

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE VETERINARIA**

**EVALUACIÓN DEL TIPO DE MADURACIÓN (DRY Y WET) SOBRE LA  
CALIDAD INSTRUMENTAL DE LA CARNE VACUNA DURANTE 30 Y 60 DÍAS**

**por**

**Ignacio BISTOLFI  
María PEREIRA  
Thomas WHITE**

**TESIS DE GRADO** presentada como uno de los  
requisitos para obtener el título de Doctor en Ciencias  
Veterinarias

**Orientaciones: Higiene, Inspección, Control y  
Tecnología de los Alimentos de Origen Animal y  
Producción Animal**

**MODALIDAD: Ensayo experimental**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2021**

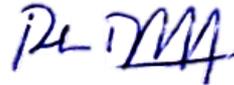
## PÁGINA DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa: Dr. Javier García



Segundo miembro (Tutor): Dr. Rafael Delpiazzo



Tercer miembro: Dr. Ariel Aldrovandi



Cuarto miembro: Dr. Juan Franco



Fecha:

13-diciembre-2021

Autores:



---

Ignacio Bistolfi Martinicorena



---

María Pereira Morixe



---

Thomas White Elhordoy

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestras familias y amigos.

A los Dres. Rafael Delpiazco y Juan Franco.

Al Dr. Oscar Feed.

Al Laboratorio de Calidad de Carne del Departamento de Tecnología de los Alimentos y personal de la EEMAC.

# TABLA DE CONTENIDO

	Página
Página de aprobación.....	2
Agradecimientos .....	3
Tabla de contenido .....	4
Lista de cuadros y figuras.....	6
Resumen .....	7
Summary .....	8
1. Introducción.....	9
2. Revisión bibliográfica.....	10
2.1 Producción de carne en Uruguay .....	10
2.2 Calidad del alimento como concepto general .....	10
2.3 Calidad de la canal vacuna.....	10
2.4 Calidad de la carne vacuna .....	12
2.4.1 Calidad instrumental.....	13
pH .....	13
Capacidad de Retención de Agua .....	14
Color instrumental.....	15
Textura instrumental .....	16
2.4.2 Calidad sensorial.....	17
2.5 Métodos de maduración de la carne vacuna .....	18
2.5.1 Parámetros técnicos-ambientales para maduración de carne vacuna	18
Tiempo de maduración .....	20
Temperatura .....	20
Humedad relativa.....	21
Velocidad y flujo del aire .....	21
2.5.2 Parámetros microbiológicos .....	22
2.5.3 Atributos sensoriales de carne vacuna madurada .....	23
Terneza.....	25
Jugosidad.....	25
Sabor .....	25
Aceptación en general .....	25
2.5.4 Parámetros de calidad instrumental en carne madurada.....	26
pH .....	29
Pérdidas por cocinado .....	29
Color instrumental.....	29

Textura instrumental .....	30
Rendimiento a la maduración y vendible .....	30
3. Hipótesis.....	31
4. Objetivos.....	32
4.1 Objetivo general.....	32
4.2 Objetivos específicos .....	32
5. Materiales y métodos .....	33
6. Resultados y discusión.....	36
7. Conclusiones .....	41
8. Bibliografía.....	42

## LISTA DE CUADROS Y FIGURAS

**Cuadro 1.** Esquema representando cómo se realizó el muestreo en serie para que queden todas las secciones del longissimus dorsi distribuidas equitativamente entre los tratamientos. .... 33

**Figura 1.** Sistema oficial de clasificación y tipificación de la canal bovina..... 12

**Figura 2.** Representación gráfica del color instrumental ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) para dry y wet; en tiempo 0, 30 días, y 60 días..... 37

**Figura 3.** Representación gráfica de los valores de fuerza de corte en kilogramos de fuerza para tiempo 0, dry y wet a los 30 días; y dry y wet a los 60 días ..... 37

**Tabla 1.** Revisión bibliográfica sobre los parámetros técnicos y ambientales de los métodos de maduración de carne vacuna..... 19

**Tabla 2.** Revisión bibliográfica sobre atributos sensoriales de carne vacuna madurada..... 24

**Tabla 3.** Revisión bibliográfica sobre los parámetros de calidad instrumental en carne vacuna madurada..... 27

**Tabla 4.** Efecto del método de maduración (Dry y Wet) y del tiempo de duración (30 y 60 días) sobre pH, pérdidas por cocinado, color y fuerza de corte. .... 36

**Tabla 5.** Efecto del método de maduración y del tiempo de duración sobre el porcentaje de pérdida de peso a la maduración, al pulido, y pérdida de peso total; y rendimiento de la maduración, rendimiento al pulido y rendimiento vendible. .... 38

## RESUMEN

El objetivo de este experimento fue evaluar y comparar el efecto de la maduración en seco y al vacío durante 30 y 60 días sobre la calidad de la carne vacuna. En el desosado se obtuvieron muestras de *longissimus dorsi* para tiempo 0 (t0), en seco 30 y 60 días (D30 y D60), y al vacío 30 y 60 días (W30 y W60) asignadas en serie de 23 novillos Hereford engordados a pradera. Las condiciones ambientales de la cámara de maduración fueron de 2,1°C ( $\pm 0,74$ ) de temperatura, 76% ( $\pm 9,1$ ) de humedad y la velocidad de aire desconocida. En cada muestreo (a los 0, 30 y 60 días) se midió el peso de todas las piezas de carne utilizando una balanza de precisión. Se obtuvo el porcentaje de pérdida de peso durante la maduración, pérdida de peso al pulido (luego de cortar los bordes y costras) y pérdida de peso total; y el rendimiento luego de la maduración, el rendimiento luego del pulido, y el rendimiento vendible de cada pieza de carne al finalizar el proceso correspondiente. En cada muestreo al tiempo 0, 30 y 60 días también se obtuvieron muestras de carne de 2,5 cm de ancho, etiquetadas correspondientemente para "Panel de consumidores", "Textura instrumental", y se midió el pH, color instrumental, pérdidas por cocinado, y fuerza de corte por el método Warner-Braztler. Se tomaron hisopados para microbiología de las muestras dry y wet 60 días y se analizaron por cultivo y técnica analítica AOAC 990.12 (PetriFilm™ 3M). Los resultados de fuerza de corte fueron 2,10 y 2,67 para D30 y D60 respectivamente ( $P < 0,05$ ), y 2,42 y 2,26 para W30 y W60 ( $P < 0,05$ ). El pH dio interacción entre métodos de maduración y tiempo (5,64 y 5,61 para D30 y D60; y 5,30 y 5,53 para W30 y W60) ( $P < 0,05$ ). El color instrumental tuvo diferencias entre método de maduración ( $L^*37,64$ ,  $a^*20,93$  y  $b^*8,14$  para D30;  $L^*33,35$ ,  $a^*15,20$ ,  $b^*4,47$  para D60;  $L^*41,28$ ,  $a^*25,19$  y  $b^*11,27$  para W30; y  $L^*41,63$ ,  $a^*24,06$  y  $b^*10,78$  para W60), y entre días solo en la maduración en seco. Las pérdidas por cocinado fueron menores en la maduración en seco (16,42% y 3,93% para D30 y D60) que las muestras maduras al vacío (26,34 y 26,17 para W30 y W60). Las pérdidas de peso totales fueron de 60,7% y 71,2% en D30 y D60; y apenas 1,9% y 2,8% en W30 y W60 respectivamente. El análisis de recuento total aerobio a los 60 días presentó un promedio de  $7,79 \pm 0,15$  log ufc/cm<sup>2</sup> para las muestras maduras al vacío y  $0,66 \pm 0,55$  log ufc/cm<sup>2</sup> para las muestras maduras en seco. Para ambos métodos de maduración se obtuvieron valores normales de pH, de fuerza de corte, color instrumental y control higiénico correspondientes a una carne tierna e inocua para el consumidor final.

## SUMMARY

The aim of this experiment was to evaluate and compare the effect of wet and dry aging for 30 and 60 days on the quality of beef. Samples of *longissimus dorsi* were obtained for time 0 (t0), dry 30 and 60 days (D30 and D60), wet 30 and 60 days (W30 and W60) randomly from 23 Hereford steers from grassland. The environmental conditions of the ripening chamber were 2, 1 °C ( $\pm 0,74$ ) temperature, 76% ( $\pm 9, 1$ ) relative humidity and unknown air velocity. The shear force was measured by the Warner-Braztler method, the weight of each piece at time 0, at 30 and 60 days, pH, instrumental color, cooking loss and the salable yield at the end of the process. Swabs were taken for microbiology of the dry and wet samples 60 days and analyzed by culture and analytical technique AOAC 990.12 (PetriFilm™3M). The results of shear force were 2.10 and 2.67 for D30 and D60 respectively ( $P < 0.05$ ), and 2.42 and 2.26 for W30 and W60 ( $P < 0.05$ ). The pH gave interaction between aging methods and time (5.64 and 5.61 for D30 and D60; and 5.30 and 5.53 for W30 and W60) ( $P < 0.05$ ). The instrumental color gave interaction between aging method ( $L^*37,64$ ,  $a^*20,93$  and  $b^*8,14$  for D30;  $L^*33,35$ ,  $a^*15,20$  and  $b^*4,47$  for D60;  $L^*41,28$ ,  $a^*25,19$  and  $b^*11,27$  for W30; and  $L^*41,63$ ,  $a^*24,06$  and  $b^*10,78$  for W60), and between days in dry aging. Cooking losses were lower for dry aging (16,42% and 3,93% for D30 y D60) than wet aging (26,34 y 26,17 para W30 y W60). Total weight losses were 60.7% and 71.2% in D30 and D60; and only 1.9% and 2.8% in W30 and W60 respectively. The microbiological analysis at 60 days presented an average of  $7.79 \pm 0.15$  log cfu / cm<sup>2</sup> for wet aging and  $0.66 \pm 0.55$  log cfu / cm<sup>2</sup> for dry aging. For both aging methods, normal values of pH, shear force, instrumental color and microbiological count were obtained corresponding to a tender and harmless meat for the final consumer.

# 1. INTRODUCCIÓN

Uruguay es uno de los principales productores cárnicos del mundo, donde su ganado se cría a cielo abierto, en condiciones naturales, con un clima templado, en tierras fértiles y con abundancia de agua debido a los numerosos ríos y arroyos que posee el país, de esta manera se puede realizar la producción asegurando el bienestar de los animales. (Instituto Nacional de la Carne, INAC, 2004) Uruguay produce cerca de 439 mil toneladas de carne vacuna al año, de las cuales 332 mil se exportan a todas partes del mundo (representando la cuarta parte de las exportaciones de bienes) y 107 mil toneladas se utilizan para el consumo interno, convirtiéndonos así en el primer país del mundo en cuanto a consumo de carne vacuna per cápita (Instituto Nacional de la Carne, INAC, 2019).

Entre el 1º de enero del 2019 y el 14 de diciembre del mismo año Uruguay exportó 2.070 millones de dólares, teniendo como principales mercados China y la Unión Europea. El informe del Instituto Nacional de Carnes (INAC) indica que la venta de productos bovinos alcanzó las 446.087 toneladas y 1.724 millones de dólares, las menudencias 103 millones de dólares, la ovina 66 millones de dólares y la equina 23 millones de dólares. La carne bovina ocupó el 83% del total de estas exportaciones, con un promedio de USD 3.867 por tonelada. Estos datos reflejan el porqué de la importancia de la carne bovina en nuestro país (Uruguay Presidencia, 2019).

Debido a todo lo mencionado anteriormente y destacando la importancia vital que tiene el sector a nivel socioeconómico en nuestro país, consideramos pertinente investigar en el tema ya que en la actualidad las exigencias del mercado mundial asociados al modelo del consumo marcan una línea con determinados cambios en la demanda y preferencias del consumidor, las cuales se basan cada vez más en el bienestar animal, el cuidado del medio ambiente y la calidad del producto.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Producción de carne en Uruguay

La carne bovina es uno de los alimentos más apreciados por los consumidores, y goza de unos niveles de consumo muy superiores al resto de los grupos alimentarios. Al ser un país tan pequeño resulta difícil poder competir a nivel mundial en exportaciones en cuanto a volumen, por eso se ha apuntado a la mejora de calidad y diferenciación del producto para poder estar en los niveles más altos del mercado (Abella & Cocchi, 2012).

El valor agregado de nuestros productos cárnicos podría ser adjudicado al trabajo constante en los diferentes eslabones de la cadena cárnica. Estos eslabones contribuyen a obtener un producto de calidad superior. Uruguay puede garantizar a sus consumidores, gracias a la trazabilidad individual, información del producto durante toda la cadena, lo que da garantías para el consumidor al momento de la compra.

### 2.2 Calidad del alimento como concepto general

La calidad implica establecer determinados parámetros que debe cumplir un producto normalmente elaborado de forma masiva, en serie, o al menos, de forma repetitiva. Podemos definir calidad como una serie de características que le otorgan al producto una mayor aceptación y lo valoriza frente al consumidor o a la demanda del mercado general (Colomer-Rocher, 1988). La calidad es determinante para fijar a posteriori el precio de determinado producto. La calidad es un término subjetivo, ya que varía con los individuos que la juzgan; es relativo porque depende de la situación de la persona en el momento del juicio y dinámico porque varía con el espacio y en el tiempo en función de lo que le gusta al público (Naumann, 1965).

La calidad puede observarse desde distintas perspectivas, dentro de las cuales podemos destacar la higiénico-sanitaria, nutricional, de servicio, subjetiva, de presentación, tecnológica y sensorial, entre otras. Consideramos relevante desarrollar aquellas pertinentes al tema como lo son la higiénico-sanitaria, subjetiva y sensorial:

- Calidad higiénico-sanitaria: hace referencia a la inocuidad del producto, ningún alimento puede atentar contra la salud del consumidor.
- Calidad subjetiva: está relacionada con las cualidades del producto que son de difícil medición como por ejemplo el lugar de origen, la ética como lo es el bienestar animal y conservación de medio ambiente, entre otras.
- Calidad sensorial: comprende las características percibidas a la hora de la compra o el consumo que proporcionan cierto grado de satisfacción al consumidor como lo es el color, la ternura, la textura, el sabor, el aroma y la jugosidad. (Consigli, 2001)

### 2.3 Calidad de la canal vacuna

La media res o "Canal" se define como el cuerpo del animal sacrificado, sangrado, desollado, eviscerado, sin cabeza ni extremidades. La canal es un continente cuyo contenido es variable y su calidad depende fundamentalmente en sus proporciones relativas en términos de hueso, músculo y grasa (Robaina, 2012). Es el producto primario; un paso intermedio en la producción de carne, que es el producto terminado.

La calidad de canal está determinada por muchos factores. Se considera una canal de buena calidad aquella que posee proporciones máximas de músculo, mínimas de hueso y un grado de engrasamiento óptimo, así como un buen color y una buena

consistencia, sumándole a esto las buenas características sensoriales del producto. Esta calidad es determinada por características ampliamente variables como lo son el peso, sexo, raza, alimentación, entre otras, las que definen el valor comercial del producto.

Las cualidades de la canal cobran gran importancia a nivel industrial ya que son fundamentales para establecer el rendimiento en carne de un animal, dando lugar al concepto de rendimiento carnicero (Robaina, 2012).

Debemos tener en cuenta que durante la fase de terminación existen múltiples factores que determinarán las características productivas y de rendimiento del producto (Feed, 2009). Haciendo hincapié en lo mencionado anteriormente, se desprenden factores fundamentales ligados al animal (sexo y raza), ligados a la alimentación y peso y también la edad de sacrificio (Instituto Nacional de la Carne, INAC, 2004).

En Uruguay se utiliza de manera oficial el criterio de clasificación y tipificación de apreciación subjetiva descrito por el INAC (Feed, 2010). La clasificación y tipificación de carnes tiene como objetivo definir la calidad de las carcasas y -utilizando criterios homogéneos- agruparlas en distintas categorías según sus características. Como para cualquier otro producto esto obedece a una necesidad real del mercado, que se acentúa aún más en el caso de la carne que por su propia naturaleza presenta gran heterogeneidad. Este sistema contempla separadamente los atributos de conformación (desarrollo de las masas musculares) y terminación (cantidad y distribución de la grasa). Las diferentes conformaciones se identifican con las letras I, N, A, C, U, R, desde un gran desarrollo muscular hasta una marcada carencia. Para determinar esta cualidad se toman en cuenta los siguientes parámetros:

- Largo de la canal y ancho de pierna
- Perfil de la pierna y región de la grupa
- Arqueo de costillas
- Volumen muscular de la paleta
- Región dorso-lumbar
- Relación delantero/trasero

Para la terminación se estipulan cinco grados: 0 (sin grasa de cobertura), 1 (poca grasa y de forma despereja), 2 (ideal de grasa), 3 (exceso en zonas puntuales), 4 (exceso en general). ( Instituto Nacional de la Carne, INAC, s.f.; Reich & Bessio, 2019)

Las mediciones objetivas de conformación de la canal se realizan en la media canal izquierda el día del sacrificio. Las medidas que se toman son:

- Longitud total de la canal
- Profundidad interna del pecho
- Longitud de la pierna
- Espesor máximo de la pierna
- Perímetro máximo de la pierna

A su vez se registra el peso vivo, peso de canal fría y caliente y edad cronológica o grado de madurez.

Otras medidas objetivas que se miden en la canal son:

- Área ojo de bife
- Marmoreo
- Espesor de grasa subcutánea
- pH de la carne
- Rendimiento de corte pistola

(Feed, 2009; Robaina, 2012).

En suma, existe mucha información sobre la clasificación de canales y su tipificación, pero dentro de esta tesis nos centraremos en la calidad de la carne y sus medidas instrumentales y por lo tanto no profundizaremos en la información referida a la calidad de canal.

CATEGORÍA CATEGORY		CONFORMACIÓN CONFORMATION						TERMINACIÓN GRADING				
		I	N	A	C	U	R	0	1	2	3	4
NOVILLO STEER	NOVILLO D.L. YEARLING STEER	II	NN	AA	CC							
	NOVILLO JOVEN 2-4 D. YOUNG STEER	II	NJ	AJ	CJ							
	NOVILLO 6 DIENTES 6 TOOTH YOUNG STEER					U						
							R					
VACA COW	NOVILLO STEER	I6	N6	A6	C6							
						U						
							R					
VACA COW	NOVILLO STEER	I	N	A	C							
						U						
							R					
VACA COW	VAQUILLONA 0-2-4 D. HEIFER	VQI	VQN	VQA	VQC							
						VQU						
							VQR					
VACA COW	VACA 6 DIENTES 6 TOOTH YOUNG COW		VN6	VA6	VC6							
						VU						
							VR					
VACA COW	VACA COW		VN	VA	VC							
						VU						
							VR					
TERNERO VEAL	TERNERO VEAL		tN	tA								
						tU						
							tR					
TORO BULL	TORO BULL		TN	TA								
						TU						
							TR					

**Figura 1.** Sistema oficial de clasificación y tipificación de la canal bovina

## 2.4 Calidad de la carne vacuna

La carne es el producto resultante de las transformaciones sufridas por el músculo después del sacrificio del animal (Keane, 1981). Podemos definir carne como el producto formado por el tejido muscular y grasa del animal, obtenido luego del *rigor mortis*, que se consume como alimento.

Según la FAO, la calidad de la carne se define generalmente en función de su composición (coeficiente magro-graso) y factores de palatabilidad tales como su aspecto, olor, firmeza, jugosidad, ternura y sabor. La calidad nutritiva de la carne es objetiva, mientras que la calidad “como producto comestible”, tal y como es percibida por el consumidor, es altamente subjetiva (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO, 2014).

A su vez, el consumidor muchas veces establece sus propios parámetros de calidad, los cuales están determinados por varios factores, principalmente el aspecto externo y el color (Pearson, 1966). La ternura y el sabor, respectivamente, son después del color, las características que tienen mayor incidencia en la aceptación

de la carne (Brayshaw, Carpenter, & Phillips, 1965). Por ende, necesariamente debemos tener en cuenta estos parámetros para definir la calidad de carne, tanto desde el punto de vista de apreciación visual como de la experiencia sensorial, siendo sumamente importantes la ternura, jugosidad, sabor y aroma (Wood, 1990).

El concepto de calidad de carne puede tener diferentes aspectos según los intereses y por lo tanto puede sufrir modificaciones. No es lo mismo la calidad de la carne para un productor ganadero, que para la industria frigorífica o para el carnicero, o incluso para el consumidor final.

Para el productor ganadero, el gran desafío es producir carne de alta calidad a un precio rentable. Los factores más importantes que dependen del productor y que afectan a la calidad de la canal y carne son: el peso, el sexo y edad del animal, la raza, la alimentación y la velocidad de crecimiento, entre otros (Prescott, 1966).

En cuanto a la industria frigorífica, la prioridad está en buscar canales de buena calidad, bajo los parámetros descritos anteriormente. Buscan buen rendimiento de la canal y niveles de engrasamiento adecuados a los requerimientos del mercado, teniendo en cuenta también parámetros como categoría y edad del animal (Berg & Butterfield, 1976).

Para el carnicero, el objetivo principal es satisfacer las exigencias de sus clientes, aunque a veces puede encontrarse limitado por las reses disponibles en cada momento. Por esta razón, centra su interés en las canales que poseen mayor proporción de cortes de calidad (alta demanda, fácil venta y precio superior). Luego se llega al consumidor final, quien considera de extrema importancia las propiedades organolépticas de la carne (color, palatabilidad, ternura, jugosidad, sabor, aroma, etc.). El consumidor demanda un producto con un buen contenido de carne y algo de grasa. El color y la ternura son considerados fundamentales para la aceptación del producto. Las exigencias de los consumidores son múltiples y variadas y son las que definen las características del mercado. Resumiendo, el consumidor se enfoca en tres pilares: apariencia, composición y características organolépticas (Consigli, 2001).

#### **2.4.1 Calidad instrumental**

Existen análisis instrumentales que tienen como objetivo determinar parámetros objetivos de calidad. Es muy difícil y también muy costoso medir la totalidad de los cortes. Debido a esto, se estableció a nivel experimental utilizar como referencia el *longissimus dorsi* para realizar las mediciones y poder comparar los valores objetivamente. En una revisión realizada sobre 190 trabajos publicados en *Meat Science* entre enero del 2001 y mayo del 2005, se observó que, dentro de los 132 trabajos que correspondían a carne bovina, el 72% de los mismos utilizó el músculo *longissimus dorsi*. Este músculo ha sido de elección ya que cuenta con varias cualidades que lo hacen especialmente interesante: es un músculo extenso, de fácil extracción de la canal y fileteado, que tiene un alto valor comercial representativo del valor comercial de la canal, y tiene un metabolismo medio (Sañudo, Olleta, Campo, Panea, & Rota, 2005). Belew, Brooks, McKenna, & Savell (2003) realizaron un estudio en el que evaluaron un total de 40 músculos, y encontraron que el músculo *longissimus dorsi* no tuvo diferencias significativas de fuerza de corte ni entre su porción lumbar con la torácica, ni con otros 24 músculos.

#### **pH**

El valor de pH es una característica química cuya evolución post-mortem influirá en los procesos de maduración de la carne y en la calidad final organoléptica y tecnológica. Este parámetro tiene una gran influencia en la textura final de la carne,

en la capacidad de retención de agua, en la resistencia al desarrollo microbiano y en el color, entre otros parámetros (López, 2018). En un músculo como el *Longissimus dorsi* de un animal correctamente alimentado y sin estrés, el valor del pH generalmente desciende de 7,2 a 5,5 (Warris, 2001).

El pH estima el nivel de ácido láctico y otros ácidos orgánicos de la carne. De este modo, se convierte en el parámetro de referencia para evaluar la glucólisis muscular post mortem y las desviaciones de la calidad de la carne durante la misma. Por este motivo, su evolución tras el sacrificio va a tener un profundo efecto sobre las propiedades tecnológicas de la carne (Garrido & Bañón, 2000), así como en la terneza, color, sabor y vida útil (Wythes & Shorthose, 1984). La buena calidad de la carne de ovinos y bovinos tiene un pH final cercano a 5,5. A valores de 5,8 y superiores, la calidad de la carne fresca enfriada se ve afectada por el crecimiento microbiano. Esta menor vida útil de la carne es atribuida a un menor contenido de ácido láctico y glucosa (Tarrant, 1988). Luego de la faena, el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo cesa y se comienzan a utilizar las reservas de energía para sintetizar ATP para intentar mantener la temperatura y la integridad estructural. A medida que descienden los niveles de ATP se forma fosfato inorgánico, estimulando, a través de la glucólisis anaeróbica la degradación de glucógeno en ácido láctico (R. A. Lawrie, 1998). Los niveles de glucógeno dependen de una serie de factores, como lo son tipo de fibra muscular, raza, peso, sexo, edad, nutrición y estrés previo a la faena (Immonen, Ruusunen, & Puolanne, 2000; Santini, Rearte, & Grigera, 2003). Dietas con altas concentraciones energéticas proporcionan mayores reservas de glucógeno a nivel muscular (R. A. Lawrie, 1998).

La moderada disminución del pH post mortem de la canal durante el proceso de enfriado, genera una carne de alta calidad que se caracteriza por color rojo brillante, firme y no exudativa (RFN). Sin embargo, si el pH disminuye muy rápido, se produce la desnaturalización de las proteínas y por consiguiente la obtención de carnes pálidas, suaves y exudativas (PSE). Si el pH no desciende lo suficiente debido a la poca reserva de glucógeno muscular (pH mayor a 6) se obtienen carnes oscuras, firmes y secas (DFD). Las últimas dos anomalías mencionadas afectan la calidad de la carne y como consecuencia, la comercialización de la misma (Frisby, Raftery, Kerry, & Diamond, 2005). Esto ocurre debido a un mal manejo del animal y el estrés producido en la etapa ante-mortem (Driessen & Geers, 2000).

El pH afecta las Reacciones de Maillard durante el cocinado siendo responsable del sabor de la carne cocinada. Se plantea que el mayor pH de la carne madurada en seco contribuye al mayor sabor en comparación con las carnes maduras al vacío (Madruga & Mottram, 1995).

### **Capacidad de Retención de Agua**

Este concepto hace referencia a la propiedad que tiene la carne de contener el agua existente en estructuras del tejido muscular en forma libre o inmovilizada (Forrest, Aberle, Hendrick, Judge, & Merkel, 1979). Durante el proceso de producción, enfriado, desposte, envasado y consumo (cocción), la carne sufre una pérdida de agua variable dependiendo de varios factores (Feed, 2010).

Luego de la faena y maduración en cámara de frío, la carne puede sufrir una pérdida del 2% o más por la evaporación del agua de la superficie de la canal, dependiendo de la humedad ambiente relativa donde se realice este proceso (Feed, 2010). Cuando se pasa a la etapa de desosado se producen pérdidas de agua por goteo, pudiendo llegar hasta un 6% (Pla Torres, 2005). El congelado y posterior descongelado son etapas de mucha pérdida de agua, pudiendo inclusive duplicar el

porcentaje del 6% (Pla Torres, 2005). La manera de reducir la incidencia de esta pérdida es realizando un congelado rápido y un descongelado lento. Según Offer & Knighth, (1988), uno de los factores de mayor pérdida de agua de la carne es la cocción, pudiendo ascender hasta un 40%.

Existen tres métodos fundamentales para medir la capacidad de retención de agua: medición de pérdidas por goteo, pérdidas por cocinado, y pérdidas por compresión, siendo esta última uno de los más utilizados (Pla Torres, 2005).

### **Color instrumental**

El color es un atributo visual que puede medirse de manera instrumental mediante colorimetría o espectrofotometría de reflectancia. El color de la carne puede definirse como “el color obtenido por un trozo de tejido muscular fresco o madurado de un espesor predefinido, normalmente de 2,5cm, con su superficie de corte perpendicular a la dirección de las fibras musculares” (Dunne, 2003). Para determinar el color es necesario la exposición de la carne a las concentraciones atmosféricas normales de oxígeno para que se produzca la oxigenación de la mioglobina (blooming).

El color es un importante indicador de calidad en la carne fresca. No obstante, durante el almacenamiento ocurren cambios visibles en la superficie del músculo que tienen influencia en la aceptación por el consumidor (Cassens, G., Faltin, & Briskey, 1987; Romans & Norton, 1989). Tal situación determina que la industria continúe esforzándose para incrementar la estabilidad del color post-mortem de los distintos cortes de carne, manteniendo el color rojo brillante, correspondiente al estado de oximioglobina. La apariencia del color de carne es determinada por el estado de la mioglobina, determinando el rechazo por los consumidores de aquellos cortes que no tengan una apariencia de carne fresca (Kropft, Hunt, & Piske, 1986).

El color de la carne se vuelve determinante al momento de la elección de compra, esto se debe a que el consumidor asocia este parámetro con cualidades sensoriales positivas (P Alberti et al., 2005) siendo apreciado un color rojo brillante (De la Fuente, Álvarez, Díaz, Pérez, & Cañeque, s. f.). La  $L^*$  o luminosidad puede tomar valores de 0 (negro) a 100 (blanco), de modo que cuanto mayor es su valor, más luminosa resulta la carne. El índice de rojo ( $a^*$ ) varía entre -60 (verde) y 60 (rojo) y el índice de amarillo  $b^*$  varía entre -60 (azul) y 60 (amarillo). La carne suele tener valores de  $L^*$  mayores de 35 y valores positivos de  $a^*$  y  $b^*$  (Alberti, Ripoll, Alberti, & Panea, 2016).

La variación de color del músculo se explica mediante 3 factores: el contenido en pigmentos (relacionados con la raza, edad, sexo y dieta), las condiciones al momento de faena (estrés, temperatura, humedad de cámara, etc. afectando el color dependiendo de la velocidad de caída de pH y su valor final) y el tiempo y condiciones de almacenamiento y comercialización del producto (P Alberti et al., 2005). La estructura del músculo y la concentración de pigmentos influyen en la luz reflejada y por lo tanto en su color (P Alberti et al., 2005).

Para determinar el color instrumental se puede utilizar el método de medición del “color químico” el cual permite identificar la cantidad de pigmentos de la carne, y por otra parte también se puede utilizar un colorímetro (OLIVÁN GARCÍA, 1998). Este método se basa en el sistema CIELab, sistema cromático que permite medir los colores que percibe el ojo humano (Gómez, 2011). Maneja coordenadas tricromáticas, luminosidad ( $L^*$ ), depende fundamentalmente del pH y tiene una variabilidad que va del blanco perfecto, al negro absoluto, índice de rojo ( $a^*$ ) (valor positivo tiende a rojo brillante, valor negativo tiende al verde), está estrechamente relacionado con la cantidad de mioglobina (Pérez, 1998) y el índice de amarillo ( $b^*$ ) (valor positivo tiende a amarillo, valor negativo tiende a azul).

## Textura instrumental

Uno de los parámetros más importantes de la calidad de la carne es la textura instrumental. Todos los métodos utilizados miden directa o indirectamente la resistencia de las diferentes estructuras que componen la carne (Feed, 2010).

El método de medición de la textura instrumental más utilizado es el que se realiza con una fuerza de corte mecánica, que realiza a través de una guillotina o cizalla utilizando la celda Warner-Bratzler (WB). Este método consiste en medir la fuerza de corte expresada en libras o kilogramos. Se debe de respetar ciertos protocolos como los son la dirección de corte, cocción, enfriado, entre otros con el fin de unificar criterios y reducir cualquier factor externo que altere los resultados. Una de las escalas más conocidas es la propuesta por Schackelford, Wheeler, & Koohmaraie, (1995) que define que una carne es tierna cuando la fuerza de corte WB necesaria es menor que 22,26 N (2,27 kgf); carne medianamente tierna cuando la fuerza de corte esta entre 22,26 N y 35,59 N (2,27 y 3,63 kgf); carne dura si la fuerza de corte es entre 35,59 N (3,63 kgf) y 53,3 N (5,44 kgf) y carne extremadamente dura cuando supera este último valor. La equivalencia de unidades de medida establece que 1 N (Newton) es igual a 0,101972 kgf. Algunos investigadores sostienen que solo un 15% de la variación de la ternera de la carne bovina es atribuible a diferencias de marmóreo y tejido conectivo, mientras que la mayor parte del 85% restante se debe a variaciones en las alteraciones post mortem, a causa del proceso enzimático que lleva a la tiernización de la carne (Teira, 2004). La maduración (aplicada a la canal o a diferentes cortes), es el instrumento más efectivo para mejorar la ternera inicial con relación al tipo de corte, permitiéndonos dejar en un segundo plano características como raza, edad y peso al momento del sacrificio.

En este parámetro intervienen una serie de factores como lo son el contenido y tipo de fibra muscular; cantidad, tipo y disposición de tejido conectivo, composición y cantidad de tejido adiposo y condiciones previas a la faena (Blanco & Alonso, 2010). Ternera, sabor y jugosidad son los atributos que determinan las variaciones en la palatabilidad de la carne al momento de consumirla. Muchos investigadores y agentes involucrados en la cadena cárnica coinciden en que la ternera una de las características principales para la aceptación de un producto (Peluffo & Monteiro, 2002). Las fibras de colágeno, dependiendo del tipo y la cantidad tienen una gran incidencia sobre la ternera final del producto, vinculadas principalmente de la edad, la raza y el desarrollo del animal. Animales de mayor edad y o criados en sistemas pastoriles tienen mayor contenido de colágeno a nivel muscular y menor ternera en comparación con animales faenados jóvenes y en confinamiento (Peluffo & Monteiro, 2002). La *calpaina* es la enzima responsable de la proteólisis post-mortem y la *calpastatina* es su enzima inhibidora. El descenso del pH post-mortem y las temperaturas de almacenamiento de la carne (4-5°C) favorecen la acción de la calpaina. Durante las primeras 72 horas de almacenamiento de la carne se produce hasta el 80% de la tiernización máxima posible por efecto de la proteólisis post-mortem del músculo y este efecto está relacionado con alta actividad de la calpaina y baja actividad de la calpastatina (Geesink, Kuchay, Chishti, & Koohmaraie, 2006; Kent, Spencer, & Koohmaraie, 2004; Koohmaraie, 1996). A mayor edad, menor es la ternera. Esto se explica, en parte, por una menor solubilidad del colágeno, proteína que forma parte del tejido conjuntivo y envuelve las fibras musculares. Otro factor que influye en la ternera de la carne es el sexo. La carne de machos castrados tiende a ser más tierna que la de machos enteros, y a su vez las hembras son las que presentan mayor ternera debido a que suelen tener mayor nivel de engrasamiento (Peluffo &

Monteiro, 2002). Existen otros factores que se pueden clasificar como factores pre-faena (estrés, calor, tipo y duración de transporte) y factores post-faena (temperatura y tiempo de almacenamiento o maduración) (Aaslyng, 2009; Feed, 2010; Xiong et al., 2007). El mejoramiento genético del animal mediante selección y cruzamiento de razas es una herramienta a tener en cuenta a la hora de hablar de terneza (Peluffo & Monteiro, 2002). La fuerza de corte es mayor en los animales con mayor proporción de sangre índica (Franco, Feed, Gimeno, Aguilar, & Avendaño, 2002). Esto se debe a una menor proteólisis y mayor proporción de calpastatinas, determinando así un menor efecto de la maduración. Esta afirmación sigue la misma línea que lo encontrado por Marsll citado por Soria & Corva, (2004), quienes afirman que las razas continentales logran una carne ligeramente más dura que las británicas, con un menor contenido de grasa intramuscular.

#### **2.4.2 Calidad sensorial**

La calidad sensorial de la carne se define como el conjunto de características que le confieren al producto un mayor grado de aceptación y mayor precio frente a los consumidores. Por calidad sensorial se entiende que un producto sea apetecible para el consumidor (Formento, 2015). La evaluación sensorial es una evaluación primaria del humano, ya que este, de forma consciente o inconsciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con la sensación que experimenta al observarlos, ingerirlos, o asociarlos a experiencias agradables o desagradables (Sañudo & Muela, 2010). Las características sensoriales son las que se detectan a través de los sentidos, por medio de la vista (color, forma, tamaño, apariencia), tacto (textura, consistencia), olfato (olor), gusto (sabor, terneza) y audición (crepitación). Al momento de la compra, el atributo que tiene mayor importancia es el color; y al consumirla, la terneza (Formento, 2015).

Existen cuatro variables que son consideradas fundamentales a la hora de definir la calidad sensorial de la carne: terneza, sabor, jugosidad y aceptación en general.

Terneza: es una de las características más importantes a la hora del análisis sensorial y uno de los principales factores de aceptación o rechazo de la carne. Szczesniak, Brandt, & Friedman, (1963) la definen como una manifestación sensorial de la estructura de un alimento y la forma de reaccionar de la estructura del alimento a la aplicación de fuerzas. Por medio de la terneza se evalúa la facilidad de masticación de la carne (Guerrero, 2001).

Jugosidad: está determinada por la cantidad de agua y grasa que contiene el músculo. Se da en dos pasos: la primera es la sensación de humedad en las primeras masticaciones; y la segunda es la sensación que se mantiene en la boca por la estimulación de la grasa sobre la salivación (Varela et al., 2001).

Sabor: es un sentido complejo de evaluar ya que siempre se presenta en conjunto con el aroma. Ambos son determinados por una serie de compuestos químicos que se presentan en distintas concentraciones (Guerrero, 2001).

Aceptación en general: está determinada por el conjunto de las tres variables anteriormente mencionadas.

El estudio de los caracteres sensoriales de la carne adquiere una especial importancia, e incluso toma el carácter prioritario, para cualquier estudio que tenga como objetivo analizar la influencia de los distintos factores productivos o tecnológicos sobre el producto final y por lo tanto a la larga sobre su aceptabilidad (Sañudo & Muela, 2010).

## **2.5 Métodos de maduración de la carne vacuna**

Entendemos por maduración de la carne al proceso mediante el cual la acción continua de los sistemas enzimáticos calpaína y calpastatina rompen las proteínas que se encuentran dentro del músculo luego de la etapa del rigor mortis. Desde otro punto de vista podríamos expresar que la maduración de la carne es el arte de crear un producto excepcionalmente tierno a través de un proceso que utiliza las enzimas naturales que componen la misma, obteniendo con el paso del tiempo mayor ternura y sabor (Vitale, 2016).

En la actualidad existen diferentes métodos de maduración, pero los dos más utilizados son la maduración al vacío (wet aging) y la maduración en seco (dry aging).

La maduración al vacío es un proceso en el cual los cortes de carne son envasados al vacío y puestos en reposo en un ambiente refrigerado entre 3 y 83 días (tiempo que abarca desde la planta de empaque hasta la venta del producto) con el fin de obtener los cambios de calidad deseados (Voges et al., 2006).

Este método de maduración posee las siguientes ventajas: reducción de la pérdida de peso, no existen pérdidas por pulido, menor espacio requerido para la maduración, mayor vida útil sin sacrificar la palatabilidad y reducción de costos operativos (Kim et al., 2018). Los productos obtenidos de la maduración en seco, una vez realizado el pulido, solo tienen una vida útil de dos a tres días. Por el contrario, los productos madurados con la técnica al vacío tienen una vida útil de hasta alrededor de los 120 días (Delgado & Quartino, 2013; Hernández & Schneck, 2016). La maduración al vacío de muchos cortes mejora la ternura, sin embargo, pueden generar características de sabor negativas como gusto a sangre, a suero, metálico y ácido (Warren & Kastner, 1992). Temperatura y tiempo son los factores principales por controlar en esta técnica de maduración.

Por otra parte, la maduración en seco, es un proceso tradicional que se realiza en cortes enteros y/o fraccionados, los cuales son almacenados en ambientes refrigerados (0 °C a 3 °C), sin un empaque protector por varias semanas (J. W. Savell, 2008). Este tipo de maduración es un proceso costoso principalmente debido a la alta pérdida de peso del producto (dado por la contracción, la pérdida de humedad y el pulido) y también dado por la cantidad de tiempo que lleva este proceso y el costo laboral asociado al mismo (Parrish, Boles, Rust, & Olson, 1991; J. W. Savell, 2008). En general, la maduración en seco, es conocida por mejorar la palatabilidad de la carne, especialmente por su único "flavor dry-aged" (Campbell, Hunt, Levis, & Chambers, 2001; Kim, Kemp, & Samuelsson, 2016; Warren & Kastner, 1992).

Se ha desarrollado un sistema de maduración en seco envasado en una bolsa permeable a la humedad llamado Tublin bag. Cortes que fueron madurados en Tublin bag obtuvieron resultados similares en cuanto a los atributos sensoriales en comparación con los cortes dry aged, y por contraparte, tuvieron un aumento sustancial en cuanto al rendimiento de venta ya que sufrieron menores pérdidas de peso durante la maduración y menores pérdidas por pulido luego del mismo, además de una menor contaminación microbiana (Ahnström, Seyfert, Hunt, & Johnson, 2006; DeGeer et al., 2009; Dikeman, Obuz, V Gok, Akkaya, & Stroda, 2013; Stenström, Li, Hunt, & Lundström, 2014).

### **2.5.1 Parámetros técnicos-ambientales para maduración de carne vacuna**

Los parámetros ambientales a tener en cuenta son tiempo de duración, temperatura, humedad relativa y flujo de aire (Tabla 1). Todos estos factores deben ser rigurosamente controlados con el fin de obtener un producto superior, con un óptimo de ternura y sabor (Dashdorj, Tripathi, Cho, Kim, & Hwang, 2016).

**Tabla 1.** Revisión bibliográfica sobre los parámetros técnicos y ambientales de los métodos de maduración de carne vacuna.

Referencia	Tratamientos	Tiempo (días)	Temperatura (°C)	HR (%)	Velocidad del aire
Warren & Kastner, 1992	t0 vs Dry vs Wet	11	3,1° - 3,6°	78%	-
Smith et al., 2008	Dry vs Wet	14, 21, 28, 35	1°	83%	-
Li et al., 2014	Dry Bag vs Dry vs Wet	8 y 19	2,9°	-	-
Ahnström, Seyfert, Hunt, & Johnson, 2006	Dry vs Dry Bag	14 y 21	2,5° y 2,6°	87%	-
Berger et al., 2018	Dry Bag vs Dry vs Wet	7 + 28	2°	78%	< 0,2 m/s
Kim, Kemp, & Samuelsson, 2016	Dry vs Wet	21	1° y 3°	a 1°C (76 y 73), a 3°C (49 y 55)	a 1°C (0,2 y 0,5 m/s), a 3°C (0,2 y 0,5 m/s)
Lepper-Blilie, Berg, Buchanan, & Berg, 2016	Dry vs Wet con y sin hueso	14, 21, 28, 35, 42 y 49	1°	70%	5,66 m <sup>3</sup> /h
Ha et al., 2019	Dry vs Wet vs Wet+Dry	35-56 (Dry); 7, 21, 35 y 56 (Wet); 21+35 (Wet+Dry)	2,1°	89,4%	0,75 m/s a 1,2 m/s
Iida et al., 2015	Dry	4, 11, 20, 30, 40, 50 y 60	1°-4°	80% - 90%	-
Parrish, Boles, Rust, & Olson, 1991	Dry vs Wet	21	0°- 1°	%	0,5 m/s a 2,5 m/s
DeGeer et al., 2009	Dry vs Dry bag	21 y 28	2,2°	50	-
Richardson, Nute, & Wood, 2008	Dry vs Wet	19	1°	-	-
Stenström, Li, Hunt, & Lundström, 2014	Dry vs Dry bag vs Wet	13	2,6°	-	-
Lee et al., 2019	Dry	0, 14, 28	4°	75%	0; 2,5; 5 m/s
Lee et al., 2017	t0 vs Dry (1°C y 85% HR) vs Dry (2° y 75% HR) vs Dry Bag	28	1° y 2°	75% y 85%	5 m/s
Campbell, Hunt, Levis, & Chambers, 2001	Dry vs Wet vs Wet+Dry vs Dry+Wet	7, 14 y 21	2°	75%	-

Referencias: HR (humedad relativa), t0 (tiempo cero).

Nota: Se buscó sintetizar la información publicada en una sola tabla para visualizar esquemáticamente las diferentes metodologías utilizadas.

## **Tiempo de maduración**

Se ha reportado que el rango más frecuente de maduración es entre 14 y 40 días (Tabla 1), que es en donde se desarrollan los beneficios de este proceso (J. Savell et al., 2007).

Smith et al., (2007) no encontraron diferencias para la fuerza de corte según el tipo de maduración, pero sí obtuvieron diferencias en función de los días de maduración, logrando los menores valores de fuerza de corte (WBSF) a los 35 días, al igual que la jugosidad; sin embargo, no tuvieron diferencias en terneza sensorial, sabor ni aceptabilidad general. El rendimiento vendible en la maduración en seco fue decreciendo con el paso de los días, mientras que para la maduración al vacío no tuvo un patrón lineal. Lepper-Blilie, Berg, Buchanan, & Berg, (2016) obtuvieron menor fuerza de corte a los 42 días. El rendimiento fue decreciendo para las muestras maduras en seco. La terneza fue mayor a los 21 días y a partir de ahí se mantuvo constante. No encontraron diferencias significativas para los parámetros de jugosidad y sabor con el paso de los días. Lee et al., (2019) constataron que la menor WBSF fue los 28 días de tratamiento.

Por su parte, Li et al., (2014) obtuvieron diferencias significativas en luminosidad  $L^*$  en la maduración al vacío (mayor a los 19 días) y un aumento en el pH para las muestras maduras en seco. El rendimiento vendible fue bajando a mayor duración para las muestras maduras en seco y en seco en bolsa permeable, mientras que la terneza y la jugosidad mejoraron. La maduración más larga mejoró las cualidades de sabor deseables (olor y gusto a carne frita en manteca, gusto umami, dulce y picante) aunque también se desarrollaron sabores no tan deseados como sabor a hígado y animal. Ahnström et al., (2006) encontraron mayores pérdidas de peso para las muestras maduras en seco a medida que aumentaron los días. CRA, terneza y jugosidad no influyó la cantidad de días. La mayor astringencia se constató a los 14 días de maduración.

Ha et al., (2019) encontraron que el pH descendió a partir de los 21 días. El rendimiento de las muestras maduras en seco disminuyó a medida que aumentaron los días, y la jugosidad de las muestras maduras en seco fue disminuyendo con el paso de los días.

lida et al., (2015) hallaron que el pH aumentó con el transcurso de los días, la CRA tuvo diferencias significativas con los días, pero sin seguir ningún patrón, y la aceptación general fue mayor a los 30 y 40 días.

DeGeer et al., (2009) no hallaron diferencias en WBSF, pH, terneza, jugosidad, sabor ni aceptación general. El rendimiento fue mayor a los 21 días por sobre los 28 días.

Campbell et al., (2001) obtuvieron como resultado una menor WBSF a los 21 días de tratamiento, la terneza para las muestras maduras en seco mejoró hasta los 14, y en seco+vacío mejoró hasta los 9 días. Las muestras maduras en seco 21 días tuvieron mayor jugosidad y seco+vacío mejoró hasta los 2 días. El sabor en seco a los 14 días mejoró todos los sabores menos la astringencia, la cual no varió. Las muestras maduras en seco+vacío obtuvieron el mejor sabor a los 9 días.

## **Temperatura**

La bibliografía reporta que el óptimo de temperatura para la maduración de la carne es entre 0 y 4 °C (Tabla 1), independientemente del tipo de maduración que se use. Es un factor crítico para la maduración, debido a que si la temperatura de almacenamiento es elevada los procesos enzimáticos encargados de la maduración actuarían mejor y podrían mejorar la palatabilidad. Sin embargo, temperaturas

superiores a los 4 °C promueven un rápido crecimiento bacteriano, resultando así en el desarrollo de sabores extraños. Por este motivo, usualmente se madura a la menor temperatura posible sin llegar al congelamiento de la carne (J. W. Savell, 2008). En el caso de que el producto se madurara entre 1 y 2 semanas, altas temperaturas de hasta 2 o 3 °C serían aceptables ( Australian Meat Processor Corporation and Meat & Livestock Australia, AMPC, 2010; Perry, 2012).

Kim et al., (2016) Obtuvieron los siguientes resultados: vacío a 1°C tuvo mayor WBSF (49 N = 5 Kgf) que vacío 3°C (42 N = 4,28 Kgf). En cuanto a rendimiento vendible, no se encontraron diferencias entre temperaturas. La jugosidad fue mayor a 3°C que a 1°C.

Lee et al., (2017) concluyeron que las muestras maduras con la técnica en seco a 2°C comparadas con seco a 1°C fueron superiores en los parámetros de terneza, jugosidad, sabor y aceptación general.

### **Humedad relativa**

La humedad relativa del aire tiene un rol crucial en el proceso de maduración en seco (Tabla 1). Es recomendada una humedad relativa entre 61 a 85%, y se debe chequear la misma diariamente durante todo el proceso de maduración (DeGeer et al., 2009; Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, s. f.). Si la humedad supera el 85%, las bacterias alterantes pueden proliferar, generando malos sabores. También, puede provocar la sudoración de la carne, creando una superficie pegajosa poco agradable. Si la humedad es inferior al 60%, se restringirá el crecimiento bacteriano, pero promueve una alta evaporación, generando altas pérdidas de peso por evaporación, y por lo tanto causaría una carne con poca jugosidad (Perry, 2012).

Son muy pocos los experimentos que evaluaron diferentes porcentajes de humedad, entre ellos estuvieron Brad Kim et al., (2016) y Lee et al., (2017). Brad Kim et al., (2016) compararon diferentes combinaciones de temperatura y flujo de aire, que le llevaron a tener diferentes porcentajes de humedad. Se realizaron seis tratamientos seleccionando las muestras de manera aleatoria. Estos tratamientos consisten en 4 tratamientos de maduración en seco a 2 temperaturas (1°C o 3°C) combinados con 2 velocidades de aire (0,2 m/s o 0,5 m/s). Los dos tratamientos restantes fueron madurados con la técnica al vacío. Lee et al., (2017) combinaron dos temperaturas y humedades diferentes, pero sin aislar ninguno de los parámetros. Ninguno de los estudios arrojó resultados concluyentes sobre el efecto que pudo tener las diferencias del parámetro en los resultados obtenidos.

### **Velocidad y flujo del aire**

La U.S. Meat Export Federation, USMEF (2014) recomienda un flujo de aire en el rango entre 0,5 y 2 m/s para el madurado en seco, y a una velocidad de 0,2 a 1,6 m/s sobre el producto deberían ser suficientes (Tabla 1). La velocidad de aire y el flujo deben ser uniformes durante todo el proceso de maduración, y es crítico al comienzo del mismo. Si no llega suficiente aire a las piezas, no se genera la suficiente humedad para lograr el proceso de secado necesario en la maduración. Sin embargo, si hay demasiada circulación del aire, la carne se seca demasiado rápido y se incrementan las pérdidas de peso finales del producto debido a un exceso de pulido (J. W. Savell, 2008). El flujo de aire puede ser controlado con una unidad de refrigeración correctamente diseñada, con rejillas de acero inoxidable, estanterías perforadas, ganchos, ventiladores suplementarios, sistemas de filtración de aire y luces UV (Baird, 2008; Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, s. f.). Para

prevenir el deterioro, las porciones de carne deben estar adecuadamente separadas unas de otras para permitir un flujo de aire eficiente y controlado a través de las mismas (USMEF, 2014). Los cortes destinados a maduración en seco deben estar colocados con la grasa o el hueso hacia abajo, en contacto con el estante, de esta manera el aire puede circular sobre todos los lados del corte.

Son pocos los experimentos que evaluaron el flujo de aire durante la maduración. Brad Kim et al., (2016) probaron velocidades de 0,2 y 0,5 m/s y no obtuvieron diferencias significativas en ningún parámetro evaluado. Jung et al., (2019) utilizaron velocidades de 0; 2,5 y 5 m/s, y obtuvo una menor fuerza de corte y un menor pH en los tratamientos con flujo de aire que sin. También obtuvieron diferencias en compuestos fisicoquímicos y de sabor, adjudicándose a diferencias microbiológicas y de las actividades proteolíticas y lipolíticas de la carne según la velocidad del aire.

### **2.5.2 Parámetros microbiológicos**

Si la carne utilizada para madurar es manipulada en exceso puede contaminarse y los microorganismos patógenos pueden desarrollarse rápidamente y producir toxinas dañinas que no puedan ser destruidas con la cocción. La calidad microbiológica de la carne debería ser monitoreada para testear tanto bacterias patógenas como también deteriorantes. Los microorganismos más importantes que deben ser medidos en laboratorio son *E. Coli* y enterobacterias. Estas bacterias son indicativas de otros patógenos que podrían desarrollarse. Dentro de las enterobacterias se incluye a *Salmonella*, *Shigella* y *Yersinia* (Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, s. f.).

La maduración en seco involucra restringir el crecimiento bacteriano y estimular el crecimiento de mohos beneficiosos. Durante el proceso de maduración, los mohos de los géneros *Thamnidium*, *Penicillium*, *Rhizopus* y *Mucor* pueden ser encontrados en la superficie de la carne. El más deseable es el moho *Thamnidium* ya que es el que se ha demostrado que libera proteasas encargadas de la ternura de la carne. Los otros mohos se han asociado a infecciones humanas y producen toxinas dañinas, además de no producir ningún sabor deseable (Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, s. f.).

Dada la naturaleza de la maduración en seco (almacenar carne fresca en un ambiente abierto sin ningún empaquetado), el crecimiento bacteriano durante la maduración podría ser una posible preocupación para la inocuidad alimentaria. Sin embargo, aunque depende mucho de las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa, flujo de aire, días de maduración, etc), la maduración en seco es considerada un proceso seguro (Algino, Ingham, & Zhu, 2007). Este proceso produce naturalmente una capa protectora llamada “costra” que es la superficie deshidratada de la carne. Como resultado, la baja actividad del agua sobre la superficie puede reducir o incluso inhibir el crecimiento de bacterias aeróbicas (Dashdorj et al., 2016; Smith et al., 2008). De hecho, algunos estudios reportaron menores o similares recuentos bacterianos totales comparando la carne madurada al vacío con la madurada en seco posterior al pulido de la costra (Berger et al., 2018). Un incremento leve en las poblaciones de levaduras, bacterias aeróbicas y/o mohos fueron observados en la maduración en seco (Berger et al., 2018; Campbell et al., 2001; Li et al., 2014).

Los productos madurados en seco deben ser testeados para mohos para validar el proceso. Para esto se toma una muestra de 100g de carne sin pulir que incluya mohos visibles en caso de estar presentes, y remitirla a un laboratorio acreditado. En caso de que se confirme la presencia de mohos, se deberá realizar un análisis

confirmatorio de que el moho pertenece al género *Thamnidium*. Para los productos madurados al vacío no habrá crecimiento de mohos debido a la falta de oxígeno dentro del empaquetado, por lo que no es necesario ese análisis.

La carne madurada en seco procesada (pulida) y envasada tiene generalmente una vigencia de dos a tres días. Por esta razón es que la carne debe ser pulida al momento de la venta. Para confirmar la inocuidad de los productos tanto madurados al vacío como en seco, la vigencia debe ser testeada para enterobacterias y *E. Coli*. Estos dos análisis deben ser hechos al final de la vigencia deseada para validar la inocuidad del producto final al momento de la venta. Los niveles críticos para estos productos son de 1000ufc/g para enterobacterias y de 10ufc/g para *E. Coli* (Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, s. f.).

### **2.5.3 Atributos sensoriales de carne vacuna madurada**

**Tabla 2.** Revisión bibliográfica sobre atributos sensoriales de carne vacuna madurada.

Referencia	Tipo de prueba	Terneza	Jugosidad	Sabor	Aceptación general
Warren & Kastner, 1992	PS	T0 < Wet = Dry	-	Dry: carnoso, tostado. Wet: suero/sangre, metálico, ácido.	-
Smith et al., 2008	PC	NS	Dry = Wet, > 35 días	NS	NS
Li et al., 2014	PS	DB19 = D19 > W19 > DB8 = D8 = W8	DB19 = D19 = W19 > DB8 = D8 = W8	*	DB > W
Ahnström, Seyfert, Hunt, & Johnson, 2006	PS	NS	NS	Astringencia 14 > 21	-
Berger et al., 2018	PC	D = DB > W	D = DB, D = W, DB > W	NS	NS
Kim, Kemp, & Samuelsson, 2016	PC	NS	3° > 1°	D > W	D > W
Lepper-Bllie, Berg, Buchanan, & Berg, 2016	PS	D = W; 14 y 21 < 28, 35, 42, 49	NS	D > W	-
Ha et al., 2019	PC	D > W	D > W	D > W	D > W
Iida et al., 2015	PS	NS	NS	NS	> 30 y 40 días
Parrish, Boles, Rust, & Olson, 1991	PS y PC	D < W	D < W	NS	D < W
DeGeer et al., 2009	PS	NS	NS	NS	NS
Richardson, Nute, & Wood, 2008	PS	D > W	D > W	NS	-
Stenström, Li, Hunt, & Lundström, 2014	PC	D = DB > W	D = W, D = DB, DB > W	-	D = DB > W
Lee et al., 2017	PC	DS > D DB = DT (1°C y 85% HR) y DS (2° y 75% HR)	DS > D, DB = DS = DT	DS > D, DB = DS = DT	DS > D, DB = DS = DT
Campbell, Hunt, Levis, & Chambers, 2001	PS	D14 = D21 > D7 > D0; D+W 16 = 9 > 2 > 0	D21 > D14 > D7 = D0; D+W 16 = 9 = 2 > 0	Astringencia: NS D14 > sabor; D+W = metálico y astringencia. 9 días > sabor	-

**Referencias:** PC (Prueba con Consumidores); PS (Prueba con Panel Sensorial entrenado); D (dry aged); DB (Dry bag); W (wet aged), NS (no significativo). \* se desarrolla en el texto.

Nota: Se buscó sintetizar la información publicada en una sola tabla para visualizar esquemáticamente las diferentes metodologías utilizadas.

## **Terneza**

La bibliografía coincide en que la duración del proceso de maduración es el factor que tiene mayor incidencia sobre la terneza, aunque también coinciden en que el método de maduración influye (Tabla 2). La maduración en seco tuvo mayores puntajes de terneza sensorial en los estudios de Berger et al., (2018); Ha et al., (2019); Li et al., (2014); Richardson et al., (2008) y Stenström et al., (2014). Sin embargo, varios estudios difieren al no encontrar diferencias significativas en terneza para el método de maduración (Ahnström et al., 2006; DeGeer et al., 2009; Iida et al., 2015; Kim et al., 2016; Lepper-Blilie et al., 2016; Smith et al., 2008; Warren & Kastner, 1992), e incluso Parrish et al., (1991) obtuvieron mejores puntajes para la carne al vacío que en seco. Los resultados más constantes se obtuvieron cuando se aumentaron la cantidad de días de maduración, en los que la terneza aumentó (Campbell et al., 2001; Lepper-Blilie et al., 2016; Li et al., 2014; Warren & Kastner, 1992).

## **Jugosidad**

Se encontró que hay una mayor jugosidad luego del proceso de maduración independientemente si es al vacío o en seco (Tabla 2). Los cortes fueron más jugosos con 19 días (Li et al., 2014), 21 días (Campbell et al., 2001) y 35 días (Smith et al., 2008) de maduración, siendo factor clave la duración del tratamiento y no el tipo de maduración. Los resultados de los paneles sensoriales demostraron una preferencia hacia la carne madurada en seco que al vacío, donde la carne madurada en seco fue más jugosa que la madurada al vacío (Berger et al., 2018; Ha et al., 2019; Richardson et al., 2008). Stenström et al., (2014) obtuvieron diferencias entre seco en bolsa permeable en comparación con las maduras al vacío. Por otro lado, otros paneles no encontraron diferencias en jugosidad (DeGeer et al., 2009; Iida et al., 2015; Lepper-Blilie et al., 2016), y Parrish et al., 1991 obtuvieron más jugosidad en la carne madurada al vacío.

## **Sabor**

La maduración en seco se caracteriza por generar un particular sabor “flavor dry aged”, destacándola por sobre la maduración al vacío, en el que se desarrollan sabores a sangre, suero y ácido (Tabla 2). Warren & Kastner, (1992) encontraron un mayor sabor “beefy” y “brown rosted” en las muestras maduras en seco, y sabor ácido, metálico, suero y sangre en las muestras al vacío luego de 11 días de maduración. Li et al., (2014) obtuvieron resultados similares ya que la carne madurada en seco desarrolló un sabor umami, “butter fried” y “fatty”, mientras que la madurada al vacío tuvo mayor olor a hígado, y sabor y olor metálico. Para Campbell et al., (2001) los mejores resultados de sabor se obtuvieron en la carne madurada en seco por 14 días sobre todas las muestras, mejorando todas las características de sabor menos la astringencia que se mantuvo constante en todos los tratamientos. Lepper-Blilie et al., (2016) obtuvieron mayor “aged flavor” para la carne en seco que al vacío. Ha et al., (2019) y Brad Kim et al., (2016) realizaron prueba de consumidores y obtuvieron mayores puntajes en cuanto a sabor para las carnes maduras en seco sobre las maduras al vacío, al igual que la aceptabilidad general. Sin embargo, son muchos los autores que no obtuvieron diferencias significativas de sabor para los diferentes tratamientos realizados (Berger et al., 2018; DeGeer et al., 2009; Iida et al., 2015; Parrish et al., 1991; Richardson et al., 2008; Smith et al., 2008).

## **Aceptación en general**

Los resultados de los estudios no son concluyentes respecto a la preferencia de un tipo de maduración sobre otro. Ha et al., (2019), Kim et al., (2016), Li et al., (2014) y Stenström et al., (2014) obtuvieron una mayor aceptación para carne madurada en

seco, y por otro lado Parrish et al., (1991) la obtuvieron para carne madurada al vacío. Berger et al., (2018), DeGeer et al., (2009) y Smith et al., (2008) no encontraron diferencias significativas en referencia a este parámetro.

#### ***2.5.4 Parámetros de calidad instrumental en carne madurada***

**Tabla 3.** Revisión bibliográfica sobre los parámetros de calidad instrumental en carne vacuna madurada.

Referencia	pH	PPC (%)	Color	Fuerza de corte	Rendimiento a la maduración (%)
Warren & Kastner, 1992	-	T0 (32,63) < D (26,31), T0 = W (30,84), W = D	-	-	Dry (86,35) < Wet (99,92)
Smith et al., 2008	-	-	-	Dry = Wet; a > días < fuerza	D14 (76,5) < W14 (87,7), D21 (72,1) < W21 (85,3), D28 (71,6) < W28 (86,6), D35 (69,8) < W35 (87,1).
Li et al., 2014	DB8 (5,6) = D8 (5,58), DB8 > W8(5,57), D8 = W8. DB19(5,61) = D19(5,63), D19 > W19(5,57), DB19 > W19.	-	L*19 > L*8 ; DB=D=W	-	DB8 (73,3) = D8 (73,5) < W8 (79,8). DB19 (62,9) = D19 (59,3) < W19 (81,2)
Ahnström, Seyfert, Hunt, & Johnson, 2006	D = DB; 14 (5,5) < 21 (5,7)	NS	-	NS	D14 (79,5) = DB14(79,4), D21(73,7) < DB21(77)
Berger et al., 2018	NS	NS	-	NS	D (56.9) < DB (60.9) < W (66.6)
Kim, Kemp, & Samuelsson, 2016	NS	NS	L* D (37,8) < W (40,4), L* D3° < D1°, a* D(25,9) < W(28,1)	W1°C (5 kgf) > todos	D (3°0,5 45,6) < W (3° 55.2), Sin ≠ entre temperaturas y flujos de aire
Lepper-Blilie, Berg, Buchanan, & Berg, 2016	-	-	-	D(2,49kgf) = W(2,44kgf); < 42 días (2,20 Kgf)	D < W, Dry disminuyó a < días. D c/h 49 (76,15), D s/h49 (62,44), W c/h 49(87,57), W s/h 49(84) <sup>a</sup>
Ha et al., 2019	D (5,59) > W (5,42), W descendió desde 21 días; W56 (5,28) < W+D56 (5,59)	-	*Desarrollo en el texto.	-	D (60.33) < W (94.76); D bajó a < días
lida et al., 2015	D4 (5,84), D30 (5,8), D60 (5,75)	4 días (12,5) < 11 d (15,8) = 20 d (16,6) = 30 d (14,3) = 60 d (14,9) > 4 d (12,5) = 40 d (12,5) = 50 d (12,3)	-	-	-
Parrish, Boles, Rust, & Olson, 1991	-	-	-	-	D < W
DeGeer et al., 2009	NS	D (15) < DB (18,4)	-	NS	Igual para tratamientos; ≠ para días, 21 > 28

Richardson, Nute, & Wood, 2008	-	-	-	-	-
Stenström, Li, Hunt, & Lundström, 2014	NS	NS	-	-	D < W
Lee et al., 2019	D0 (5,96) > D2,5 (5,6) = D5 (5,63)	-	-	D0 (4,25 kgf) < D2,5 (6 kgf) = D5 (5,44 kgf); 0 > 14 > 28	-
Lee et al., 2017	-	-	-	T0 > D = DS = DB	-
Campbell, Hunt, Levis, & Chambers, 2001	-	-	-	D21 < D14 = D7 = D0; D+W = 0, 7, 14, 21	-

**Referencias:** PPC (Pérdidas por cocinado); D (dry aged); DB (Dry bag); W (wet aged); T0 (tiempo cero); c/h (con hueso); s/h (sin hueso).  
Nota: Se buscó sintetizar la información publicada en una sola tabla para visualizar esquemáticamente las diferentes metodologías utilizadas.

## **pH**

Li et al., (2014) obtuvieron diferencias significativas en la maduración por 8 días entre la madurada en seco en bolsa permeable en comparación con la madurada al vacío (seco en bolsa permeable mayor a vacío); sin embargo, no la obtuvieron entre seco tradicional y seco en bolsa permeable, ni entre seco tradicional y al vacío (Tabla 3). A los 19 días, las dos maduraciones en seco obtuvieron valores mayores que la maduración al vacío. Ahnström et al., (2006) obtuvieron diferencias en este parámetro cuando compararon la duración del proceso, obteniendo un menor pH en la maduración de 14 días comparando con la de 21, no obtuvieron diferencias según el tipo de maduración. Ha et al., (2019) encontraron mayor pH en la maduración en seco comparado con al vacío, independientemente de los días, aunque esta última tuvo un descenso de este valor a partir de los 21 días. Iida et al., (2015) evaluaron la maduración en seco, y encontraron un aumento de pH en el transcurso de la maduración. Jung et al., (2019) obtuvieron diferencias entre una maduración sin flujo de aire y otra con, resultando en un menor pH en la primera. No obstante, otros estudios no encontraron diferencias en éste parámetro (Berger et al., 2018; DeGeer et al., 2009; Kim et al., 2016; Stenström et al., 2014).

## **Pérdidas por cocinado**

Dentro de los estudios mencionados en la tabla 3 se destaca que todos los autores que evaluaron la capacidad de retención de agua, utilizaron las pérdidas por cocinado como la técnica para medirla, y además Brad Kim et al., (2016) midieron también las pérdidas por goteo. Éste estudio no obtuvo diferencias significativas evaluando cada técnica por separado, pero si las obtuvo al sumar ambas pérdidas, en donde encontró que las muestras en seco tuvieron mayores pérdidas que las muestras al vacío, y a su vez las muestras en seco maduradas a 3°C obtuvieron valores mayores que las maduradas a 1°C. Warren & Kastner, (1992) encontraron diferencias significativas entre las muestras no maduradas y las maduradas en seco, teniendo estas últimas menores pérdidas, mientras que las piezas al vacío no tuvieron diferencias ni con las "Control" ni con las maduradas en seco. DeGeer et al., (2009) evaluaron la maduración en seco tradicional y la maduración en seco en bolsa permeable, encontrando mayores pérdidas en las maduradas en seco en bolsa permeable que en las maduradas en seco tradicional. Iida et al., (2015) obtuvieron diferencias entre los días de maduración, pero sin seguir ningún patrón lineal. Berger et al., (2018) y Stenström et al., (2014) no encontraron diferencias significativas para este parámetro en ninguno de los tratamientos.

## **Color instrumental**

Li et al., (2014) encontraron mayor luminosidad ( $L^*$ ) en las muestras maduradas por 19 días en comparación con 8, independientemente del tipo de maduración utilizado. Brad Kim et al., (2016) obtuvieron mayor  $L^*$  y  $a^*$  al vacío que en seco, y a su vez en seco a 3°C encontró menor  $L^*$  que en seco 1°C (38.1 vs 39.7). Ha et al., (2019) encontraron que la maduración en seco tuvo un mayor  $a^*$  y menor  $b^*$  que al vacío. A su vez, hubo diferencias en el tiempo de maduración, las muestras en seco bajaron el  $a^*$  y  $b^*$  con el pasar del tiempo, pero la  $L^*$  no cambió, mientras que las muestras al vacío aumentaron los valores  $b^*$  y  $L^*$  con los días.

Se observaron diferencias significativas para  $a^*$  y  $b^*$  entre las muestras maduradas en seco y las maduradas al vacío. El tiempo de maduración repercutió en las medidas instrumentales de color para ambas técnicas de maduración de manera diferente. En las muestras maduradas en seco, el tiempo de maduración afectó de manera significativa el color rojo de la carne ( $a^*$ ) y el color amarillo ( $b^*$ ), pero no influyó en la

luminosidad ( $L^*$ ). Para las muestras maduras al vacío, el tiempo de maduración influyó en un aumento de la luminosidad ( $L^*$ ) y el color amarillo ( $b^*$ ), pero no influyó en el color rojo ( $a^*$ ). Si comparamos ambos métodos de maduración al día 35, se obtuvieron resultados similares para luminosidad, rojo ( $a^*$ ) y amarillo ( $b^*$ ). Sin embargo, las muestras maduras en seco y, al vacío y luego seco, obtuvieron valores menores para luminosidad ( $L^*$ ) y color amarillo ( $b^*$ ) y mayores para color rojo ( $a^*$ ) en comparación con las porciones maduras al vacío, ambas al día 56 (Ha et al., 2019).

### **Textura instrumental**

Smith et al., (2008) encontraron que la fuerza de corte fue disminuyendo con el paso de los días, sin embargo, no tuvieron diferencias entre tipos de tratamientos (Tabla 3). Kim, Kemp, & Samuelsson, (2016) hallaron que las piezas maduras al vacío a una temperatura de  $1^{\circ}\text{C}$  presentaron la mayor fuerza de corte. Lepper-Bilie, Berg, Buchanan, & Berg, (2016) al igual que Smith et al., (2018) concluyeron que el tipo de maduración no influyó en la fuerza de corte, pero el paso de los días tuvo significancia, encontrándose los menores valores a los 42 días. Lee et al., (2019) realizaron solo maduración en seco cambiando los flujos de aire, encontrando que no tuvo significancia para este parámetro, hallando diferencias con el paso de los días, que fue menor a los 28. Lee et al., (2017) no encontraron diferencias entre tratamientos. Campbell, Hunt, Levis, & Chambers, (2001) concluyeron que la menor fuerza de corte registrada fue para las muestras maduras en seco a los 21 días.

### **Rendimiento a la maduración y vendible**

Los resultados obtenidos en varios estudios sobre el rendimiento vendible comparando los tipos de maduración muestran que la carne madurada en seco rinde menos que la madurada al vacío (Tabla 3). Los estudios evaluados concluyen también que el rendimiento disminuye a medida que la maduración es más larga (Tabla 3).

### **3. HIPÓTESIS**

La carne vacuna madurada en seco (dry aging) presenta menor fuerza de corte que la carne madurada al vacío (wet aging) a los 30 y 60 días, con diferencias en las pérdidas por cocinado y el color entre los diferentes métodos de maduración, pero sin diferencias en el pH ni en la calidad higiénica de la carne.

#### **Justificación del diseño experimental**

En el diseño experimental se establecieron dos tiempos de maduración: uno de 30 días para contemplar un rango de tiempo más conocido según lo que establece la bibliografía (entre 14 y 40 días, Tabla 1); y un segundo tiempo de 60 días como para conocer si existen diferencias en calidad de carne que se logren con el doble del tiempo. Se fijó el mismo tiempo de duración tanto para la maduración al vacío y en seco para evaluar y comparar ambos métodos.

Los antecedentes que existen en cuanto a los resultados de parámetros de calidad de carne (Tabla 4) coinciden en que con el proceso de maduración hay una mejora en la calidad desde los 14 a los 40 días, pero los resultados son variables si se alarga la duración.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 Objetivo general**

Evaluar y comparar el efecto de la maduración dry y wet durante 30 y 60 días sobre los parámetros de calidad instrumental de la carne vacuna y sobre el rendimiento de peso en el proceso de maduración.

### **4.2 Objetivos específicos**

Evaluar y comparar el efecto del tipo de proceso de maduración (dry y wet) y la duración (30 y 60 días) sobre:

- el pH, color instrumental, pérdidas por cocinado y fuerza de corte.
- la pérdida de peso y rendimiento a la maduración de la carne vacuna.

A los 60 días, evaluar y comparar el Recuento Total Aerobio (RTA; mesófilos aerobios totales) en ufc/cm<sup>2</sup> (unidades formadoras de colonias) como indicador de calidad higiénica de la carne entre los diferentes tipos de maduración (dry y wet).

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización

El ensayo experimental se realizó en la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” (EEMAC), en el Laboratorio de Calidad de Carne del Departamento de Tecnología de los Alimentos, Paysandú, kilómetro 363 de la ruta 3.

### Animales y tratamientos

Se obtuvieron los Bifes Angostos izquierdos desde la 11<sup>a</sup> a 13<sup>a</sup> vértebras dorsales y vértebras lumbares (Instituto Nacional de Carnes, 2008) de 23 novillos Hereford de 24 meses de edad, engordados en la EEMAC a Pradera (Trébol blanco, Lotus y Festuca), con un peso vivo de 472 kg, y peso en cuarta balanza de 259 kg (rendimiento de 55%). En la canal, se midió el espesor de grasa subcutánea promedio de 11 cm, y el área de ojo de bife promedio de 55 cm<sup>2</sup>.

Cada Bife Angosto se dividió en 5 partes: para tiempo 0; dry 30 y 60 días (D30 y D60); y wet 30 y 60 días (*W 30* y *W 60*), asignadas en serie para que queden todas las secciones distribuidas equitativamente en la misma cantidad de tratamientos y disminuir el efecto de la zona del músculo *longissimus dorsi* sobre el cuál se realizaron las determinaciones, manteniendo la muestra de tiempo 0 en la misma zona (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Esquema (a) e imagen (b) mostrando cómo se realizó el muestreo en serie para que queden todas las secciones del *longissimus dorsi* distribuidas equitativamente entre los tratamientos.

a)

Animal	Bife Angosto ( <i>Longissimus dorsi</i> )				
1	t0	<b>D30</b>	D60	W30	W60
2	t0	W30	W60	<b>D30</b>	D60
3	t0	D60	<b>D30</b>	W60	W30
4	t0	W60	W30	D60	<b>D30</b>

b)



Las muestras maduras en húmedo (wet) se envasaron al vacío, mientras que las muestras maduras en seco (dry) se trataron con ácido láctico 3% por aspersión sobre la superficie antes de comenzar la maduración y no llevaron ningún tipo de envase. Luego se dejaron madurando todas las muestras en la misma cámara de frío del Laboratorio de Calidad de los Alimentos de la Estación Experimental “Mario A. Cassinoni” (EEMAC). Las condiciones ambientales de la cámara de maduración fueron de 2,1°C ( $\pm$  0,74) de temperatura, 76% ( $\pm$  9,1) de humedad y la velocidad de aire desconocida., controladas y medidas con dataloggers Easy Log (EL), sin control de la velocidad del aire.

### **Determinaciones en el laboratorio**

En cada muestreo (a los 0, 30 y 60 días) se midió el peso de todas las piezas de carne utilizando una balanza de precisión Mettler Toledo (máximo 1,5 kg, mínimo 10 g, error 0,5 g) obteniendo el peso inicial y final de cada pieza. Se obtuvo el porcentaje de pérdida de peso durante la maduración, pérdida de peso al pulido (luego de cortar los bordes y costras) y pérdida de peso total de cada pieza de carne al finalizar el proceso correspondiente, calculado como:  $(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) / \text{Peso inicial}$  por 100. A su vez, se obtuvo el rendimiento luego de la maduración, el rendimiento luego del pulido, y el rendimiento vendible de cada pieza de carne al finalizar el proceso correspondiente, calculado como:  $(\text{Peso final} / \text{Peso inicial})$  por 100.

En cada muestreo (tiempo 0, 30 y 60 días) también se obtuvieron muestras de carne de 2,5 cm de ancho, etiquetadas correspondientemente para “Panel de consumidores”, “Textura instrumental” y composición química por resonancia magnética nuclear “RMN” (análisis que corresponde a otro experimento), las cuales se envasaron al vacío y se congelaron a -20°C para su posterior análisis. En el

muestreo del día 60 también se tomaron hisopados sobre una superficie de 20 cm<sup>2</sup> en 8 muestras DRY y 8 muestras WET (como muestra representativa seleccionada) para medir el Recuento Total Aerobio (RTA, TPC en inglés) en ufc/cm<sup>2</sup> y log ufc/cm<sup>2</sup>, mediante la técnica analítica AOAC 990.12 (Petrifilm™ 3M) a 22 °C.

Se determinaron los parámetros de calidad de carne tales como pH, color instrumental, textura instrumental (fuerza de corte Warner-Bratzler), y pérdidas por cocinado. El pH se midió con un peachímetro portátil (Cole Palmer, USA) con electrodos de penetración y termómetro digital. El color instrumental se determinó mediante un colorímetro portátil Minolta CR-400 (Osaka, Japón) para obtener los valores de L\*, a\*, b\* en el espacio CIELAB: L\* es el valor de claridad o luminosidad (lightness), variando entre 0 (negro) y 100 (blanco); a\* refiere al índice de rojo, con valores positivos rojos y valores negativos verdes; b\* corresponde al índice de amarillo, siendo amarillo con valores positivos, y azul con valores negativos. El color se determinó a nivel del músculo *Longissimus dorsi* luego de un período mínimo de 30 minutos de exposición al oxígeno (blooming). Se tomaron tres lecturas al azar, realizando luego el promedio correspondiente (Albertí & Ripoll, 2009). La terneza instrumental se determinó utilizando el método de Warner-Bratzler. Este método mide la fuerza de corte de la carne por medio de una cizalla utilizando un texturómetro Instron 3342 expresando el resultado en Kg de fuerza. Las muestras para esta evaluación fueron obtenidas a partir de un filete de 2,5 cm de espesor. Los filetes se cocinaron en baño "maría" termostatzado con un tiempo de cocción estandarizado para que en el centro térmico del bife llegue a 70°C. Posteriormente se extrajeron con un sacabocado ocho cilindros de 1,27 cm de diámetro de cada filete cocido, realizando movimientos circulares de vaivén en la misma dirección de las fibras musculares y ejerciendo una suave presión hasta concluir el corte. Finalmente, cada cilindro fue sometido a un corte de cizalla Warner-Bratzler de forma perpendicular a la dirección de las fibras musculares. Cuanto mayor es la fuerza de corte, más dura es la carne (Feed, 2009). Se determinaron las pérdidas por cocinado como medida de capacidad de retención de agua. Se calculó como el porcentaje de pérdida de peso antes y después de la cocción (peso crudo - peso cocido / peso crudo).

Dada la situación de emergencia sanitaria al momento, el panel de consumidores no se pudo realizar, dejándolo pospuesto hasta que se den las condiciones para llevarlo a cabo.

Para el análisis estadístico de las variables de calidad instrumental de la carne se utilizó un diseño de parcelas al azar con arreglo factorial de tratamientos, utilizando un modelo general incluyendo el efecto de la media general y de tratamiento. Se realizó un análisis de varianza mediante el procedimiento MIXED del paquete estadístico SAS versión 9.1 (SAS-Institute, 2002) con un nivel de significancia  $\alpha$  menor a 0,05.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 4 se muestran los resultados de pH, pérdidas por cocinado, color instrumental, y fuerza de corte Warner-Braztler para los tratamientos dry y wet, en diferentes tiempos de maduración (0, 30 y 60 días), y se agrega información en las figuras 2 y 3. En la Tabla 5 se muestran los resultados del efecto del método de maduración y del tiempo de duración sobre el porcentaje de pérdida de peso a la maduración, pérdida de peso al pulido, y pérdida de peso total; y rendimiento de la maduración, rendimiento al pulido y rendimiento vendible.

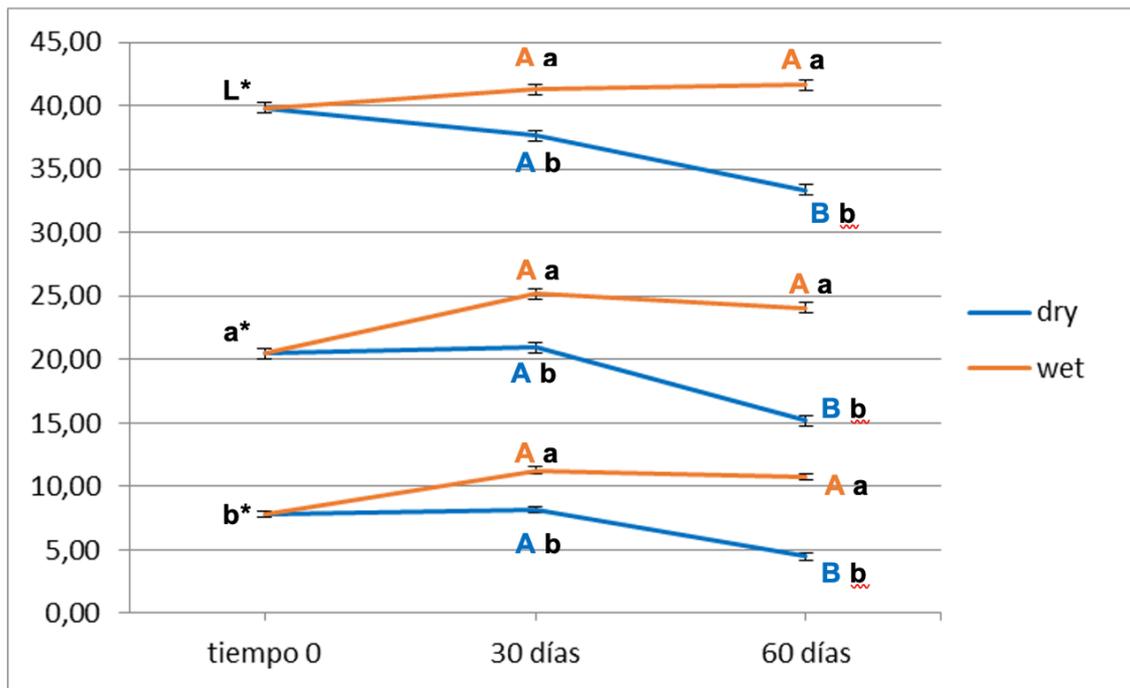
**Tabla 4.** Efecto del método de maduración (Dry y Wet) y del tiempo de duración (30 y 60 días) sobre pH, pérdidas por cocinado, color y fuerza de corte.

	Días	Dry	Wet	SEM
<b>pH</b>	0	5,57	5,57	-
	30	5,64 A a	5,30 B b	0,02004
	60	5,61 A a	5,54 A b	0,02004
<b>Pérdidas por cocinado (%)</b>	0	26,5	26,5	-
	30	16,4 A b	26,3 A a	0,5656
	60	3,9 B b	26,2 A a	0,5656
<b>Color instrumental</b>				
<b>L*</b>	0	39,8	39,8	-
	30	37,6 A b	41,3 A a	0,4203
	60	33,4 B b	41,6 A a	0,4203
<b>a*</b>	0	20,5	20,5	-
	30	20,9 A b	25,2 A a	0,3976
	60	15,2 B b	24,1 A a	0,3976
<b>b*</b>	0	7,8	7,8	-
	30	8,1 A b	11,3 A a	0,2627
	60	4,5 B b	10,8 A a	0,2627
<b>Fuerza de corte WB (kgf)</b>	0	4,2	4,2	-
	30	2,1 B b	2,4 A a	0,0913
	60	2,7 A a	2,3 A b	0,0913

Letras diferentes mayúsculas A y B marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para el mismo método de maduración, entre los diferentes tiempos (30 y 60 días).

Letras diferentes minúsculas a y b marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a los mismos días (30 o 60 días) entre los diferentes métodos de maduración (dry y wet).

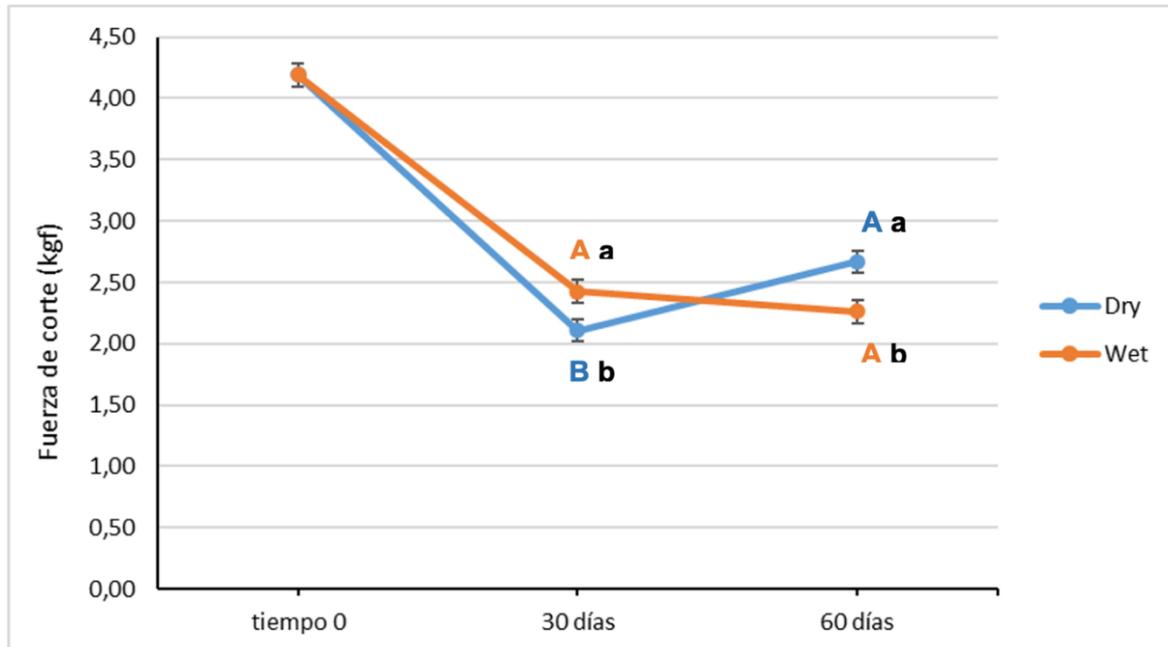
No se analizaron las diferencias estadísticas de tiempo 0 ya que se utilizó el mismo valor tanto para dry como para wet.



**Figura 2.** Representación gráfica del color instrumental (L\*, a\*, b\*) para tiempo 0, dry y wet a los 30 días; y dry y wet a los 60 días.

Letras diferentes mayúsculas A y B del mismo color marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para el mismo método de maduración, entre los diferentes tiempos (30 y 60 días).

Letras diferentes minúsculas a y b marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a los mismos días (30 o 60 días) entre los diferentes métodos de maduración (dry y wet).



**Figura 3.** Representación gráfica de los valores de fuerza de corte en kilogramos de fuerza para tiempo 0, dry y wet a los 30 días; y dry y wet a los 60 días.

Letras diferentes mayúsculas A y B del mismo color marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para el mismo método de maduración, entre los diferentes tiempos (30 y 60 días).

Letras diferentes minúsculas a y b marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a los mismos días (30 o 60 días) entre los diferentes métodos de maduración (dry y wet).

**Tabla 5.** Efecto del método de maduración y del tiempo de duración sobre el porcentaje de pérdida de peso a la maduración, pérdida de peso a la maduración al pulido, y pérdida de peso total; y rendimiento de la maduración, rendimiento al pulido y rendimiento vendible.

	Días	Dry	Wet	SEM
<b>Pérdida de peso por maduración (%)</b>	30	30,4 Ba	1,9 Bb	0,344
	60	42,9 Aa	2,8 Ab	0,344
<b>Pérdida de peso por pulido (%)</b>	30	43,6 B	-	1,477
	60	49,9 A	-	1,477
<b>Pérdida de peso total (%)</b>	30	60,8 Ba	1,9 Ab	0,713
	60	71,3 Aa	2,8 Ab	0,713
<b>Rendimiento a la maduración (%)</b>	30	69,6 Ab	98,1 Aa	0,344
	60	57,1 Bb	97,2 Ba	0,344
<b>Rendimiento al pulido (%)</b>	30	56,4 A	-	1,477
	60	50,1 B	-	1,477
<b>Rendimiento vendible (%)</b>	30	39,2 Ab	98,1 Aa	0,713
	60	28,7 Bb	97,2 Aa	0,713

Letras diferentes mayúsculas A y B marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) para el mismo método de maduración, entre los diferentes tiempos (30 y 60 días).

Letras diferentes minúsculas a y b marcan diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) a los mismos días (30 o 60 días) entre los diferentes métodos de maduración (dry y wet).

## pH

En las muestras maduras en seco no se encontraron diferencias de pH entre 30 y 60 días. Las muestras maduras al vacío durante 60 días obtuvieron valores mayores en comparación con las que fueron maduras 30 días. Las muestras maduras en seco tuvieron valores mayores en comparación con las maduras al vacío (ver tabla 4).

Todas las muestras dieron valores de pH aceptables para carne vacuna. A pesar de que se observó una leve diferencia estadísticamente significativa del pH en la maduración en seco, esta diferencia no afectaría el proceso de maduración (DeGeer et al., 2009). Estos valores fueron similares a los obtenidos en los estudios realizados por Ahnström et al., (2006) (5,7 Dry 21 días), Berger et al., (2018) (5,79 Dry y 5,83 Wet 28 días), DeGeer et al., (2009) (5,49 Dry 28 días), Ha et al., (2019) (5,62 Dry y 5,44 Wet 35 días, 5,54 Dry y 5,28 Wet 56 días), Iida et al., (2015) (5,8 Dry 30 días y 5,75 Dry 60 días) y Li et al., (2014) (5,63 Dry y 5,57 Wet 19 días).

## Pérdidas por cocinado

Las pérdidas por cocinado de las muestras maduras en seco 30 días fueron mayores a las maduras 60 días. Para las muestras maduras al vacío no hubo diferencias entre 30 y 60 días. Las muestras maduras al vacío siempre obtuvieron mayores pérdidas por cocinado que las maduras en seco (ver tabla 4).

La pérdida por cocinado es uno de los métodos utilizados para medir la capacidad de retención de agua de la carne. Kim et al., (2016) evaluaron este parámetro con el mismo método de cocción que este estudio, obteniendo resultados entre 23% y 24% de pérdidas por cocinado en las muestras maduradas en seco por 21 días, y para las muestras maduradas al vacío las pérdidas fueron de 22,6% a 24,1%. En nuestro experimento las muestras maduradas en seco por 60 días obtuvieron pérdidas por cocinado considerablemente bajas (3,93%), esto puede estar relacionado con la alta evaporación que ocurre en este tipo de maduración, debiéndose evaluar si tiene efecto sobre la jugosidad en una prueba de consumidores.

### **Color instrumental**

Las muestras maduradas en seco a los 30 días tuvieron valores de L\*, a\* y b\* mayores que las maduradas en seco a los 60 días. En las muestras maduradas al vacío, no hubo efecto del tiempo para ninguno de estos parámetros. En la figura 2 se puede observar que las muestras maduradas al vacío tuvieron valores mayores de L\*, a\* y b\* a los 30 y 60 días que las maduradas en seco, destacando sobre todo la menor luminosidad (L\*) que se presenta en la maduración en seco ya a los 30 días, diferencia que se amplía a los 60 días. Esto coincide con los estudios realizados por Ha et al., (2019) (L\* 34,44, a\* 24,57, b\* 21,82 Dry y L\* 35,82, a\* 25,17, b\* 22,53 Wet 35 días; L\* 34,88, a\* 23,36, b\* 20,55 Dry y L\* 36,32, a\* 22,89, b\* 22,18 Wet 56 días) y Kim et al., (2016) (rangos de L\* 37,8 - 40,3, a\* 25,9 - 28,9, b\* 11,4 - 13 Dry y L\* 40,1 - 40,4, a\* 28,1 - 29,1, b\* 12,4 - 13,2). Es importante tener en cuenta que el color es uno de los parámetros más importantes en la elección del consumidor. (P Alberti et al., 2005)

### **Fuerza de corte**

Las muestras maduradas en seco por 30 días resultaron más tiernas comparadas con las que fueron maduradas 60 días. Sin embargo, para las muestras maduradas al vacío, el tiempo no influyó significativamente en este parámetro. Se observa que a los 30 días las muestras maduradas en seco tuvieron menores valores que las maduradas al vacío. A los 60 días, esto se invierte, resultando valores inferiores para las muestras maduradas al vacío en comparación con las maduradas en seco (ver tabla 4).

Si bien las diferencias son estadísticamente significativas entre tipos de maduración, estos valores representan muy poca diferencia y quedaría pendiente realizar la prueba con un panel de consumidores para observar si son realmente detectables (Campbell et al., 2001; Dashdorj et al., 2016). Todas las muestras se pueden clasificar como carne tierna o medianamente tierna si nos basamos en la escala propuesta por Schackelford et al., (1995) que definen que una carne es tierna cuando la fuerza de corte WB es menor que 2,27 kgf y carne medianamente tierna cuando la fuerza de corte WB es entre 2,27 y 3,63 kgf.

Los resultados obtenidos en los experimentos de Smith et al., (2008) (2,4 kgf Dry y 2,45 kgf Wet), Ahnström et al., (2006) (2,5 kgf Dry para 21 días), DeGeer et al., (2009) (2,2 kgf Dry para 28 días), Lepper-Blilie et al., (2016) (2,44 kgf Dry y 2,49 kgf Wet) y Campbell et al., (2001) (1,9 kgf Dry para 21 días) son similares a los obtenidos en nuestro experimento, considerando el tiempo y tipo de maduración. Sin embargo, ninguno tuvo diferencias significativas entre maduración en seco y maduración al vacío.

### **Pérdida de peso y rendimiento**

Las mayores pérdidas de peso se observaron en el período transcurrido durante los primeros 30 días de maduración en seco, llegando a perder 60,78%, aunque

siguieron perdiendo peso hasta los 60 días. La mayor pérdida de peso total se dio en la carne madurada en seco durante 60 días. Las muestras maduras al vacío 60 días tuvieron mayor pérdida de peso por maduración con respecto a las de 30 días, aunque las diferencias son muy bajas (0,9%). No hubo diferencias significativas en la pérdida de peso total de estas muestras. Las pérdidas de pesos totales de las muestras maduras en seco son mayores a las muestras maduras al vacío (ver tabla 5).

Las muestras maduras en seco durante 30 días tuvieron mayor rendimiento vendible que las que fueron maduras durante 60 días. En las muestras maduras al vacío no se encontraron diferencias entre los 30 y 60 días (ver tabla 5).

Las pérdidas de peso totales para las muestras maduras en seco fueron mayores que otros estudios realizados (Ahnström et al., 2006; Berger et al., 2018; DeGeer et al., 2009; Ha et al., 2019; Kim et al., 2016; Lepper-Blilie et al., 2016; Li et al., 2014; Parrish et al., 1991; Smith et al., 2008; Stenström et al., 2014; Warren & Kastner, 1992), observándose mayores pérdidas entre los 0 y 30 días. Las principales pérdidas de peso por evaporación dependen de las condiciones ambientales de la cámara de maduración, del tamaño y peso del corte y si tiene hueso o no (Dashdorj et al., 2016; DeGeer et al., 2009). Lepper-Blilie et al., (2016) compararon muestras maduras en seco con y sin hueso y obtuvieron mayores pérdidas en estas últimas. En nuestro experimento se utilizaron cortes de *longissimus dorsi* sin hueso y de 656 g de promedio al inicio de la maduración, y al ser piezas chicas puede haber generado mayores pérdidas de peso. El rendimiento vendible de las muestras maduras al vacío se calculó restando las pérdidas por maduración, aunque estos cortes se venden envasados sin tener en cuenta esta pérdida.

### **Análisis microbiológico**

El recuento total aerobio presentó un promedio de  $7,79 \pm 0,15$  log ufc/cm<sup>2</sup> para las muestras maduras al vacío y  $0,66 \pm 0,55$  log ufc/cm<sup>2</sup> para las maduras en seco. El menor RTA correspondiente a la carne madurada en seco coincide con otros trabajos reportados (Berger et al., 2018), aunque también observaron un incremento leve en las poblaciones de levaduras, bacterias aeróbicas y/o mohos (Berger et al., 2018; Campbell et al., 2001; Li et al., 2014).

Esto evidencia que el método de maduración en seco no representa un riesgo para la proliferación de microorganismos, probablemente debido a la deshidratación superficial y la temperatura de refrigeración (Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, s. f.)

## 7. CONCLUSIONES

- En ambos métodos de maduración se obtuvieron valores aceptables de pH, pérdidas por cocinado y calidad higiénica de la carne. Sin embargo, el color de las muestras maduras dry fue inferior a las muestras wet, con menor luminosidad  $L^*$ , y con  $a^*$  y  $b^*$  tendiendo hacia el verde y azul.
- La carne vacuna madurada en seco durante 30 días fue la que obtuvo la mejor textura instrumental (la más tierna), incluso mejor que la carne madurada en seco durante 60 días, aunque todas las muestras presentaron valores relativos a carne tierna.
- Las altas pérdidas de peso totales producidas en este experimento durante el proceso de maduración en seco, sobre todo a los 60 días, no justificarían realizar este tipo de maduración para piezas de carne de bajo peso y sin hueso, considerando que no se observó un producto que tenga mejores parámetros de calidad instrumental.
- Queda pendiente realizar un análisis de panel de consumidores para determinar si se encuentran diferencias en aceptabilidad general que consigan generar un producto de “elite” para el cual el consumidor esté dispuesto a pagar un sobreprecio.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- Aaslyng, M. D. (2009). Trends in meat consumption and the need for fresh meat and meat products of improved quality. En J. P. Kerry & D. Ledward (Eds.), *Improving the sensory and nutritional quality of fresh meat* (pp. 3-18). London: Woodhead.
- Abella, M., & Cocchi, L. (2012). *Comercialización Internacional de la carne bovina*. Universidad de la República.
- Ahnström, M. L., Seyfert, M., Hunt, M. C., & Johnson, D. E. (2006). Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Science*, 73(4), 674-679. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.03.006>
- Albertí, P., & Ripoll, G. (2009). Los pigmentos de la carne y factores que afectan su color, métodos instrumentales de medida del color por técnicas de reflexión. En G. Bianchi & O. Feed (Eds.), *Introducción a la ciencia de la carne* (pp. 115-128). Montevideo: Hemisferio Sur.
- Alberti, P, Panea, B., Ripoll, G., Sañudo, C., Olleta, J. L., Negueruela, I., ... Serra, X. (2005). Medición del color. En V. Cañeque & C. Sañudo (Eds.), *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes* (pp. 213-225). Madrid: INIA.
- Alberti, Pedro, Ripoll, G., Alberti, C., & Panea, B. (2016). Clasificación objetiva del color de la carne de denominaciones de venta de vacuno. *Eurocarne*, 244, 131-142. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/301198065\\_Clasificacion\\_objetiva\\_del\\_color\\_de\\_la\\_carne\\_de\\_denominaciones\\_de\\_venta\\_de\\_vacuno](https://www.researchgate.net/publication/301198065_Clasificacion_objetiva_del_color_de_la_carne_de_denominaciones_de_venta_de_vacuno)
- Algino, R. J., Ingham, S. C., & Zhu, J. (2007). Survey of Antimicrobial Effects of Beef Carcass Intervention Treatments in Very Small State-Inspected Slaughter Plants. *Journal of Food Science*, 72, M173-M179. <https://doi.org/doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00386.x>
- Australian Meat Processor Corporation and Meat & Livestock Australia, A. (2010). Meat technology update; Dry aging of beef.
- Baird, B. (2008). Dry aging enhances palatability of beef. *Beef Safety/Quality Issues Update*, 27-28. Recuperado de <http://www.beefusa.org/uDocs/dryagingenhancespalatabilityofbeef164.pdf>
- Belew, J. B., Brooks, J. C., McKenna, D. R., & Savell, J. W. (2003). Warner-Bratzler shear evaluations of 40 bovine muscles. *Meat Science*, 64, 507-512.
- Berg, R. T., & Butterfield, R. M. (1976). New concepts of cattie growth. *Sidney University Press*.
- Berger, J., Kim, Y. H. B., Legako, J. F., Martini, S., Lee, J., Ebner, P., & Zuelly, S. M. S. (2018). Dry-aging improves meat quality attributes of grass-fed beef loins. *Meat Science*, 145(July), 285-291. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.07.004>
- Blanco, M. R., & Alonso, C. (2008). Collagen types in bovine muscles: Influence of age and breed. *Journal of Muscle Foods*, (21), 417-423.
- Brayshaw, G. ., Carpenter, E. ., & Phillips, R. . (1965). Butchers and their customers. *Department of Agricultural Economics Archive*, 272980.
- Campbell, R. E., Hunt, M. C., Levis, P., & Chambers, E. (2001). Dry-aging effects on palatability of beef longissimus muscle. *Journal of Food Science*, 66(2), 196-199. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb11315.x>
- Cassens, R. G., G., H. W., Faltin, E. C., & Briskey, E. J. (1987). Zinc content and subcellular distribution in red vs. white porcine skeletal muscle. *American Journal Physiology*, 212, 688 – 692.
- CIATA. (1998). Análisis de la calidad de la carne. Calidad de carne vacuno. Calidad nutritiva

- y organoléptica. Métodos analíticos, instrumentales y químicos. Aplicación del análisis de calidad. *Tecnología Agroalimentaria*, 43-44.
- Colomer-Rocher, F. (1988). Estudio de los parámetros que definen los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales bovinas. *IV Curso Inter. de Producción de Carne y Leche a base de Pastos y Forrajes.*, 90.
- Consigli, R. (2001). ¿Qué es la calidad de la carne? *6ª Jornada El Negocio de la Carne. La Voz del Campo EEA INTA Manfredi*. Recuperado de [www.produccion-animal.com.ar](http://www.produccion-animal.com.ar)
- Dashdorj, D., Tripathi, V. K., Cho, S., Kim, Y., & Hwang, I. (2016). Dry aging of beef; Review. *Journal of Animal Science and Technology*, 58(20), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s40781-016-0101-9>
- De la Fuente, J., Álvarez, I., Díaz, M., Pérez, C., & Cañeque, V. (s. f.). Determinación de los pigmentos de la carne por espectrofotometría. En V. Cañeque & C. Sañudo (Eds.), *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*. (pp. 226-236). Madrid: INIA.
- DeGeer, S. L., Hunt, M. C., Bratcher, C. L., Crozier-Dodson, B. A., Johnson, D. E., & Stika, J. F. (2009). Effects of dry aging of bone-in and boneless strip loins using two aging processes for two aging times. *Meat Science*, 83(4), 768-774. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2009.08.017>
- Delgado, V. L., & Quartino, L. (2013). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE CORTES BOVINOS ENVASADOS AL VACÍO Y MANTENIDOS A TEMPERATURA DE REFRIGERACIÓN*. Universidad de la República, Facultad de Veterinaria, Montevideo, Uruguay.
- Dikeman, M., Obuz, E., V Gok, Akkaya, L., & Stroda, S. (2013). Effects of dry, vacuum and special bag aging; USDA quality grade; and end-point temperature on yields and eating quality of beef longissimus lumborum steak. *Meat Science*, 94(228), 33.
- Driessen, B., & Geers, R. (2000). No Title. *1st conference virtual internacional sobre Qualidade de Carne Suina*.
- Dunne, P. G. (2003). *Colour of bovine adipose and muscle tissue: impact of animal type and management factors*. University College Dublin.
- FAO. (2014). Calidad de la carne. Recuperado 13 de abril de 2021, de [http://www.fao.org/ag/AGAinfo/themes/es/meat/quality\\_meat.html](http://www.fao.org/ag/AGAinfo/themes/es/meat/quality_meat.html)
- Feed, O. (2009). Metodología para la evaluación de las características cualitativas de la canal y de la carne, calidad de la canal bovina. En G. Bianchi & O. Feed (Eds.), *Introducción a la ciencia de la carne* (pp. 181-214). Montevideo: Hemisferio Sur.
- Feed, O. (2010). Metodología para la evaluación de las características cualitativas de la canal y de la carne. En *Introducción a la ciencia de la carne* (pp. 181-214). Montevideo: Hemisferio Sur.
- Formento, P. (2015). *Calidad de Carnes*. Montevideo: INAC. Recuperado de <http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/11973/1/calidad-de-carnes.pdf>
- Forrest, J., Aberle, E., Hendrick, H., Judge, M., & Merkel, R. (1979). *Fundamentos de la ciencia de la carne* (2.ª ed.). Zaragoza: Acribia.
- Franco, J., Feed, O., Gimeno, D., Aguilar, I., & Avendaño, S. (2002). Como cambia el rendimiento carnicero con los cruzamientos. Calidad de la canal. *Seminario de Actualización Técnica; Cruzamientos en Bovinos para Carnes*, 31-37. Montevideo: INIA.
- Frisby, J., Raftery, D., Kerry, J. P., & Diamond, D. (2005). Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality. *Meat Science*, 329-336.

- Garrido, M. ., & Bañón, S. (2000). Medida de pH. En *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. (pp. 147-155). Madrid, España: Ministerio de Ciencia y Tecnología-INIA.
- Geesink, G. H., Kuchay, S., Chishti, A. H., & Koohmaraie, M. (2006). Micro-calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *Journal of Animal Science*, *84*(10), 2834-2840.
- Gómez, A. (2011). *Influencia en la calidad de un producto cremagenado de coliflor tras la aplicación de diferentes sistemas de agotación durante el proceso térmico*. Universidad Pública de Navarra, Navarra, España.
- Guerrero, J. L. (2001). *Bioquímica y Tecnología de la carne*. 176.
- Ha, M., Mcgilchrist, P., Polkinghorne, R., Huynh, L., Galletly, J., Kobayashi, K., ... Warner, R. D. (2019). Effects of different ageing methods on colour , yield , oxidation and sensory qualities of Australian beef loins consumed in Australia and Japan. *Food Research International*, *125*(December 2018), 108528. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108528>
- Hernández, F. M., & Schneck, M. V. (2016). *CALIDAD MICROBIOLÓGICA DE CARNE BOVINA ENVASADA AL VACÍO Y REFRIGERADA*. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA FACULTAD DE VETERINARIA.
- Iida, F., Miyazaki, Y., Tsuyuki, R., Kato, K., Egusa, A., Ogoshi, H., & Nishimura, T. (2015). Changes in taste compounds , breaking properties and sensory attributes during dry aging of beef from Japanese black cattle. *MESC*, *112*, 46-51. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.015>
- Immonen, K., Ruusunen, M., & Puolanne, E. (2000). Some effects of residual glycogen concentration on the physical and sensory quality of normal pH beef. *Meat Science*, *55*, 33-38.
- INAC. (s. f.). Clasificación y Tipificación carne vacuna. Recuperado 8 de mayo de 2021, de innovaportal [website: https://www.inac.uy/innovaportal/v/1776/2/innova.front/clasificacion-y-tipificacion-carne-vacuna](https://www.inac.uy/innovaportal/v/1776/2/innova.front/clasificacion-y-tipificacion-carne-vacuna)
- INAC. (2019). *Anuario estadístico 2019*.
- INAC, I. N. de C. (2004). *MANUAL DE CARNES BOVINA Y OVINA* (2.<sup>a</sup> ed.). Montevideo, Uruguay. Recuperado de [www.inac.gub.uy](http://www.inac.gub.uy)
- Instituto Nacional de Carnes, I. (2008). Manual de CORTES BOVINOS para ABASTO.
- Keane, G. (1981). Carcass Growth and composition. *Cattle Production Seminar.*, (15).
- Kent, M. P., Spencer, M. J., & Koohmaraie, M. (2004). Postmortem proteolysis is reduced in transgenic mice overexpressing calpastatin. *Journal of Animal Science*, *82*, 794-801.
- Kim, Y. H. B., Kemp, R., & Samuelsson, L. M. (2016). Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*, *111*, 168-176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.09.008>
- Kim, Y. H. B., Ma, D., Setyabrata, D., Farouk, M. M., Lonergan, S. M., Huff-Lonergan, E., & Hunt, M. C. (2018). Understanding postmortem biochemical processes and post-harvest aging factors to develop novel smart-aging strategies. *Meat Science*, *144*(February), 74-90. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.031>
- Koohmaraie, M. (1996). Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat. *Meat Science*, *43*, 193-201.
- Kropft, D., Hunt, M., & Piske, D. (1986). Color formation and retention in fresh meat. *Proceedings of Meat Indian Research Conference*, 62.

- Lawrie, R. A. (1998). *Ciencia de la carne* (3.<sup>a</sup> ed.). Zaragoza,: Acribia.
- Lee, H. J., Choe, J., Kim, K. T., Oh, J., Lee, D. G., Kwon, K. M., ... Jo, C. (2017). *Analysis of low-marbled Hanwoo cow meat aged with different dry-aging methods*. 30(12), 1733-1738.
- Lee, H. J., Won, J., Kim, M., Oh, H., Yoon, Y., & Jo, C. (2019). *Changes in microbial composition on the crust by different air flow velocities and their effect on sensory properties of dry-aged beef*. 153, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.03.019>
- Lepper-Blilie, A. N., Berg, E. P., Buchanan, D. S., & Berg, P. T. (2016). Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science*, 112, 63-68. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.017>
- Li, X., Babol, J., Bredie, W. L. P., Nielsen, B., Tománková, J., & Lundström, K. (2014). A comparative study of beef quality after ageing longissimus muscle using a dry ageing bag, traditional dry ageing or vacuum package ageing. *Meat Science*, 97(4), 433-442. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.014>
- López, A. (2018). *Parámetros de calidad y características sensoriales de la carne de terneros de raza retinta criados en dos modelos de producción ecológica* (Universidad de Sevilla). Universidad de Sevilla. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/80945>
- Madruga, M. S., & Mottram, D. S. (1995). The effect of pH on the formation of maillard-derived aroma volatiles using a cooked meat system. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 68(3), 305-310. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740680308>
- Naumann, H. D. (1965). Evaluation and measurement of meat quality (G. W. Lrving & S. R. Hoover, Eds.). 77. Washington: American Association for the Advancement of Science.
- Offer, G., & Knighth, P. (1988). The estructural basis of water holding in meat. General principles and water uptake in meat processing. En R. Lawrie (Ed.), *Development in Meat Science* (4.<sup>a</sup> ed., pp. 63-170). Oxford: Elsevier.
- Parrish, F. C., Boles, J. A., Rust, R. E., & Olson, D. G. (1991). Dry and Wet Aging Effects on Palatability Attributes of Beef Loin and Rib Steaks from Three Quality Grades. *Journal of food science*, 56(3), 10-12.
- Pearson, A. . (1966). Desirability of Beef-Its Characteristics and Their Measurement. *Journal of Animal Science*, 25(3), 843-854.
- Peluffo, M., & Monteiro, M. (2002). Terneza : una característica a tener en cuenta. *Revista del Plan Agropecuario*, 19-21.
- Pérez, J. (1998). *Contibución al studio objetivo del color en productos cárnicos crudos-curados*. Universidad Politécnico de Valencia, Valencia, España.
- Perry, N. (2012). Dry aging beef. *Inter J Gastronomy and Food Sci.*, 1, 78-80.
- Pla Torres, M. (2005). Capacidad de retención de agua Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. En *Monografías INIA* (3.<sup>a</sup> ed., pp. 243-250). España: Serie Ganadera.
- Prescott, J. H. D. (1966). The influence of different systems of beef production on carcass characteristics and meat quality. *Beef Production and Marketing*.
- Primesafe, Agency of the Government of the State of Victoria, A. (s. f.). *Ageing of Beef*. Recuperado de <https://www.primesafe.vic.gov.au/standards-and-guidelines/primenotes/ageing-of-beef/>
- Reich, F., & Bessio, G. (2019). Construyendo el país de la mejor carne. *Jornadas con productores ganaderos*. INAC.
- Richardson, R. ., Nute, G. ., & Wood, J. . (2008). *Effect of wet vs . dry ageing on eating qu*

from traditional breeds.

- Robaina, R. (2012). Algunas definiciones prácticas. *Instituto Nacional de Carnes*. Recuperado de [http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/6351/1/algunas\\_definiciones\\_practicas.pdf](http://www.inac.gub.uy/innovaportal/file/6351/1/algunas_definiciones_practicas.pdf)
- Romans, J., & Norton, H. (1989). Consumer evaluation of fresh pork quality. *Proceedings from the Meeting of Meat Research Workers*, 62-64.
- Santini, F., Rearte, D., & Grigera, J. M. (2003). Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. *Jornada de Actualización Ganadera INTA*, 29-37. Balcarce.
- Sañudo, C., & Muela, E. (2010). Caracterización de la carne por medio del análisis sensorial: Aspectos básicos. En *Introducción a la ciencia de la carne* (pp. 215-239). Montevideo: Hemisferio Sur.
- Sañudo, C., Olleta, J. L., Campo, M. M., Panea, B., & Rota, E. (2005). Calidad instrumental de la carne. Propuesta de muestreo. En *Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes* (3.<sup>a</sup> ed., pp. 201-205). Madrid: INIA.
- SAS-Institute. (2002). *SAS/STAT user's guide*. Cary, NC, USA: SAS software.
- Savell, J., Harris, K., Miller, R., Griffin, D. B., Laster, M. A., & Voges, K. L. (2007). Tenderness, flavor, and Yield Assessments of Dry-Aged Beef. *The Beef Checkoff*. Recuperado de [http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/PE\\_Project\\_Summaries/FY06Tenderness\\_flavor\\_yield\\_assessments.pdf](http://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/PE_Project_Summaries/FY06Tenderness_flavor_yield_assessments.pdf)
- Savell, J. W. (2008). Dry-Aging of Beef, Executive Summary. En *The Beef Checkoff. Centennial: Center for research and knowledge management, National Cattlemen's Beef Association*. Recuperado de [http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE\\_Executive\\_Summaries/Dry\\_Aging\\_of\\_Beef.pdf](http://www.beefissuesquarterly.com/CMDocs/BeefResearch/PE_Executive_Summaries/Dry_Aging_of_Beef.pdf)
- Schackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. (1995). Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from *Bos indicus* and *Bostaurus* cattle. *Journal of Animal Science*, 73(11), 3333-3340.
- Smith, R. D., Nicholson, K. L., Nicholson, J. D. W., Harris, K. B., Miller, R. K., Griffin, D. B., & Savell, J. W. (2008). Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer palatability evaluations of steaks from US Choice and US Select short loins. *Meat Science*, 79, 631-639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.10.028>
- Soria, L., & Corva, P. (2004). Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 12(2), 73-88.
- Stenström, H., Li, X., Hunt, M. C., & Lundström, K. (2014). Consumer preference and effect of correct or misleading information after ageing beef longissimus muscle using vacuum, dry ageing, or a dry ageing bag. *Meat Science*, 96(2), 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.10.022>
- Szczesniak, A. S., Brandt, M. A., & Friedman, H. H. (1963). Development of Standard Rating Scales for Mechanical Parameters of Texture and Correlation Between the Objective and the Sensory Methods of Texture Evaluation. *General Foods Corporation, Technical Center*. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00217.x>
- Tarrant, P. . (1988). Animal behaviour and environment in the Dark Cutting Condition. En *Dark Cutting in Cattle and Sheep. Proceedings of an Australian Workshop* (pp. 8-18). Australia: Australian Meat and Live-stock Research and Development Corporation.
- Teira, G. (2004). Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas: la terneza. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 28, 215-244.

- Uruguay Presidencia. (2019). Exportaciones de carnes uruguayas aumentaron 7,9% en el transcurso del año 2019. Recuperado 13 de abril de 2021, de <https://www.presidencia.gub.uy/comunicacion/comunicacionnoticias/exportacion-carne-diciembre-2019>
- USMEF. (2014). Guidelines for U.S. dry aged beef for international markets. Recuperado de Meat Export Federation of USA website: <https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/>
- Varela, G., Beltrán, B., Cuadrado, C., Moreiras, O., Ávila, J. M., Cerdeño, A. I., & Ruiz Mantecón, A. (2001). La carne de vacuno en la alimentación humana. *Serie Divulgación*, 16, 36.
- Vitale, M. (2016). *Maduración de la carne de vacuno: cómo se realiza y factores que la afectan*.
- Voges, K. L., Pfeiffer, K. d., Baird, B. e., King, d. A., Johnson, H. K., Griffin, d. B., & Savell, J. W. (2006). Retail cutting characteristics for US Choice and US Select beef subprimals. *Meat Science*, 73, 116-131.
- Warren, K. E., & Kastner, C. L. (1992). A comparison of dry-aged and vaccum-aged beef strip loins. *Journal of Muscle Foods*, 3(91), 151-157.
- Warris, P. . (2001). *Meat Science an Introductory Text*. Wallingford: Cabi Publishing.
- Wood, J. . (1990). Consequences for meat quality of reducing carcass fatness. En J. . Wood & A. . Fisher (Eds.), *Reducing fat in meat animals* (pp. 344-397). Barking, UK: Elsevier Applied Science Publishers Ltd.
- Wythes, J. ., & Shorthose, W. . (1984). Marketing cattle: its effects on liveweight, carcasses and meat quality. *Australian Meat Research Committee*, 46, 1-27.
- Xiong, Y., Mullins, O., Stika, J., Chen, J., Blanchard, S., & Moody, W. (2007). Tenderness and oxidative stability of post-mortem muscle from mature cows ovarious ages. *Meat Science*, 77, 105-113.