup> No significativo entre tratamientos de la misma columna ( $P > 0.05$ )

En cuanto al valor b, al comparar el efecto del tratamiento antes y después de maduración, no se obtuvieron cambios significativos ( $P > 0.05$ ). De igual manera, al momento de comparar entre los tratamientos, no se encontró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ). No hubo interacción entre el uso de coberturas y los días de maduración, tampoco hubo significancia en estos parámetros por separado ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 4) (Anexo H).

Debido a las características del músculo *Longissimus dorsi* este tiene poca presencia de grasa, dado esto, los valores b son bajos. El color amarillo característico de la grasa está dado por la presencia de carotenoides ( $\beta$ -caroteno) estos presentes en la alimentación suministrada a los animales, ya que

los animales dependen del alimento para conseguir estos carotenoides que están presentes normalmente en la sangre y tejidos (Dunne et al. 2010).

El estudio realizado por Jaramillo Recalde en el 2016, no presentó diferencia significativa en el valor b en los diferentes tiempos (0, 12, 15 y 18 días) y métodos de maduración (Seca y húmeda). De igual forma, Ismail y colaboradores en 2008, no encontraron diferencia en los valores b a los 21 días de maduración, en los cuales tomó muestras de la superficie del corte como del interior del mismo, adicionalmente, tampoco presentó diferencia en los valores L y a.

Las mediciones de color tienen a ser muy afectadas por diferentes factores como la nutrición del animal, la velocidad de enfriamiento de la canal, el tipo de músculo, la orientación de las fibras, el pH del músculo, el tiempo y la temperatura de almacenamiento *postmortem* y la concentración y el estado de la mioglobina (Tapp et al. 2011).

#### Cuadro 4

*Resultados de análisis de color en la escala b en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte antes y después de maduración.*

Tratamiento <sup>NS*</sup>	Antes de maduración <sup>NS</sup>		Después de maduración <sup>NS</sup>	
	Media ± D.E	C.V = 3.07%	Media ± D.E	C.V = 2.64%
21SC	14.42 ± 1.98		13.66 ± 2.49	
28SC	13.56 ± 1.52		15.87 ± 1.49	
21CGV	13.46 ± 2.23		14.49 ± 2.64	
28CGV	18.46 ± 4.33		17.91 ± 5.94	
21CGA	15.35 ± 2.82		13.94 ± 1.35	
28CGA	14.20 ± 2.86		13.69 ± 2.47	

*Nota.* Músculo Longissimos dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

Escala b = Coordenada de cromaticidad, valores comprendidos entre -60 (azul) y 60 (amarillo)

D.E.= Desviación Estándar

C.V.= Coeficiente de Variación

<sup>NS\*</sup> No significativo entre el inicio y el final de cada tratamiento entre filas (P > 0.05)

<sup>NS</sup> No significativo entre tratamientos de la misma columna (P > 0.05)

La fuerza de corte registrada para los tratamientos no presentó diferencia significativa (P > 0.05) al comparar entre tratamientos (Cuadro 5). No hubo interacción entre el uso de coberturas y los

días de maduración, tampoco hubo significancia en estos parámetros por separado ( $P > 0.05$ ) (Anexo H).

La ternura de la carne se midió utilizando la escala Warner Blatzer (WB), la cual asocia la fuerza necesaria para cortar la carne con distintas escalas de aceptación. La escala propuesta por Shackelford y colaboradores en 1995, indica que valores menores a 22.26 N se considera el corte como tierno. Caso distinto, según la ASTM (2011), para que un corte sea considerado como tierno deber tener una fuerza de corte de 43.1 N. No se pueden obtener una discusión concreta sobre este parámetro en el estudio debido a que hubo un error en la medición de los datos, al ajustar el texturómetro a un valor meta de 20 Newtons. Shorthose y Harris 1990 aseguran que en el caso del músculo *Longissimus dorsi* no existe un efecto que se relacione la fuerza de corte Warner-Blatzer (WB) con el aumento de la edad del animal y con el aumento del peso de la canal. Estudios similares realizados en vacas Holstein de descarte con edades entre 7 y 8 años, con un tiempo de madurado de 7 y 14 días, si encontraron optimización en parámetros de fuerza de corte obteniendo mejores resultados en ternura (Franco et al. 2009).

Es de esperar que a medida que un animal envejece, este presenta un colágeno más reticulado y resistente al calor por lo cual hay más variación en la ternura (Obuz et al. 2014). El debilitamiento de la estructura miofibrilar por proteinasas endógenas es responsable de mejorar la ternura *postmortem* de la carne. Estas enzimas son denominadas como calpaínas, las cuales son activadas en presencia de ion calcio en concentraciones micro molares (calpaína I) y mili molares (calpaína II). Otro componente presente es un inhibidor altamente específico denominado calpastatina, que necesita concentraciones de calcio más elevadas para que estas se activen y se unan a las calpaínas (Ouali y Talmant 1990). El sistema proteolítico de calpaína-calpastatina está influenciado directamente por el pH muscular, concentración de calcio muscular, genética del animal y la edad del animal (du Toi y W. Oguttu 2013). Dichos estudios aún no son contundentes.

**Cuadro 5**

*Resultados de la fuerza de corte de los tratamientos cocinados después de maduración en Newtons*

*(N) en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte.*

Tratamiento	Después de maduración <sup>NS</sup>
	Media (N) ± D.E C.V = 0.61%
21SC	20.53 ± 0.16
28SC	20.71 ± 0.17
21CGV	20.55 ± 0.04
28CGV	20.82 ± 0.09
21CGA	20.73 ± 0.25
28CGA	20.51 ± 0.22

*Nota.* Músculo Longissimos dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

D.E.= Desviación Estándar

N= Newton

C.V.= Coeficiente de Variación

<sup>NS</sup> No significativo entre tratamientos de la misma columna (P > 0.05)

El porcentaje de pérdida de peso por purga y costra en este estudio se refiere a la pérdida de agua durante la maduración en los tratamientos sin cobertura y con presencia de cobertura (Removida antes de ser pesado el músculo). La maduración en seco sin cobertura, tanto en el día 21 y el día 28, presentaron valores de 27.12 y 31.31% respectivamente (Cuadro 6). Porcentajes de pérdida de peso por purga y costra disminuyen considerablemente durante la maduración en seco con cobertura, tanto de grasa animal como vegetal.

El porcentaje de pérdida por recorte, ubicado en la tercera columna del Cuadro 6, es el peso después del recorte de las costras en la maduración en seco y en los tratamientos con presencia o ausencia de coberturas, posterior a que los músculos cumplen su tiempo de maduración. Los tratamientos que utilizaban coberturas de grasa disminuyeron considerablemente la pérdida por recorte (0.07 - 9.12%) en comparación con los tratamientos sin coberturas (25.60 - 27.51%), debido a que la grasa en el área superficial de los lomos limitaba la pérdida de humedad, imposibilitando la formación de costra.

En el caso de la pérdida de peso combinados, ubicado en la cuarta columna del Cuadro 6, se realizó una comparación entre la pérdida obtenida por el recorte de las costras y el peso del músculo antes de ser madurado. La pérdida de peso combinados para los tratamientos sin cobertura obtuvo valores entre 45.78 y 50.15% de pérdida, mientras que los tratamientos con cobertura tienen una pérdida entre 11.13 y 16.98% (Cuadro 6).

No hubo interacción entre el uso de coberturas y los días de maduración, tampoco hubo significancia en los días de maduración ( $P > 0.05$ ). El uso de cobertura mostro ser significativo en el estudio ( $P \leq 0.05$ ), las coberturas de grasa animal y vegetal presentaron menores pérdidas para las tres variables representadas en el Cuadro 6 (Anexo H).

Se tuvo una disminución significativa en los porcentajes de los tres tipos de pérdida cuando se usan coberturas de grasa de origen animal o vegetal durante la maduración del musculo en seco.

Situación similar de mejora de rendimientos se presentó en un estudio donde comparaban la maduración en seco y maduración en húmedo (Obuz et al. 2014). Los autores reportaron un porcentaje de pérdida de peso por recorte de 24% en maduración en seco, asemejándose a este estudio. Mientras que en la perdida combinada se obtuvo un porcentaje de pérdida del 37%, siendo un poco más bajos a los obtenidos. Los porcentajes de pérdida en la maduración en húmedo, para recorte y combinada, fueron de menos del 5%, asemejándose a los obtenidos en los tratamientos con cobertura de grasa en el caso de pérdida por recorte, y siendo más bajos que los obtenido en la pérdida de peso combinados.

La maduración en seco presenta desventajas significativas por pérdida de peso provocada principalmente por el descenso del contenido de agua debido a la desecación de la capa externa, la cual debe ser removida (Matthews 2010). El costo que representa realizar este proceso es elevado, debido a las perdidas por recorte. Estudios previos demuestran que la maduración en seco concentra los sabores, pero también pierde alrededor del 5 y 25% del peso inicial, siendo esta la razón principal por la cual este tipo de productos de alta calidad cuestan más que uno no madurado (Dashdorj et al.

2016). De acuerdo con el Anexo A, los tratamientos con coberturas de grasa, debido a su poca pérdida de humedad durante el proceso, dejan un mejor margen de ganancia a comparación con los tratamientos dónde no se usaron coberturas.

### Cuadro 6

*Resultados de análisis de pérdidas de peso en porcentaje de los tratamientos luego de maduración en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte.*

Tratamiento	Pérdida de peso por purga	Pérdida de peso por recorte	Pérdida de peso combinados
	Media (%) ± D.E C.V = 33.01%	Media (%) ± D.E C.V = 33.33%	Media (%) ± D.E C.V = 30.75%
21SC	27.12 ± 2.01 <sup>b</sup>	25.60 ± 1.56 <sup>b</sup>	45.78 ± 2.00 <sup>b</sup>
28SC	31.31 ± 4.78 <sup>b</sup>	27.51 ± 3.46 <sup>b</sup>	50.15 ± 5.88 <sup>b</sup>
21CGV	8.61 ± 4.23 <sup>a</sup>	9.12 ± 2.81 <sup>a</sup>	16.98 ± 3.64 <sup>a</sup>
28CGV	7.50 ± 1.77 <sup>a</sup>	6.43 ± 4.77 <sup>a</sup>	13.40 ± 7.03 <sup>a</sup>
21CGA	10.58 ± 3.27 <sup>a</sup>	6.61 ± 3.41 <sup>a</sup>	15.61 ± 3.96 <sup>a</sup>
28CGA	4.74 ± 3.40 <sup>a</sup>	6.07 ± 1.50 <sup>a</sup>	11.13 ± 7.70 <sup>a</sup>

*Nota.* Músculo Longissimus dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

D.E.= Desviación Estándar

C.V.= Coeficiente de Variación

<sup>ab</sup> Medias seguidas con letras distintas en cada columna indican diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ )

La pérdida por cocción se mantuvo igual, tanto antes de maduración como después de maduración para los tratamientos sin cobertura y para el tratamiento con 21 días de maduración con presencia de cobertura vegetal ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 7). Con respecto a la separación de medias, no hubo diferencia significativa entre los tratamientos antes de maduración. Por otro lado, los tratamientos después de maduración que obtuvieron menores pérdidas de cocción fueron los que no tenían presencia de cobertura, el día 21 y 28 (27 y 25.68% respectivamente).

No hubo interacción entre el uso de coberturas y los días de maduración, tampoco hubo significancia en los días de maduración ( $P > 0.05$ ). El uso de cobertura mostro ser significativo en el estudio ( $P \leq 0.05$ ) (Anexo H).

Los rendimientos de cocción obtenidos en un estudio donde comparan diferentes días de maduración del lomo en vacas de descarte de la raza Holstein-Fresian, obtuvieron para el día 21 y 28

de maduración rendimientos de cocción del 24 y 28%, respectivamente (Franco et al. 2009). Asemajándose a los datos reportados en este estudio. Por otro lado, porcentajes mayores fueron reportados por Utama DTri y colaboradores en el 2020, en vacas de descarte de entre 5 y 6 años, donde en la maduración de 20 y 24 días obtuvieron pérdidas de alrededor de 30% para ambos tratamientos.

Los tratamientos cubiertos con grasa tuvieron pérdidas de cocción mayores, esto es debido a que había más humedad disponible para que fuese evaporada (Obuz et al. 2014). Situación similar se presenta cuando se compara la maduración en seco con maduración en húmedo.

Durante el envejecimiento, las estructuras musculares se sueltan por la degradación de las proteínas miofibrilares y citoesqueléticas. Además, la interacción ion-proteína cambian y el espacio capilar donde es accesible el agua se vuelve más grande. Estos cambios permiten que la carne retenga más agua (Brugiapaglia et al. 2015).

## Cuadro 7

*Resultados de análisis de pérdida de peso por cocción en porcentaje antes y después de maduración en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte.*

Tratamiento	Antes de maduración <sup>NS</sup>	Después de maduración
	Media (%) ± D.E C.V = 0.19%	Media (%) ± D.E C.V = 0.08%
21SC	25.04 ± 0.08 <sup>a</sup>	27.00 ± 0.01 <sup>ay</sup>
28SC	28.04 ± 0.06 <sup>a</sup>	25.68 ± 0.03 <sup>ay</sup>
21CGV	25.70 ± 0.06 <sup>a</sup>	35.01 ± 0.03 <sup>ax</sup>
28CGV	25.68 ± 0.04 <sup>a</sup>	35.00 ± 0.01 <sup>bx</sup>
21CGA	27.03 ± 0.04 <sup>a</sup>	36.34 ± 0.03 <sup>bx</sup>
28CGA	24.00 ± 0.03 <sup>a</sup>	34.35 ± 0.05 <sup>bx</sup>

*Nota.* Músculo Longissimos dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con

Cobertura de Grasa Animal (CGA).

D.E.= Desviación estándar

C.V.= Coeficiente de variación

<sup>NS</sup> No significativo entre tratamientos en la misma columna (P > 0.05)

<sup>ab</sup> Medias seguidas con letras distintas entre el inicio y el final de cada tratamiento indican diferencia significativa entre tratamientos de la misma fila (P ≤ 0.05)

<sup>xy</sup> Medias seguidas con letras distintas en la misma columna indican diferencia significativa entre tratamientos (P ≤ 0.05)

## Análisis Microbiológicos

Se tomaron muestreos microbiológicos una vez finalizados los días de maduración para todos los tratamientos, con el fin de comparar si existe una diferencia en los conteos cuando se realiza una maduración en seco sin cobertura y con cobertura de grasa.

No se encontró diferencia significativa en los conteos de bacterias mesófilas aerobias entre tratamientos, por lo cual, la implementación de coberturas de grasa durante la maduración no es un factor que afecte la calidad microbiológica de la carne para este parámetro (Cuadro 8). No hubo interacción entre el uso de coberturas y los días de maduración, tampoco hubo significancia en los dos parámetros por separado (P > 0.05), en el caso de bacterias mesófilas aerobias. Caso contrario en lo ocurrido para la variable de coliformes totales (P ≤ 0.05) (Anexo H).

Por otro lado, todos los tratamientos tuvieron ausencia de *Escherichia coli*, siendo este un parámetro donde se espera que no haya crecimiento. Debido a las condiciones de temperatura y

humedad relativa donde se da la maduración en seco, se previene el crecimiento de bacterias patógenas como *Salmonella* sp. *Staph. aureus*, *L. monocytogenes* y *E. coli* O157:H7 (MLA 2018).

Según el suplemento 212 de la solicitud maestra de AMS para la compra de productos de carne de vacuno frescos y deshuesados para el procesamiento adicional en artículos completamente cocinados para su distribución a programas federales de asistencia de alimentos y nutrición dado por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos en el 2017, la carne obtenida del presente estudio sí cumple con los límites microbiológicos. Dicho suplemento especifica que los conteos microbiológicos para bacterias mesófilas aerobias y coliformes totales, debían estar por debajo de 6.7  $\text{Log}_{10}(\text{UFC/g})$  y 3  $\text{Log}_{10}(\text{UFC/g})$ , respectivamente.

En un estudio similar donde medían la calidad microbiológica de carne madurada en seco y en húmedo en diferentes tiempos, obtuvieron conteos elevados de bacterias mesófilas aerobias para el día 21 y 28, siendo los resultados de 7.92  $\text{Log}_{10}(\text{UFC/g})$  y 8.63  $\text{Log}_{10}(\text{UFC/g})$  respectivamente. Tampoco se encontró presencia de *E. coli* en las muestras analizadas (Demircioglu Karaca y Kayaardi c2020). En el mismo estudio se afirmó que los microorganismos que crecen en la superficie de la carne pueden tener un efecto protector para el interior junto con las bajas temperaturas de almacenamiento.

Otro estudio reveló que la maduración en seco con una humedad relativa del 85% tenía conteos de bacterias mesófilas aerobias, en promedio, de 5.26  $\text{Log}_{10}(\text{UFC/g})$ , mientras que para una humedad relativa del 65%, eran de 2.65  $\text{Log}_{10}(\text{UFC/g})$ . Se recomendó realizar más estudios sobre las propiedades físico-químicas de la carne, la humedad relativa variable y alta controlada, relacionada con diferentes tiempos de maduración y tasas de pérdida de humedad, con el fin de aumentar la calidad de este producto de alto valor comercial (Bernardo et al. 2020). Los resultados obtenidos con humedad relativa de 85% son semejantes a los de este estudio.

Una investigación realizada por la Universidad de Nebraska en el 2020, asegura que el efecto de la capa seca que se forma al exterior de la carne en combinación con las bajas temperaturas inhibe

el crecimiento de los microorganismos después de los 14 días de maduración (Azevedo Ribeiro 2020). Se puede decir que el efecto que tiene los recubrimientos de grasas sobre el crecimiento de bacterias mesófilas aerobias es igual al efecto que brinda la capa seca formada en los tratamientos sin cobertura durante la maduración.

### Cuadro 8

*Resultado de conteos en microorganismos indicadores de los tratamientos luego de maduración en el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte.*

Tratamiento	BMA <sup>NS</sup> Log <sub>10</sub> (UFC/g)	CT Log <sub>10</sub> (UFC/g)
	Media ± D.E C.V = 15.38%	Media ± D.E C.V = 29.99%
21SC	4.61 ± 0.64	1.06 ± 0.40 <sup>ab</sup>
28SC	4.40 ± 0.52	0.69 ± 0.00 <sup>b*</sup>
21CGV	5.71 ± 0.75	2.24 ± 0.57 <sup>a</sup>
28CGV	5.58 ± 0.76	1.16 ± 0.41 <sup>ab</sup>
21CGA	6.05 ± 1.07	2.39 ± 0.37 <sup>a</sup>
28CGA	5.32 ± 1.18	1.35 ± 0.89 <sup>ab</sup>

*Nota.* Músculo Longissimus dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con

Cobertura de Grasa Animal (CGA).

BMA = Bacterias mesófilas aerobias

CT = Coliformes totales

D.E.= Desviación estándar

C.V.= Coeficiente de variación

<sup>NS</sup> No significativo entre los tratamientos (P > 0.05)

<sup>abc</sup> Medias seguidas con letras distintas indican diferencia significativa entre tratamientos (P ≤ 0.05)

\*El valor de 0.69 es expresado con un conteo de <10 UFC/g

### Análisis Sensorial

Acorde a los resultados obtenido en el Cuadro 9, los panelistas no encontraron diferencia significativa (P > 0.05) entre los tratamientos presentados para el atributo de color. La interacción entre los días de maduración y la presencia o ausencia de coberturas no fue significativa para este parámetro (P > 0.05) (Anexo I). Sin embargo, los resultados indican que los panelistas valoraron mejor este parámetro, dando así un valor de “me gusta moderadamente” dentro de la escala hedónica.

Resultados similares obtuvo López Alvarado en el 2009, al no obtener diferencia significativa en este aspecto a través del tiempo de maduración (1 y 7 días). Esto se debe a una alta complejidad al momento de buscar diferencias entre tratamientos ya que todos se cocinan bajo los mismos parámetros (Temperatura, porcentaje de sal y mismo equipo de cocción). Con respecto a esto, Bitnes y colaboradores en el 2009, postularon que el uso de panelistas no entrenados puede crear conflictos por la complejidad en parámetro de color.

Se puede realizar una comparación directa para el atributo de color con los resultados obtenidos en las escalas L (Cuadro 2), a (Cuadro 3) y b (Cuadro 4). Ambos resultados, tanto sensorial como instrumentalmente, no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados.

Los resultados en el Cuadro 9 en el atributo olor, muestran que los tratamientos 28 días con cobertura grasa animal (28CGA), 21 días sin cobertura (21SC), 28 días con cobertura grasa vegetal (28CGV) y 21 días con cobertura grasa vegetal (21CGV) obtuvieron los valores más altos. La interacción entre los días de maduración y la presencia o ausencia de coberturas fue significativa para este parámetro ( $P \leq 0.05$ ). Mientras que la variable cobertura y días de maduración no presentaron diferencias significativas por separado ( $P > 0.05$ ) (Anexo I). De acuerdo con el resultado obtenido, este tratamiento tiene una valoración de “me gusta poco” en la escala hedónica.

En la cocción, los precursores del sabor reaccionan entre sí y forman compuestos volátiles que enriquecen aún más el aroma de la carne (Dashdorj et al. 2016). Valores más bajos obtuvo Jaramillo Recalde en el 2016, en este parámetro al presentar diferencia significativa entre tratamientos, siendo la maduración húmeda por 18 días la que obtuvo mayor puntuación ( $6.18 \pm 1.70$ ), seguida de maduración seca por 18 días con un valor de ( $5.83 \pm 1.44$ ). Por otra parte, la carne que está en refrigeración durante largos periodos de tiempo empieza a desarrollar olores desagradables al no haber mantenido una temperatura adecuada de conservación. Esto provoca un olor a putrefacción en la carne y la oxidación de las grasas al momento de cocción (Miller 2006). Contrario a lo que se presenta en este estudio, ya que el olor no afectó en la aceptación de las piezas de carne.

El parámetro de sabor en el análisis sensorial presentó interacción ( $P \leq 0.05$ ) entre los días de maduración y la presencia o ausencia de coberturas. Mientras que la variable cobertura y días de maduración no presentaron diferencias significativas por separado ( $P > 0.05$ ) (Anexo I). Los tratamientos que presentaron mejor sabor para el consumidor fueron, 28 días de maduración con presencia de cobertura de grasa animal (28CGA), 21 días de maduración con presencia de cobertura vegetal (21CGV) y 21 días sin presencia de coberturas (21SC) (Cuadro 9). De acuerdo con el Anexo C, se puede observar que existe una correlación alta positiva a medida aumenta la aceptación general para este atributo sensorial.

El sabor en una carne de res añejada es descrito en diferentes trabajos como un perfil de sabor a carne, mantequilla, nuez y/o terroso. Las enzimas endógenas de la carne descomponen proteínas a péptidos y aminoácidos libres durante la maduración. Los aminoácidos alifáticos liberados son responsables del sabor dulce, mientras que la cisteína, metionina, ácido glutámico y asparagina se asocian al sabor umami. Además, los carbohidratos descompuestos aportan un sabor dulce, mientras que las grasas se degradan en ácidos grasos aromáticos. Estudios afirman que la carne de vacuno madurada en seco comienza a desarrollar sus sabores desde el día 14 y se intensifican a partir de entonces. Entre más tiempo de maduración, se vuelven más intensos y complejos los sabores, los cuales van desde un sutil sabor a nuez hasta leves sabores a hongos y umami (Dashdorj et al. 2016).

Una investigación dirigida al análisis sensorial comparando diferentes variables de maduración en seco durante 28 días en vacas de 4 años, obtuvo en promedio una calificación de cinco en el atributo de sabor para el tratamiento madurado a 2 °C con 75% HR. Dicha investigación realizó el análisis sensorial con 30 panelistas consumidores (Lee HJung et al. 2017). Estos resultados entran en la categoría “Ni me disgusta, ni me gusta”, mientras que en el presente estudio se obtuvieron resultados que entran entre las categorías “Me gusta poco” y “Me gusta moderadamente”.

Otro estudio donde maduraron en seco por 21 días el músculo *Longissimus dorsi* en vaquillonas Hereford de 2 años de edad, encontró que el atributo de sabor tenía en promedio una

calificación de 7 (“Me gusta moderadamente”) (Franco et al. 2008). Al comparar estos resultados con los del presente estudio, las calificaciones son cercanas con respecto a los tratamientos madurados por 21 días (6.31 a 6.82). Se debe tomar en cuenta que para este estudio se utilizaron vacas de descarte de una raza lechera, las cuales tienen calificaciones similares en la escala sabor con vaquillonas de una raza destinada para carne.

### Cuadro 9

*Puntuaciones de varios parámetros sensoriales para el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte madurados por 21 y 28 días.*

Tratamiento	Color <sup>NS</sup>	Olor	Sabor
	Media ± D.E C.V = 19.63%	Media ± D.E C.V = 20.27%	Media ± D.E C.V = 23.42%
21SC	7.11 ± 1.21	7.04 ± 1.33 <sup>ab</sup>	6.73 ± 1.39 <sup>ab</sup>
28SC	7.07 ± 1.41	6.77 ± 1.38 <sup>bc</sup>	6.25 ± 1.73 <sup>b</sup>
21CGV	7.02 ± 1.45	6.92 ± 1.49 <sup>abc</sup>	6.82 ± 1.50 <sup>a</sup>
28CGV	7.09 ± 1.67	6.94 ± 1.32 <sup>abc</sup>	6.51 ± 1.67 <sup>ab</sup>
21CGA	6.97 ± 1.31	6.57 ± 1.58 <sup>bc</sup>	6.31 ± 1.57 <sup>b</sup>
28CGA	7.11 ± 1.27	7.25 ± 1.29 <sup>a</sup>	6.96 ± 1.37 <sup>a</sup>

Nota. Músculo Longissimos dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

D.E.= Desviación estándar

C.V.= Coeficiente de variación

<sup>NS</sup> No significativo entre los tratamientos ( $P > 0.05$ )

<sup>abc</sup> Medias seguidas con letras distintas en cada columna indican diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ )

Escala hedónica de 1 a 9 (1 = Me disgusta extremadamente y 9 = Me gusta extremadamente).

El parámetro de textura presentó interacción ( $P \leq 0.05$ ) entre los días de maduración y la presencia o ausencia de coberturas. Mientras que la variable cobertura y días de maduración, no se reportaron diferencias significativas por separado ( $P > 0.05$ ) (Anexo I). Los tratamientos que presentaron mejor textura para el consumidor fueron el de 28 días de maduración con presencia de cobertura de grasa animal (28CGA), el de 21 días de maduración con presencia de cobertura vegetal (21CGV) y el de 21 días sin presencia de coberturas (21SC). Pero no habiendo diferencia significativa entre estos tres tratamientos ( $P > 0.05$ ) (Cuadro 10). De acuerdo con el Anexo C, se puede observar

que existe una correlación alta positiva a medida aumenta la aceptación general para este atributo sensorial.

Warren y Kastner en 1992, reportaron que después del día 11 de envejecimiento, el parámetro de textura tiene mejores puntajes que un control. En el mismo estudio, se demostró que los panelistas encontraban una mejor aceptación en la textura de la carne cuando alcanzaban el día 28. Por otro lado, Gudjónsdóttir y colaboradores en el 2015, reportaron que no había diferencias significativas hasta los 14 días de maduración, mientras que después de los 21 días hubo una desnaturalización significativamente mayor. Otros estudios reportan que no se encuentra diferencia significativa para este parámetro en el día 14 y el día 21 para maduración en seco. Mientras que otros investigadores reportaron que no hay mejoras significativas en la sensibilidad después de los 14 días.

En general, la carnes más oscuras tienen un proceso de maduración más difícil en comparación con carnes de colores más claros (Dashdorj et al. 2016). Muller en 1987, destaca que carnes de colores más oscuros son asociadas con animales más viejos o de escaso mantenimiento.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que los panelistas encontraron la textura de la carne entre los parámetros “Me gusta poco” y “Me gusta moderadamente”. Jaramillo Recalde en el 2016, reportó una calificación de 6.35 para este parámetro, en vacas Holstein de entre 3 y 4 años, entrando en la categoría de “Me gusta poco”. El tiempo de maduración que completo fue de 18 días. Al comparar con resultados, los obtenidos en el presente estudio son un poco mejores a los reportados por Jaramillo.

Se han encontrado resultados variados en como la maduración afecta la sensibilidad sensorial, algunos análisis reportan que la maduración tiene efectos mínimos o nulos en la percepción de la ternura del consumidor (Azevedo Ribeiro 2020).

El parámetro de jugosidad presentó interacción ( $P \leq 0.05$ ) entre los días de maduración y la presencia o ausencia de coberturas. Mientras que la variable cobertura y días de maduración, no se reportaron diferencias significativas por separado ( $P > 0.05$ ) (Anexo I). De acuerdo con los resultados

obtenidos en el Cuadro 10 en este parámetro, los tratamientos: 28 días con cobertura de grasa animal (28CGA), 21 días sin cobertura (21SC) y 21 días con cobertura de grasa vegetal (21CGV), obtuvieron las mejores calificaciones por parte de los panelistas. Pero no habiendo diferencia significativa entre estos tres tratamientos ( $P > 0.05$ ). Los resultados obtenidos en este estudio indican que los panelistas encontraron la jugosidad de la carne entre los parámetros “Me gusta poco” y “Me gusta moderadamente”. En el Anexo C se puede observar que existe una correlación alta positiva a medida aumenta la aceptación general para este atributo sensorial.

En el estudio realizado por Campbell y colaboradores en el 2001, encontró que hubo mayor valoración en este parámetro a los 21 días de maduración seca (Con valor de 9 en una escala de 15 puntos) comparado con los tratamientos con menos días (14 días con 8.4 de valoración, 7 días con 8.2 de valoración y el control con 0 días y una valoración de 8.3).

Las carnes maduradas en seco todavía son capaces de mantener la jugosidad luego de cocinarse, y esa jugosidad es incluso más apetecida que la jugosidad de una carne sin maduración (Dashdorj et al. 2016). Por otra parte, los factores que influyen en la jugosidad son básicamente el agua, los lípidos contenidos en el músculo y las condiciones de cocción (Fernández Mayer 2017).

El parámetro de aceptación general presentó interacción ( $P \leq 0.05$ ) entre los días de maduración y la presencia o ausencia de coberturas. Mientras que la variable cobertura y días de maduración, no se reportaron diferencias significativas por separado ( $P > 0.05$ ) (Anexo I). En base a los datos recopilados, los tratamientos de 28 días con cobertura grasa animal (28CGA), 21 días sin cobertura (21SC) y 21 días con cobertura de grasa vegetal (21CGV), obtuvieron las mejores calificaciones por parte de los panelistas. Pero no habiendo diferencia significativa entre estos tres tratamientos ( $P > 0.05$ ). Dando así un valor de “me gusta poco” y “me gusta moderadamente” en la escala hedónica.

Resultados similares se obtuvo en el estudio de Utama DTri y colaboradores en el 2020, en el cual usaron vacas de descarte de la raza Hanwoo con edades de 5 años y 6 años y medio, donde los

valores de aceptación general variaron entre las edades de los animales, no así entre los días de maduración (20 y 24 días de maduración seca).

### Cuadro 10

*Puntuaciones de varios parámetros sensoriales para el músculo Longissimus dorsi de vacas de descarte madurados por 21 y 28 días.*

Tratamiento	Textura	Jugosidad	Aceptación general
	Media $\pm$ D.E C.V = 23.73%	Media $\pm$ D.E C.V = 23.25%	Media $\pm$ D.E C.V = 18.07%
21SC	7.14 $\pm$ 1.33 <sup>a</sup>	7.38 $\pm$ 1.57 <sup>a</sup>	7.25 $\pm$ 1.11 <sup>ab</sup>
28SC	6.43 $\pm$ 1.94 <sup>c</sup>	6.37 $\pm$ 1.70 <sup>b</sup>	6.69 $\pm$ 1.30 <sup>b</sup>
21CGV	7.07 $\pm$ 1.60 <sup>ab</sup>	7.11 $\pm$ 1.64 <sup>a</sup>	7.03 $\pm$ 1.35 <sup>ab</sup>
28CGV	6.69 $\pm$ 1.78 <sup>bc</sup>	6.60 $\pm$ 1.66 <sup>b</sup>	6.91 $\pm$ 1.35 <sup>b</sup>
21CGA	6.52 $\pm$ 1.61 <sup>bc</sup>	6.48 $\pm$ 1.44 <sup>b</sup>	6.71 $\pm$ 1.30 <sup>b</sup>
28CGA	7.23 $\pm$ 1.42 <sup>a</sup>	7.40 $\pm$ 1.56 <sup>a</sup>	7.33 $\pm$ 1.14 <sup>a</sup>

*Nota.* Músculo Longissimos dorsi madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con

Cobertura de Grasa Animal (CGA).

D.E.= Desviación estándar

C.V.= Coeficiente de variación

<sup>ab</sup> Medias seguidas con letras distintas en cada columna indican diferencia significativa entre tratamientos ( $P \leq 0.05$ )

Escala hedónica de 1 a 9 (1 = Me disgusta extremadamente y 9 = Me gusta extremadamente).

### **Conclusiones**

Los tiempos de maduración evaluados y el uso de coberturas no afectan el color y el corte de fuerza de la carne, sin embargo, las coberturas si reducen el porcentaje de pérdida de peso y aumentan las pérdidas por cocción, con respecto a la maduración en seco convencional.

Los tiempos de maduración evaluados y la implementación de cobertura no afectan el conteo de bacterias mesófilas aerobias, pero sí afectan el de coliformes totales.

Sin cobertura y la cobertura vegetal requieren menores tiempo de maduración para obtener el mismo grado alto de aceptación general en comparación con la cobertura animal.

### **Recomendaciones**

Incluir factores que incrementan los niveles de calpastatina en reses.

Comparar diferentes niveles de humedad relativa durante la maduración y su relación con el crecimiento de microorganismos indicadores.

Establecer tiempos menores a 21 días con cobertura vegetal para determinar si existe diferencia significativa en los diferentes parámetros evaluados.

Evaluar diferentes músculos con animales de la misma raza y edades para determinar si el parámetro de fuerza de corte mejora a través del tiempo.

## Referencias

- Albertí, Ripoll G, Albertí C, Panea B. 2016. Clasificación objetiva del color de la carne de las denominaciones de venta de vacuno. Eurocarne; [consultado el 25 de may. de 2021]. (244). <https://calidadcarnecita.files.wordpress.com/2016/04/eurocarne-244-131-142-color-denominaciones-venta-vacuno.pdf>.
- Amaya Araujo MF. 2019. Efecto de la maduración húmeda y masajeo en características físicas, microbiológicas y sensoriales en el Longissimus dorsi de res [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 34 p; [consultado el 30 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6480/1/AGI-2019-T002.pdf>.
- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 2018. Standard specification for tenderness marketing claims associated with meat cuts derived from beef. United States: ASTM. 3 p. (F2925 - 11). 2018; [actualizado 2018; consultado el 1 de jun. de 2021]. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/F2925-11%20Standard%20Specification%20for%20Tenderness.pdf>.
- Azevedo Ribeiro F. 2020. Advancing the science of dry-aged beef [Tesis Doctoral]. Lincoln, Nebraska: University of Nebraska - Lincoln. 185 p; [consultado el 29 de may. de 2021]. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1219&context=animalscidiss>.
- Bernardo APDS, Da Silva ACM, Ferreira FMS, Do Nascimento MDS, Pflanzler SB. 2020. The effects of time and relative humidity on dry-aged beef: Traditional versus special bag. Food Sci Technol Int; [consultado el 29 de may. de 2021]. 1-9. eng. doi:10.1177/1082013220976487.
- Bitnes J, Ueland Ø, Møller PER, Martens M. 2009. Reliability of sensory assessors: issues of complexity. Journal of Sensory Studies. 24(1):25–40. doi:10.1111/j.1745-459X.2008.00193.x.
- Brewer MS, Jensen J, Sosnicki AA, Fields B, Wilson E, McKeith FK. 2002. The effect of pig genetics on palatability, color and physical characteristics of fresh pork loin chops. Meat Sci. 61(3):249–256. doi:10.1016/s0309-1740(01)00190-5.

- Brugiapaglia A, Destefanis G, Vincenti L. 2015. Extended dry ageing time effect on water holding capacity and colour of piemontese cull cow beef. En: Institut National de la Recherche Agronomique, editor. 61st International congress of meat science and technology: Think meat, think healthy: August 23rd-28th, 2015, Clermond-Ferrand, France: abstracts. Saint-Genès-Champanelle: French national Institute for agricultural research, INRA.
- Campbell RE, Hunt MC, Levis P, Chambers E. 2001. Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *J Food Science*. 66(2):196–199. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb11315.x.
- Consigli R. 2014. Influencia de la genética en la calidad de la res y carne. Argentina: Universidad Católica de Córdoba; [consultado el 1 de jun. de 2021]. <http://agro.unc.edu.ar/~mejoramientoanimal/wp-content/uploads/2014/11/PRACTICO-5-Gen%C3%A9tica-y-Calidad-de-Carne-resumido.pdf>.
- Cubero Rojas RA, 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*; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 24(2). <https://www.scielo.sa.cr/pdf/am/v24n2/a20v24n2.pdf>.
- Dashdorj D, Tripathi VK, Cho S, Kim Y, Hwang I. 2016. Dry aging of beef; Review. *J Anim Sci Technol*. 58(28):20. eng. doi:10.1186/s40781-016-0101-9.
- Demircioglu Karaca S, Kayaardı S. c2020. Effects of dry and wet aging on microbial quality of fresh beef. Irlanda: DiglCoMST; [consultado el 30 de may. de 2021]. 5 p. [https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/2013\\_06\\_31.pdf](https://digicomst.ie/wp-content/uploads/2020/05/2013_06_31.pdf).
- Departamento de Producción Animal. 2006. Incidencia de la alimentación en el engrasamiento de la canal; [consultado el 2 de jun. de 2021]. 1(1):1–36. [https://www.uco.es/zootecniaygestion/img/datos/06\\_18\\_52\\_trabajo\\_de\\_carne.pdf](https://www.uco.es/zootecniaygestion/img/datos/06_18_52_trabajo_de_carne.pdf).

- Doncel Díaz B, Vidal E, Pla M, Riet-Correa F, Giannitti F. 2020. Clasificación y criterios de descarte de vacas lecheras. Uruguay: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria; [consultado el 1 de jun. de 2021]. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/14745/1/SAD795-p.1-6-Doncel.pdf>.
- du Toi E, W. Oguttu J. 2013. Calpain and calpastatin activity post mortem and meat tenderness: are the two related? *Journal of Animal and Veterinary Advances*; [consultado el 26 de may. de 2021]. 12(6):683–688. [https://www.researchgate.net/publication/258707317\\_Calpain\\_and\\_Calpastatin\\_Activity\\_Post\\_Mortem\\_and\\_Meat\\_Tenderness\\_Are\\_the\\_Two\\_Related](https://www.researchgate.net/publication/258707317_Calpain_and_Calpastatin_Activity_Post_Mortem_and_Meat_Tenderness_Are_the_Two_Related).
- Dunne PG, Monahan F, Moloney AP. 2010. A note on the effect of "post-mortem" maturation on colour of bovine "*Longissimus dorsi*" muscle; [consultado el 25 de may. de 2021]. 49(2):153–158. <http://www.jstor.org/stable/41219180>.
- Fernández Mayer A. 2017. Calidad de la carne vacuna (factores que afectan la terneza). Argentina: Engormix; [consultado el 30 de may. de 2021]. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/calidad-carne-vacuna-factores-t40129.htm>.
- Franco D, Bispo E, González L, Vázquez JA, Moreno T. 2009. Effect of finishing and ageing time on quality attributes of loin from the meat of Holstein-Fresian cull cows. *Meat Sci.* 83(3):484–491. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2009.06.030.
- Franco J, Feed O, Garibotto G, Ballesteros F, Forichi E. 2008. Efecto de la maduración sobre la textura y calidad sensorial de la carne de vaquillonas Hereford. *Revista Argentina de Producción Animal*; [consultado el 29 de may. de 2021]. 28(1):39–44. <https://ppct.caicyt.gov.ar/index.php/rapa/article/download/3556/3335>.
- García Barros JA. 2020. Revisión de literatura sobre la maduración de carne vacuna, sus beneficios, retos y prácticas en la industria cárnica [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 44 p; [consultado el 27 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6899/1/AGI-2020-T020.pdf>.

- Geay Y, Bauchart D, Hocquette JF, Culioli J. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod Nutr Dev.* 41(1):1–26. eng. doi:10.1051/rnd:2001108.
- Gill AD, Huertas SM, Rampoldi O. [fecha desconocida]. Composición de la grasa de cobertura en bovinos según diferentes tipos de alimentación. Uruguay: Bienestar Animal; [consultado el 1 de jun. de 2021]. [http://www.bienestaranimal.org.uy/files/n\\_7.pdf](http://www.bienestaranimal.org.uy/files/n_7.pdf).
- Gruber SL, Tatum JD, Scanga JA, Chapman PL, Smith GC, Belk KE. 2006. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *J Anim Sci.* 84(12):3387–3396. eng. doi:10.2527/jas.2006-194.
- Gudjónsdóttir M, Gacutan MD, Mendes AC, Chronakis IS, Jespersen L, Karlsson AH. 2015. Effects of electrospun chitosan wrapping for dry-ageing of beef, as studied by microbiological, physicochemical and low-field nuclear magnetic resonance analysis. *Food Chemistry.* 184:167–175. eng. doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.088.
- Hasret U. 2004. Effect of wheat flour, whey protein concentrate and soya protein isolate on oxidative processes and textural properties of cooked meatballs. *Food Chemistry.* 87(4):523–529. doi:10.1016/j.foodchem.2004.01.002.
- Ismail HA, Lee EJ, Ko KY, Ahn DU. 2008. Effects of aging time and natural antioxidants on the color, lipid oxidation and volatiles of irradiated ground beef. *Meat Sci.* 80(3):582–591. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2008.02.007.
- Jaramillo Recalde AC. 2016. Efecto de dos métodos de maduración en las características físicas, microbiológicas y sensoriales del músculo Longissimus dorsi de res [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 30 p; [consultado el 12 de nov. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5768/1/AGI-2016-T023.pdf>.
- Khan MI, Jung S, Nam KC, Jo C. 2016. Postmortem aging of beef with a special reference to the dry aging. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 36(2):159–169. eng. doi:10.5851/kosfa.2016.36.2.159.

- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. 2008. Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of post-mortem conditioning. *Meat Sci.* 79(2):270–277. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2007.09.010.
- Lee HJ, Choe J, Kim KT, Oh J, Lee DG, Kwon KM, Choi YI, Jo C. 2017. Analysis of low-marbled Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods. *Asian-Australas J Anim Sci.* 30(12):1733–1738. eng. doi:10.5713/ajas.17.0318.
- Li X, Babol J, Wallby A, Lundström K. 2013. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Sci.* 95(2):229–234. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.05.009.
- López Alvarado BP. 2009. Evaluación de dos procesos de maduración en los músculos longissimus dorsi y bíceps brachii en carne de res [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 35 p; [consultado el 12 de nov. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/282/1/AGI-2009-T021.pdf>.
- Luengo J, Aros C, Gómez L. 1990. Determinación de la edad del bovino según las características morfológicas de los dientes incisivos. Contribución a la aplicación de la norma chilena 1423 of. 84. Terminología y clasificación. *Avance en Medicina Veterinaria.* 5(1). doi:10.5354/0719-5273.2010.10398.
- Matthews K. 2010. Comparison of three methods of packaging for the ageing/maturation of beef (dry ageing, ageing in a permeable vacuum pack and standard vacuum packaging). England: University of Bristol. 23 p; [consultado el 26 de may. de 2021]. [https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/dryageingofbeef\\_131210-final-report.pdf](https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/dryageingofbeef_131210-final-report.pdf).
- Miller R. 2006. Functionality of non-meat ingredients used in enhanced pork. Texas: American Meat Science Association Fact Sheet; [actualizado el 28 de ago. de 2019; consultado el 26 de may. de 2021]. <https://swine.extension.org/functionality-of-non-meat-ingredients-used-in-enhanced-pork/>.

- [MLA] Meat & Livestock Australia. 2018. Guidelines for the safe production of dry aged meat. Australia: [sin editorial]; [consultado el 29 de may. de 2021]. 32 p. <https://irp-cdn.multiscreensite.com/5eadafa5/files/uploaded/Guidelines%20for%20the%20safe%20production%20of%20dry%20aged%20meat%20%28002%29.pdf>.
- Muller L. 1987. Normas para avaliação de carcaças e concurso de carcaça de novilhos. Brasil: Universidade Federal de Santa Maria. 31 p.
- National Live Stock and Meat Board. 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat. Chicago: American Meat Science Association in cooperation with National Live Stock and Meat Board.
- Nowak D. 2011. Enzymes in tenderization of meat – the system of calpains and other systems. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 61(4):231–237. doi:10.2478/v10222-011-0025-5.
- Obuz E, Akkaya L, Gök V, Dikeman ME. 2014. Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of Longissimus lumborum steaks from cull Holstein cows. Meat Sci. 96(3):1227–1232. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.11.015.
- Oliván García M, Sierra Sánchez V, García Espina P. 2011. Efecto de la maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. Asturias, España: Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario. 8 p. Tecnología Agroalimentaria Informe no. 12; [consultado el 11 de may. de 2020]. <http://www.serida.org/pdfs/5574.pdf>.
- Ouali A, Talmant A. 1990. Calpains and calpastatin distribution in bovine, porcine and ovine skeletal muscles. Meat Sci. 28(4):331–348. doi:10.1016/0309-1740(90)90047-A.
- Perry N. 2012. Dry aging beef. International Journal of Gastronomy and Food Science. 1(1):78–80. doi:10.1016/j.ijgfs.2011.11.005.
- Piñero MP, Parra K, Huerta-Leidenz N, Arenas de Moreno L, Ferrer M, Araujo S, Barboza Y. 2008. Effect of oat's soluble fibre ( $\beta$ -glucan) as a fat replacer on physical, chemical, microbiological and sensory

properties of low-fat beef patties. *Meat Sci.* 80(3):675–680. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2008.03.006.

Ripoll García G, Panea Doblado B, Albertí Lasalle P. 2012. Apreciación visual de la carne bovina y su relación con el espacio de color CIELab. *Información Técnica Económica Agraria*; [consultado el 25 de may. de 2021]. 108(2):222–232. [https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2012/108-2/\(222-232\)%20A2289%20ITEA%20108-2.pdf](https://www.aida-itea.org/aida-itea/files/itea/revistas/2012/108-2/(222-232)%20A2289%20ITEA%20108-2.pdf).

Shackelford SD, Wheeler TL, Koohmaraie M. 1995. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *J Anim Sci.* 73(11):3333–3340. eng. doi:10.2527/1995.73113333x.

Shorthose WR, Harris PV. 1990. Effect of Animal Age on the Tenderness of Selected Beef Muscles. *J Food Science.* 55(1):1–8. doi:10.1111/j.1365-2621.1990.tb06004.x.

Soria LA, Corva PM. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal*; [consultado el 1 de jun. de 2021]. 12(2):73–88. <http://www.bioline.org.br/request?la04010>.

[SRD] Statista Research Department. 2021. Carne de vacuno: principales países productores en 2021. España: Statista; [actualizado el 19 de may. de 2021; consultado el 11 de may. de 2021]. <https://es.statista.com/estadisticas/635290/carne-de-vacuno-principales-paises-productores/>.

Tapp WN, Yancey JWS, Apple JK. 2011. How is the instrumental color of meat measured? *Meat Sci.* 89(1):1–5. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.11.021.

[USDA] United State Department of Agriculture. 2017. Supplement 212 to the ams master solicitation for purchase of fresh chilled boneless beef products for further processing into fully cooked items for distribution to federal food and nutrition assistance programs. Estados Unidos. 30 p. Informe no. 212; [consultado el 8 de mar. de 2017]. <https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/Supplement212FreshBonelessBeefProductsAugust2017.pdf>.

- Utama DT, Kim YJ, Jeong HS, Kim J, Barido FH, Lee SK. 2020. Comparison of meat quality, fatty acid composition and aroma volatiles of dry-aged beef from Hanwoo cows slaughtered at 60 or 80 months old. *Asian-Australas J Anim Sci.* 33(1):157–165. eng. doi:10.5713/ajas.19.0205.
- Uzcátegui Bracho S, Jerez Timaure N. 2008. Factores que afectan la actividad de las proteasas dependientes del calcio y su relación con el proceso de ablandamiento de la carne. *Archivos Latinoamericanos de Produccion Animal*; [consultado el 3 de jun. de 2021]. 16(3):177–186. [https://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/119-proteasas.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/119-proteasas.pdf).
- Vitale M. 2016. Maduración de la carne de vacuno: cómo se realiza y factores que la afectan. Cataluña, España: Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias; [consultado el 11 de sep. de 2020]. <https://www.ilerfred.com/wp-content/uploads/2016/10/Maduraci%C3%B3n-de-la-carne-de-vacuno.pdf>.
- Vitale M, Pérez-Juan M, Lloret E, Arnau J, Realini CE. 2014. Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. *Meat Sci.* 96(1):270–277. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.07.027.
- Warren KE, Kastner CL. 1992. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *Journal of Muscle Foods.* 3(2):151–157. doi:10.1111/j.1745-4573.1992.tb00471.x.
- Zhang W. 2009. Involvement of protein degradation, calpain autolysis and protein nitrosylation in fresh meat quality during early postmortem refrigerated storage [Tesis Doctoral]. United States: Iowa State University. 231 p.

## Anexos

## Anexo A

Costos variables en Lempiras (L) para la producción de 4 libras (1814.37 g) de lomo de res

(*Longissimus dorsi*) de cada tratamiento.

Ingredientes	Costos en L. / lomo de 4 lb		
	21SC	28SC	21CGV
Carne (L)	297.72	297.72	297.72
Cobertura grasa vegetal (L)	-	-	39.20
Cobertura grasa animal (L)	-	-	-
Pérdida combinada (%)	45.78	50.15	16.98
Cantidad perdida (lbs)	1.83	2.01	0.68
Costo por pérdida combinada (L)	136.30	149.31	50.55
Costo total L./ lomo de 4 lb	434.02	447.03	387.47

Nota. Músculo *Longissimus dorsi* madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV)

Ingredientes	Costos en L. / lomo de 4 lb		
	28CGV	21CGA	28CGA
Carne (L)	297.72	297.72	297.72
Cobertura grasa vegetal (L)	39.20	-	-
Cobertura grasa animal (L)	-	26.79	26.79
Pérdida combinada (%)	13.40	15.61	11.13
Cantidad de pérdidas (lbs)	0.54	0.62	0.45
Costo por pérdida combinada (L)	39.89	46.47	33.14
Costo total L./ lomo de 4 lb	376.81	370.98	357.65

Nota. Músculo *Longissimus dorsi* madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

## Anexo B

*Hoja de evaluación sensorial entregada a los panelistas para prueba de aceptación.*

### HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Cortes de lomo de res

Fecha: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

**Instrucciones:**

Frente a usted se presentan tres muestras de carne madurada. Por favor, observe y pruebe cada una de ella yendo de izquierda a derecha. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra escribiendo el número correspondiente en la línea del código de la muestra. Antes y después de probar cada muestra tome agua para limpiar el paladar. **Luego de haber evaluado las primeras tres, se le servirán otras tres muestras, por favor avisar para realizar el cambio.**

PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta poco
5	Ni me gusta/ Ni me disgusta
6	Me gusta poco
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

ATRIBUTO	CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:	CODIGO:
Color						
Olor						
Sabor						
Textura						
Jugosidad						
Aceptación general						

Comentarios: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

¡Gracias por tu participación!

### Anexo C

#### *Análisis de correlación de los atributos del análisis sensorial para todos los tratamientos*

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 90 Prob >  r  suponiendo Ho: Rho=0					
	Color	Olor	Textura	Jugosidad	Sabor
Aceptación	0.53789	0.61257	0.74831	0.66905	0.64899
general	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* Tratamiento 21 días de maduración y presencia de cobertura de grasa animal

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 90 Prob >  r  suponiendo Ho: Rho=0					
	Color	Olor	Textura	Jugosidad	Sabor
Aceptación	0.69684	0.50741	0.81411	0.72848	0.85517
general	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* Tratamiento 21 días de maduración y presencia de cobertura de grasa vegetal

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 90 Prob >  r  suponiendo Ho: Rho=0					
	Color	Olor	Textura	Jugosidad	Sabor
Aceptación	0.48066	0.50276	0.79069	0.68964	0.66623
general	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* Tratamiento 21 días de maduración sin presencia de coberturas

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 90 Prob >  r  suponiendo Ho: Rho=0					
	Color	Olor	Textura	Jugosidad	Sabor
Aceptación	0.5955	0.54997	0.80206	0.65125	0.73524
general	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* Tratamiento 28 días de maduración y presencia de cobertura de grasa animal

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 90 Prob >  r  suponiendo Ho: Rho=0					
	Color	Olor	Textura	Jugosidad	Sabor
Aceptación	0.61067	0.68296	0.82366	0.80299	0.78800
general	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* Tratamiento 28 días de maduración y presencia de cobertura de grasa vegetal

Coeficientes de correlación de Pearson, N = 90 Prob >  r  suponiendo Ho: Rho=0					
	Color	Olor	Textura	Jugosidad	Sabor
Aceptación	0.51774	0.65745	0.83298	0.78309	0.77653
general	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001

*Nota.* Tratamiento 28 días de maduración sin presencia de coberturas

### Anexo D

*Cuadro de probabilidades para la prueba t en todos los tratamientos, para las variables de escala de color y pérdida por cocción.*

Tratamiento	L	a	b	PPC
	Pr >  t	Pr >  t	Pr >  t	Pr >  t
21SC	0.2543	0.5599	0.9541	0.6969
28SC	0.8677	0.2474	0.3648	0.6013
21CGV	0.8486	0.6200	0.9217	0.0690
28CGV	0.5724	0.8700	0.1324	0.0141
21CGA	0.7838	0.2828	0.8965	0.0322
28CGA	0.4359	0.5888	0.4855	0.0155

*Nota.* Músculo *Longissimus dorsi* madurado entre 21 y 28 días (21 y 28), Sin Cobertura (SC), con Cobertura de Grasa Vegetal (CGV), con Cobertura de Grasa Animal (CGA).

PPC= Pérdida por Cocción

### Anexo E

*ANOVA para variables en la escala de color y pérdida por cocción, antes de maduración en todos los tratamientos.*

Variable	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	Valor F
L	0.3207	0.486450	9.726707	2.99
a	0.0570	0.676877	2.433855	2.99
b	0.6979	0.317596	3.069245	0.66
PPC	0.6272	0.349363	19.83106	0.77

*Nota.* CV= Coeficiente de Variación

L a b= Escalas de Color

PPC= Pérdida por Cocción

### Anexo F

*ANOVA para variables de escala de color, fuerza de corte, pérdida por purga, pérdida por recorte, pérdida combinada, Bacterias Mesófilas Aeróbicas, Coliformes Totales, después de maduración en todos los tratamientos.*

Variable	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	Valor F
L	0.1033	0.625114	8.049425	2.38
a	0.0541	0.736543	3.222830	3.99
b	0.3402	0.476889	2.637873	1.30
FC	0.0560	0.731873	0.608476	3.90
PPC	0.0074	0.798446	9.237820	5.66
BMA	0.2825	0.505889	16.28187	1.46
CT	0.0267	0.730288	35.33273	3.87
PP	<.0001	0.940149	23.58936	22.44
PR	0.0001	0.919175	27.92617	16.25
PC	<.0001	0.942226	21.64179	23.3

*Nota.* CV= Coeficiente de Variación; L a b= Escalas de Color; FC= Fuerza de Corte; PPC= Pérdida por Cocción; BMA= Bacterias Mesófilas Aeróbicas; CT= Coliformes Totales; PP= Pérdida por Purga; PR= Pérdida por Recorte; PC= Pérdida Combinada

**Anexo G**

*ANOVA para variables de análisis sensorial en todos los tratamientos evaluados.*

Variable	Pr > F	R <sup>2</sup>	CV	Valor F
Color	0.0561	0.031698	19.49388	2.49
Olor	0.0037	0.038664	20.17174	3.06
Textura	<.0001	0.098228	21.88856	8.28
Jugosidad	<.0001	0.119508	22.9582	10.32
Sabor	<.0001	0.076475	23.64227	6.29
Aceptación general	<.0001	0.094114	17.59394	7.90

*Nota.* CV= Coeficiente de Variación

### Anexo H

*Probabilidades para los parámetros de uso de coberturas, días de maduración e interacción entre ambas, para todas las variables del estudio.*

Variable	Uso de cobertura (P > F)	Días de maduración (P > F)	Interacción (P > F)
L	0.1053	0.3715	0.7419
a	0.1844	0.1967	0.689
b	0.4274	0.2195	0.5582
Fuerza de corte	0.7264	0.3688	0.0775
Pérdida por purga	<.0001	0.6108	0.0753
Pérdida por recorte	<.0001	0.9343	0.5564
Pérdida combinada	<.0001	0.6984	0.308
Pérdida por cocción	0.0135	0.349	0.3623
BMA	0.1471	0.4766	0.8551
Coliformes totales	0.0261	0.0116	0.4223

*Nota.* L a b= Escalas de Color; BMA= Bacterias Mesófilas Aerobias

### Anexo I

*Probabilidades para los parámetros de uso de coberturas, días de maduración e interacción entre ambas, para todos los parámetros de la evaluación sensorial del estudio.*

Variable	Uso de cobertura (P > F)	Días de maduración (P > F)	Interacción (P > F)
Color	0.9403	0.6393	0.8074
Olor	0.9802	0.2296	0.0037
Textura	0.8098	0.3295	<.0001
Jugosidad	0.8695	0.1423	<.0001
Sabor	0.5399	0.72	0.0012
Aceptación general	0.9056	0.8338	<.0001

## Anexo J

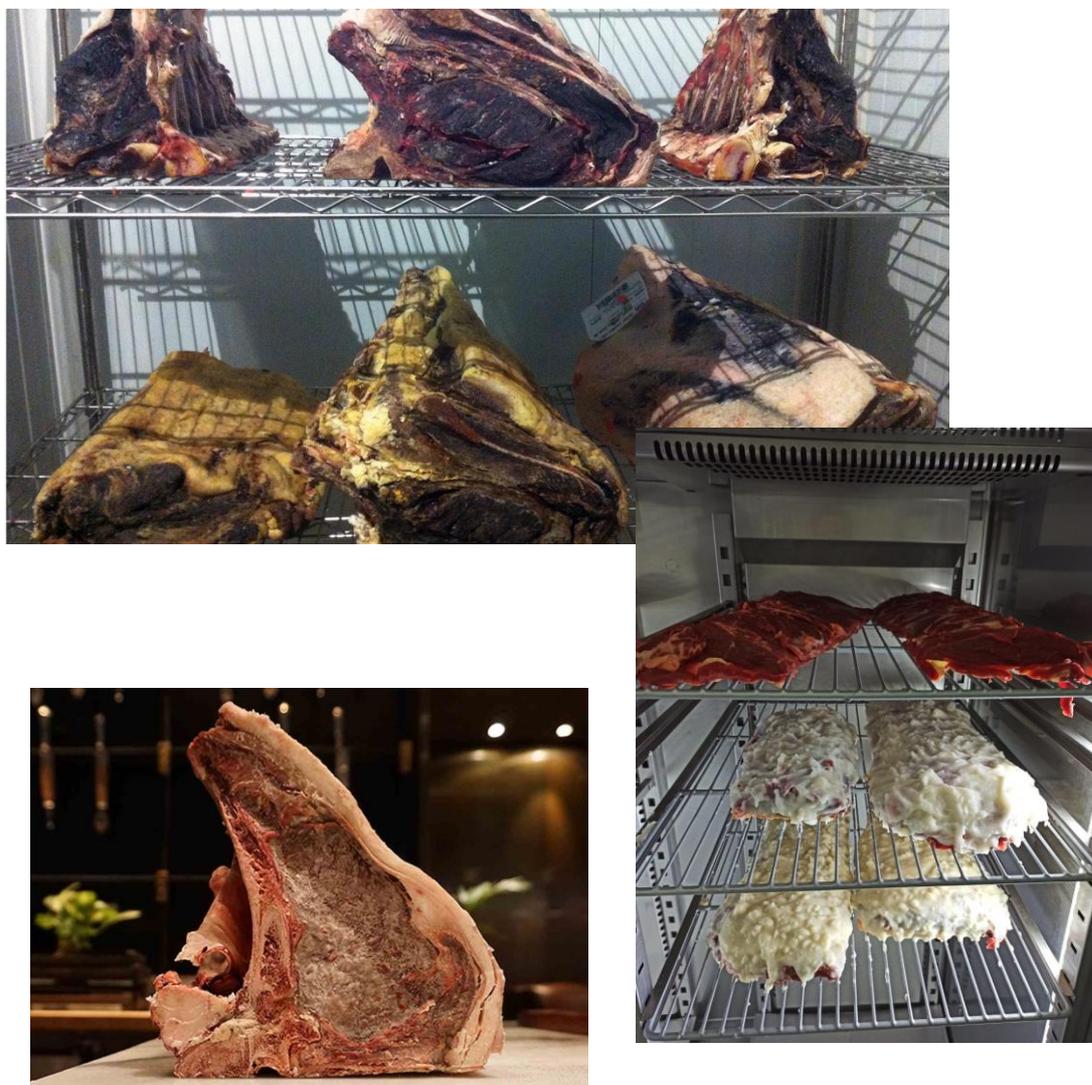
*Protocolo de maduración en seco del músculo Longissimus dorsi de res, con ausencia o presencia de coberturas de grasa*

### Protocolo de maduración en seco del músculo *Longissimus dorsi* de res, con ausencia o presencia de coberturas de grasa

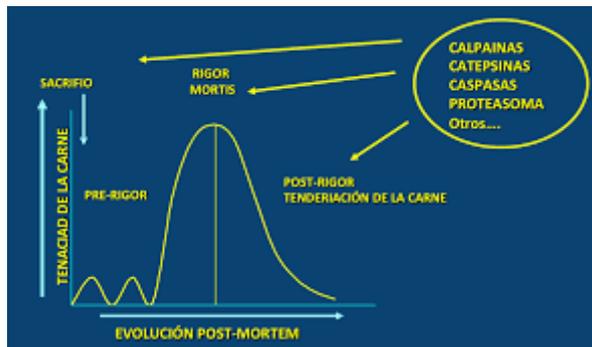
Elaborado por: Carlos Porras (21181) y Matías Frías (21214)

Revisado por: Adela Acosta Marchetti D.Sc.

Año de elaboración: 2021



## ¿Qué es la maduración?



Es el proceso progresivo de ablandamiento de la carne, la cual pasa por la acción continua de enzimas que rompen las proteínas contenidas en el músculo, posterior a la resolución del rigor mortis. Con el tiempo, estas enzimas naturales o endógenas, ablandan lentamente la carne y potencian su sabor.

Las modificaciones fisicoquímicas y los sistemas enzimáticos de la carne se ven implicados en el proceso de maduración, actuando de manera dependiente de la temperatura.

- Las caspasas están incluidas dentro de los sistemas enzimáticos, facilitando la acción posterior de calpaínas, proteasomas y catepsinas, las cuales son proteasas que intervienen en la degradación de la estructura proteica de la fibra muscular. Las caspasas antes que las demás, durante las primeras horas después del sacrificio, siendo esenciales para el ablandamiento de la carne.
- Las modificaciones fisicoquímicas que sufre el músculo post mortem pueden afectar el desarrollo de la maduración (directamente en la capacidad de retención de agua del músculo) dependiendo del pH.

Estudios realizados para maduración en seco especifican que el proceso debe de cumplir con los siguientes parámetros:

- Usar carne con una cobertura de grasa moderada o alta, con algo de marmoleo.
- Realizar la maduración en un rango de temperatura cercano a 0°C.
- Suficiente flujo de aire, el cual favorece secar la superficie de la carne evitando el crecimiento de mohos y bacterias.
- Controlar la humedad relativa, entre 75-85%, permitiendo un secado que favorezca una pérdida de peso aceptable comercialmente.

## Proceso clave para tener una maduración exitosa

Luego de la cosecha del animal la circulación sanguínea cesa, llevando consigo una serie de cambios: cesa la aportación de oxígeno y cesa la regulación hormonal (bajada de la temperatura de la canal). La ausencia de oxígeno contribuye a que no existan las condiciones de llevar procesos metabólicos típicos (procesos aeróbicos). El déficit de oxígeno hace que inicia la glucólisis anaerobia, utilizando ATP y obteniendo ácido láctico.

La producción de ácido láctico disminuye el pH, favoreciendo así la desnaturalización de las proteínas por proteasas ácidas (catepsinas) y neutras (calpaínas y proteosomas). Esta desnaturalización proteica favorece la liberación de agua, péptidos y aminoácidos, en otras palabras, la exudación. Dichas

proteínas desnaturizadas no son capaces de mantener el agua unida, determinando así la jugosidad que tendrá la carne.

Al ser agotadas las reservas de glucógeno, el sistema anaeróbico se detiene y empieza la liberación masiva de calcio dentro de las fibras musculares. Seguido se tiene una contracción muscular progresiva característica del rigor mortis. A medida el rigor mortis progresa, se da una baja de pH por la acumulación de ácido láctico dentro de las fibras musculares, llevando el pH desde 7-3-7.4, hasta 5.5-6 luego de las 24 horas post-mortem.

El pH final es un indicador de la calidad final de la carne, ya que está relacionado con parámetros tecnológicos y sensoriales que afectan la carne durante su vida útil. La medida de pH se debe realizar correctamente en músculos representativos de la canal, el lomo es uno de ellos, ya que alcanza el valor de pH final más rápido con respecto a otros cortes. Músculos del cuarto trasero, por sus características metabólicas, son más propensos a tener pH finales elevados. La bajada del pH en cada corte viene condicionada por la presencia de una mayor cantidad de fibras oxidativas.

Otro parámetro importante a tomar en cuenta es el enfriamiento de las canales luego que el animal es cosechado.

Cuando se cosecha el animal se ha eliminado el sistema circulatorio y eso trae consigo un alza de temperatura del músculo, porque las células están vivas y todavía producen calor. Por otro lado, ya no hay sangre circulando por el cuerpo. La sangre tiene como propósito el enfriamiento del cuerpo ya que se lleva ese calor hacia la piel, liberando el calor al medio ambiente. Entonces el animal va a subir la temperatura, actividad metabólica y después poco a poco va a bajar de temperatura.

Una alta temperatura de la canal en combinación con un pH bajo presentará problemas en la desnaturización de las proteínas. Se sabe que las proteínas se desnaturizan con alta temperatura y también con un pH bajo. Esto va a causar una menor capacidad de retención de agua.

Por otro lado, si se baja la temperatura muy rápidamente antes de que termine el proceso de rigor mortis con un alto pH, puede causar problemas posteriores de alta contracción y mayor eliminación de agua. La canal no debe ser enfriada tan rápido porque se quiere que pase naturalmente el descenso del pH.

Como regla de oro, no se debe reducir a 10°C la canal antes de las primeras 10 horas luego de la cosecha. Se debe reducir la temperatura de 38°C a 4°C en 24 horas con el propósito que llegue a una temperatura de inocuidad rápidamente. Si se enfría la canal a menos de 15°C antes del rigor mortis, habrá un acortamiento por frío, esto significa que los músculos se endurecerán altamente.

## Anomalías de la carne por factores de manejo inadecuado

DFD<sup>(1)</sup>

Carnes DFD (Oscura, Firme y Seca), también conocida como DCB (Corte Oscuro de Res), esta carne presenta tonalidades más oscuras que la normal, menos purga y por eso se siente como seca, cuando en realidad es una carne que tiene más agua que lo natural. Sin embargo, sigue siendo una carne anómala. Este tipo de carne no tienen una baja de pH normal, el pH se queda en 7.

Las carnes DCB están relacionadas con un mal manejo de los animales, animales cansados que no tienen glucógeno que se convierta en ácido láctico durante la conversión de músculo a carne. Si el animal se peleó o cansó por caminar mucho, se le quitó la alimentación más de 24 horas antes de la cosecha, resultan en una carne con alto pH.

### Condiciones recomendadas para la maduración en seco

La temperatura ideal para una maduración a largo plazo es de  $-0.5\text{ °C} \pm 1\text{ °C}$ . Si el producto se madura solo durante 1-2 semanas, es ideal una temperatura que esté entre 2 y 3 °C (Cuadro 1).

Mantener una temperatura estable es muy importante. La cámara de maduración debe tener un acceso independiente y separado del exterior mediante una sala pequeña refrigerada que evite la entrada de aire caliente y humedad.

Cuadro 1. Condiciones recomendadas para la maduración en seco

Condiciones	Intervalo sugerido	¿Qué pasa si es demasiado alta?	¿Qué pasa si es demasiado baja?
<b>Temperatura de almacenamiento</b>	0 - 4°C	Crecimiento microbiano excesivo y formación de esporas	No se desarrolla de manera correcta la maduración
<b>Humedad relativa</b>	65% - 85%	Crecimiento microbiano excesivo y formación de esporas	Pérdidas de peso excesivas, debido a que aumenta la evaporación del agua
<b>Velocidad del aire</b>	0.5 m/s – 2 m/s	Pérdidas de peso excesivas	Crecimiento microbiano excesivo y formación de esporas

## Flujo de proceso para maduración en seco (Figura 1)

PCR = Puntos Críticos Regulatorios

CP = Puntos de control

### PCR1: Recibo de la carne

La temperatura máxima permitida para recibir canales es de 7°C y 5°C para partes de las canales. Ambas temperaturas fueron establecidas por el Comité de Estándares de Carne y reflejan la temperatura mínima de crecimiento para patógenos Gram-negativos como *Salmonella* y *E. coli* O157 (7°C) y la temperatura especificada en la Norma 3.2.2 - Prácticas de Seguridad Alimentaria y Requisitos Generales del código para alimentos en exhibición (5°C), todo esto según la Norma Australiana para la producción y el transporte higiénicos de carne y productos cárnicos para consumo humano (AS 4696: 2007).

### Preparación de la carne para ser madurada

La carne debe ser preparada con el fin de obtener músculos de tamaños homogéneos, en esta etapa se puede realizar la remoción del hueso del lomo, aunque comúnmente la maduración se hace con el hueso.

Si la carne será madurada con presencia de coberturas de grasa, animal o vegetal, se debe considerar que la capa que se aplique sea lo suficientemente abundante para cubrir todo el lomo.



La grasa animal, si no se compra como tal, debe ser tomada de la grasa subcutánea de cerdos. Esta es cortada en cuadros pequeños y se pone en una olla a fuego medio hasta que toda la grasa se libere y quede una especie de aceite. Debe hacerse esta labor con mucho cuidado para evitar que la grasa se quemere, ya que esto puede provocar problemas posteriores al momento de ser aplicada. Una vez la grasa es extraída, esta es refrigerada para que tome una consistencia viscosa y sea más fácil de aplicar al lomo.



En el caso de la grasa vegetal, esta puede ser derretida a fuego lento, posteriormente debe ser refrigerada para que tome una consistencia viscosa y sea más fácil de aplicar al lomo.

#### **PCR2: Almacenamiento y manipulación de la carne**

Cuando se procesa la carne, como deshuesado, rebanado y empacado, la temperatura del ambiente en el área de procesamiento puede elevarse hasta 10°C. En el caso que se cubran los lomos con grasa antes de ser madurados, se debe hacer bajo estas mismas regulaciones.

- **PC1: Control de temperatura**

La temperatura para el proceso de maduración se debe manejar entre 1°C – 2°C, y deben ser monitoreadas y registradas diariamente.

- **PC2: Humedad relativa y flujo de aire**

La maduración debe realizarse bajo humedades relativas entre 75% - 85%, y deben ser monitoreadas y registradas diariamente.

La maduración debe realizarse bajo flujos de aire entre 0.2 – 0.5 m/s, y deben ser monitoreadas y registradas diariamente.



### Remover cortezas secas y/o coberturas de grasa

Si la maduración se realizó sin coberturas de grasa, se formará una corteza seca en el exterior del lomo producto de la evaporación del agua de la superficie. Esta debe ser removida, teniendo como producto final un corte de carne jugoso.

Si la maduración se realizó con presencia de coberturas de grasa, estas deben ser removidas en su totalidad luego de la maduración. Si en dado caso no se cubrió en su totalidad el lomo de res, se formarán pequeñas costras en algunos puntos las cuales deben ser removidas.



### Cortado en filetes

El lomo de res es cortado en filetes de grosores iguales, con el fin de obtener un producto más homogéneo.



### Empacado al vacío

Una vez el lomo está fileteado, estos cortes deben ponerse en bolsas especiales para empacar al vacío. El empaque al vacío se puede hacer con una empacadora al vacío industrial o una más pequeña comercial. Es importante el etiquetado de las bolsas para asegurar la trazabilidad y precisión del etiquetado. El empacado al vacío no extiende la vida útil del producto, solo protege la carne.



### Almacenamiento

En temperaturas de refrigeración (4°C), la carne madurada puede tener una vida útil de siete días, similar a cortes sin madurar.

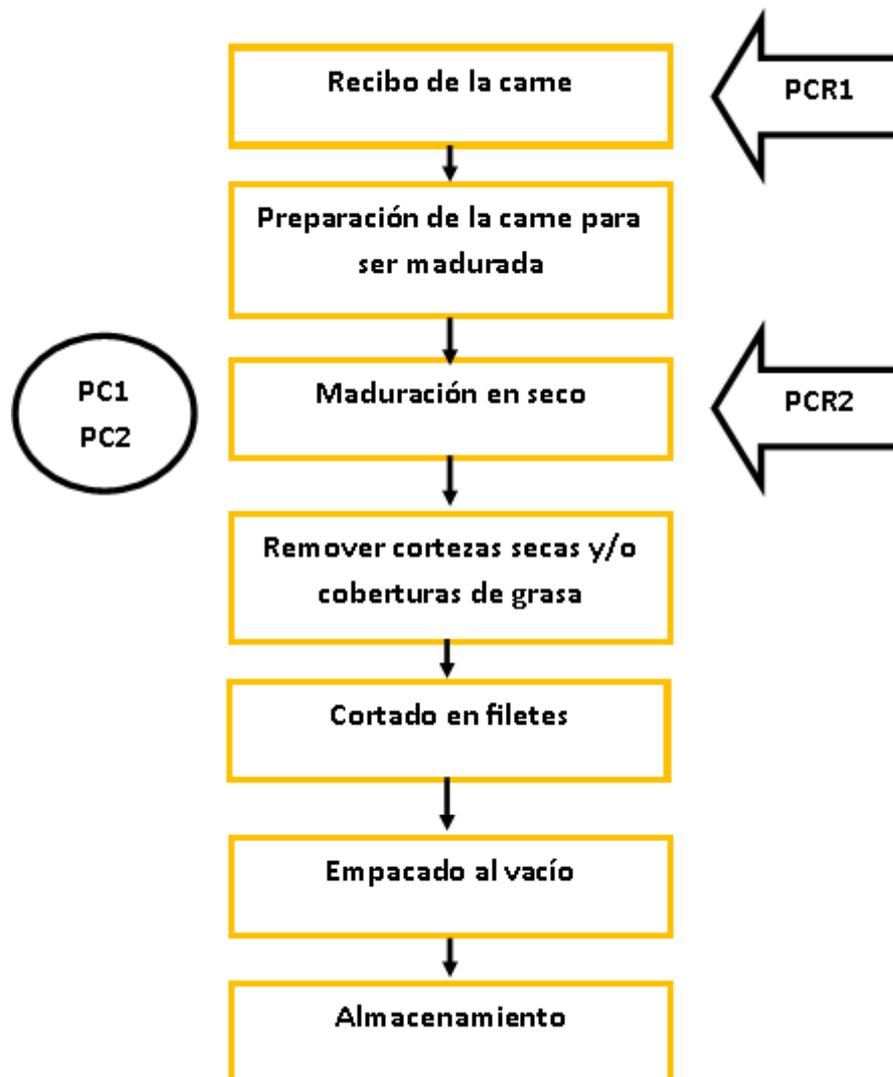


Figura 1. Flujo de proceso del proceso de maduración en seco

## Información específica de limpieza durante la maduración en seco

El proceso de maduración se realiza durante varias semanas, esto quiere decir que se estará introduciendo más producto a la sala o cabina de maduración en varios intervalos. Esto afectará la temperatura y la HR de la habitación en un grado relativamente pequeño y ambos parámetros deberían volver a su rango especificado. Es poco probable que la sala o cabina de maduración esté vacía, por lo que se deberá limpiar mientras el producto está dentro.

Estos son algunos aspectos a tomar en cuenta durante la limpieza de la sala o cabina de maduración:

- Se debe hacer la mayor cantidad de limpieza en seco posible, si se trae agua esto incrementará la temperatura y la humedad relativa.
- Usar un raspador para eliminar los sólidos del suelo, luego retirarlos con un cepillo.
- Si se limpia con agua, tratar de hacerlo con la cabina vacía o casi vacía. Se deben apagar los ventiladores para evitar que el agua contamine el producto.
- Limpiar manchas cada vez que sea necesario, usando cantidades mínimas de agua y detergente.
- Usar desinfectantes sin enjuague, como amonio cuaternario para minimizar el uso de agua.
- Secar toda la humedad que puede aparecer en las paredes o puertas de la cabina con esponjas o papel toalla.
- Revisar periódicamente la unidad de refrigeración: si hay moho en los ventiladores, rejillas y bandejas de goteo, deben ser limpiados, desinfectados y luego secados.
- Es recomendable nunca usar una manguera al momento de limpiar la cabina.

Es deseable mantener el nivel de esporas de moho en la columna de aire lo más bajo posible. Si encuentra moho en su carne, una de las causas puede ser que haya una acumulación de esporas de moho en la unidad de refrigeración y estas se están soplando constantemente sobre la carne.

## Literatura consultada

Vitale M. 2016. Maduración de la carne de vacuno: cómo se realiza y factores que la afectan. Programa de Calidad de Producto, IRTA. <https://www.ilerfred.com/wp-content/uploads/2016/10/Maduraci%C3%B3n-de-la-carne-de-vacuno.pdf>

MLA, Meat & Livestock Australia. 2018. Guidelines for the safe production of dry aged meat. <https://irp-cdn.multiscreensite.com/5eadafa5/files/uploaded/Guidelines%20for%20the%20safe%20production%20of%20dry%20aged%20meat%20%28002%29.pdf>