

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**EFFECTO DEL TIEMPO DE MADURACIÓN SOBRE LA FUERZA DE CORTE Y
COLOR DE LA CARNE SOMETIDA A UN PROCESO DE MADURACIÓN EN
SECO.**

por

NOSEDA ARANA, Santiago

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

Orientación: Higiene, Inspección-Control y
Tecnología de los alimentos de origen animal.

MODALIDAD: Ensayo Experimental.

MONTEVIDEO

URUGUAY

2021

PÁGINA DE APROBACIÓN

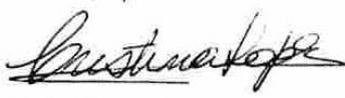
Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:



Ing. Agr. Gustavo Brito

Segundo miembro (Tutor):



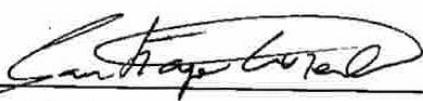
Dra. Cristina Lopez

Tercer miembro:



Dr. Javier García

Cuarto miembro:



Ing. Agr. Santiago Luzardo

Quinto miembro:



Dr. Ariel Aldrovandi

Fecha:

22 de abril de 2022

Autor:



Santiago Noseda

AGRADECIMIENTOS

Facultad de Veterinaria

Departamento Ciencia y Tecnología de la Carne

Dra. Cristina Lopez

Dr. Ariel Aldrovandi

INIA Tacuarembó

Laboratorio de Tecnología de la Carne

Ing. Agr. (MSc. PhD.) Gustavo Brito

Ing. Agr. (PhD.) Santiago Luzardo

Lic. Laboratorio Clínico Guillermo de Souza

Frigorífico La Trinidad

Control de Calidad

Dra. (MSc.) Ana Levin

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	2
AGRADECIMIENTOS	3
1.0 RESUMEN	5
2.0 SUMMARY	6
3.0 INTRODUCCIÓN	7
3.1 EL SECTOR CÁRNICO EN URUGUAY	7
3.2 CALIDAD Y CARNE	7
4.0 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	10
5.0 HIPÓTESIS	13
6.0 OBJETIVOS	14
6.1 OBJETIVO GENERAL	14
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
7.0 MATERIALES Y MÉTODOS	15
7.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL TRABAJO	15
7.2 DISEÑO EXPERIMENTAL	15
7.3 ACONDICIONAMIENTO DE LAS MUESTRAS Y REMISIÓN AL LABORATORIO	18
7.4 PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO PARA SU EVALUACIÓN	18
7.5 VARIABLES MEDIDAS	18
7.6 ANÁLISIS DE LOS DATOS	19
8.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
8.1 COLOR	20
8.2 TERNEZA MEDIDA A TRAVÉS DE LA FUERZA DE CORTE	21
9.0 CONCLUSIONES	23
10.0 BIBLIOGRAFÍA	24

1.0 Resumen

Esta investigación consistió en evaluar el efecto del proceso de maduración (0, 21, 35, y 56 días entre 2- 4 °C y 75 ± 5 % de humedad relativa) de la carne vacuna en seco sobre algunas propiedades sensoriales del músculo *Longissimus dorsi*. Las variables instrumentales analizadas fueron el color de la carne y la fuerza de corte como estimador de la ternura. Los datos obtenidos fueron analizados mediante análisis de varianza, seguido de la prueba de Tukey ($\alpha = 0,05$). La fuerza de corte fue mayor ($p < 0,05$) el día 0 en comparación con los tratamientos que no difirieron entre sí ($p > 0,05$), mientras que la luminosidad de la carne (L^*) fue menor ($p < 0,05$) a los 56 días respecto a los tres momentos previos de medición (0, 21 y 35 días). El valor de la coordenada a^* (intensidad de rojo) del color de la carne fue también menor ($p < 0,05$) a los 56 días de maduración respecto a los días 0, 21 y 35 de almacenamiento. La coordenada b^* (intensidad de amarillo) del color de la carne presentó mayores valores ($p < 0,05$) a los 21 y 35 días de maduración respecto al inicio (día 0) y final (día 56) del periodo de almacenamiento.

2.0 Summary

This research consisted in evaluating beef dry aging process (between 2-4°C and 75 ± 5 % of relative humidity on days 0, 21, 35 and 56 of storage) effect on some sensory properties of the *Longissimus dorsi* muscle. Instrumental lean color and Warner-Bratzler shear force variables were evaluated. Analysis of variance was performed for data analysis, followed by Tukey test ($\alpha = 0.05$). Significant differences ($p < 0.05$) were found in Warner-Bratzler shear force between the control treatment (time 0) and all other treatments that did not differ ($p > 0.05$) among them. Lean color L* coordinate was lower ($p < 0.05$) with 56 days than the measurements performed on days 0, 21 and 35. The mean value of the a* coordinate (redness) of lean color was also lower ($p < 0.05$) on 56 of the aging period compared to days 0, 21 and 35. Coordinate b* (yellowness) of meat color showed greater ($p < 0.05$) values on days 21 and 35 of storage compared to day 0 and 56 of the aging period.

3.0 Introducción

La carne de vacuno es un alimento fundamental en la dieta humana, por ser fuente rica en proteínas, aportando todos los ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales. Además, presenta características sensoriales excepcionales que la convierten en uno de los alimentos de origen animal mejor valorado por el consumidor (Oliván García y col., 2013).

3.1 El Sector Cárnico en el Uruguay

La producción ganadera ha sido tradicionalmente uno de los sectores principales de la producción agropecuaria uruguaya. Actualmente, existen en nuestro país 12 millones de vacunos y 6,4 millones de ovinos (DICOSE-SNIG 2019).

Al hablar de sistemas ganaderos extensivos nos referimos a aquellos que tienen como base de producción las praderas naturales, con un porcentaje reducido de campos mejorados (menor al 10%). Uruguay es de los países en el mundo que tiene una mayor relación de vacunos y ovinos por habitante, debido a las buenas condiciones que existen para la producción ganadera. El ganado puede pastorear durante todo el año a la intemperie, a diferencia de lo que sucede en otras regiones del mundo en las que se cría ganado (Europa y América del Norte, por ejemplo) donde debido a las rigurosas condiciones climáticas del invierno, el ganado puede permanecer confinado durante buena parte del año. Esto a su vez posibilita la producción de una amplia gama de carnes de la más alta calidad (Borraz y Rossi, 2008). A pesar de su reducida superficie Uruguay está entre los principales países exportadores de carne vacuna en el mundo (está entre los 10 principales países exportadores) (INAC, 2020).

A su vez, Uruguay se encuentra entre los primeros países del mundo en consumo de carne vacuna por persona. De acuerdo con estimaciones de INAC, la carne vacuna acumula un consumo de 47,9 kilos por persona por año (INAC, 2019). De las 577 mil toneladas de carne vacuna que Uruguay produce al año, 107 mil toneladas se vuelcan al consumo interno (18,5%) y 470 mil toneladas (81,5%) es destinada a la exportación (INAC, 2019). Esta carne se exporta a más de 100 países y representa la cuarta parte de las exportaciones de bienes del Uruguay (INAC, 2019).

3.2 Calidad y Carne

Según el Reglamento Bromatológico Nacional se define carne como “la parte muscular comestible de bovinos, ovinos, caprinos, suinos, equinos, aves y conejos, declarada apta para la alimentación humana por la inspección veterinaria oficial, antes y después de la faena, constituida por todos los tejidos que rodean el esqueleto, incluyendo su cobertura grasa, tendones, vasos nerviosos, aponeurosis, ligamentos, cartílagos y todos aquellos tejidos no separados durante la operación de faena. Además, se considera carne el diafragma, no así el corazón, el esófago, la lengua y los músculos del aparato hioideo”.

La calidad se refiere a las características de un producto o servicio que satisface las necesidades o deseos del cliente (INAC, 2015). Es la relación entre las características reales y esperadas de ese producto, en la medida que se satisface al consumidor. Pero el concepto o percepción de calidad es más amplio, en cierto modo subjetivo, y abarca aspectos que van más allá del producto en sí, como el estado sanitario del país, la certificación de procesos y productos y la oferta de productos de calidad constante, entre otros (INAC, 2015).

La evaluación de calidad de carne depende del lugar de la cadena cárnica donde estemos, es por ello que se utilizan diferentes parámetros para su caracterización. Para algunos actores de la cadena (productores e industria frigorífica, por ejemplo) se refiere a características de la res (peso, cobertura y distribución de grasa, conformación). Para otros puede ser el tamaño y peso de los cortes, el color y pH de la carne, el color de la grasa. En el otro extremo de la cadena, el consumidor entiende por calidad a ciertos atributos visuales y otras características sensoriales, a aspectos nutritivos, a la inocuidad y a la terneza de la carne (Brito, San Julián y Lagomarsino, 2011).

En el caso de la carne resulta cuando menos complicado definir el concepto de “calidad de carne” ya que se trata de un producto muy heterogéneo y existe un importante componente subjetivo sobre los criterios que determinan su calidad (color, la textura, jugosidad). A esta dificultad se añade también que, a la hora de valorar el color, la textura, la jugosidad, el sabor y el aroma de la carne no existen métodos instrumentales de fácil aplicación en el mercado que permitan medir estos atributos (Horcada y Polvillo, 2010).

Los consumidores de carne están dispuestos a pagar más, por aquellos productos con atributos de calidad (dentro de los cuales la terneza es el principal y más requerido), de procedencia conocida y que contemplen aspectos de inocuidad y calidad del producto, valor nutricional, éticos, de bienestar animal y de ambientes limpios, sin contaminación. Esta es una posibilidad de diferenciación y de agregado de valor a nuestras carnes. (Montossi y Sañudo, 2007).

Uno de los factores más importantes que inciden en el consumidor a la hora de comprar carne es su terneza (Huffman y col, 1996). Mejorar esta característica ha sido siempre un reto para toda la industria cárnica. La terneza de la carne ha sido reconocida durante mucho tiempo como el rasgo de calidad más importante para la aceptación del consumidor de carne fresca (Mennecke y col., 2007).

La elevada variabilidad de la materia prima y los factores que pueden afectar la calidad del producto, tanto *ante-mortem* como *post-mortem*, condicionan la terneza final del producto y, por lo tanto, el nivel de satisfacción del consumidor. La maduración es un instrumento en muchos casos imprescindible para conseguir una carne de vacuno tierna y sabrosa (Vitale, 2016).

La maduración en seco o *dry aged* es un método en el cual se expone el corte sin envasar a temperatura y humedad controladas durante ciertos tiempos buscando y logrando mejorar la terneza, sabor y la jugosidad de la pieza (Campbell y col., 2001). Por otro lado, es un método costoso que requiere tiempo, condiciones de espacio y variables adecuadas, el cual genera una merma y desperdicio importantes (Parrish y col., 1991). Por todos estos motivos el producto que se logra mediante este proceso es muy apreciado por los consumidores más exigentes y también muy bien cotizado (Miller y col., 1997).

4.0 Revisión Bibliográfica

Luego del sacrificio del animal, durante el período *post mortem*, ocurren una cascada compleja de cambios energéticos, bioquímicos y físicos en el músculo que resulta en su conversión en carne (Matarneh y col, 2017).

Después de la muerte, los filamentos musculares se encuentran en un estado continuo de contracción y relajación y, a medida que avanza la glucólisis, los niveles de glucógeno disminuyen, el ATP se agota y los filamentos entran en rigor y en un estado contraído. Esto no ocurre en todos los músculos simultáneamente con una caída concomitante del pH, sino que sucede para cada fibra individual a medida que aparece la disolución final de ATP (es decir, rigidez) por lo que cada fibra tiene su propio curso temporal dependiendo del glucógeno inicial. Rigor es un término que se aplica a las fibras musculares individuales que se están agotando en ATP, mientras que rigor mortis es un término que se refiere a la rigidez muscular que se produce después de que todas las fibras musculares entran en rigor, momento en el que se considera que comienza el ablandamiento. La rigidez es consecuencia de que cada fibra entra en rigor completo, con formación de puentes y cruces irreversibles de los componentes contráctiles, actina y miosina, una reflexión de las moléculas de miosina desprovistas de ATP que conduce a la formación del complejo de actomiosina (Lopez-Bote, 2017).

El ablandamiento *post mortem* surge de un proceso conocido como proteólisis. La proteólisis es la descomposición de proteínas en componentes más pequeños compuestos por polipéptidos o aminoácidos. Normalmente, este proceso se lleva a cabo mediante enzimas conocidas como proteasas. Las proteasas responsables del envejecimiento de la carne están presentes de forma natural y funcionan en el músculo vivo. Sin embargo, todavía no está del todo claro qué proteasas son responsables de las mejoras en la ternura. Para que una proteasa específica se considere responsable de esto debe cumplir ciertos requisitos (Koochmaraie, 1994). Estos requisitos establecen que cualquier proteasa participante debe estar localizada dentro de la célula del músculo esquelético, tener acceso a las proteínas miofibrilares y / o cosmeólicas, y tener la capacidad de degradar las mismas proteínas que se degradan durante la proteólisis *post mortem*. A partir de estos requisitos, múltiples sistemas de proteasas pueden contribuir a la proteólisis previa a la muerte. Estos incluyen el sistema de catepsina lisosomal, el sistema de calpaína, el sistema de caspasa y el proteasoma. Aun así, sin embargo, los investigadores han concluido en gran medida que el sistema lisosómico juega poco o ningún papel en la proteólisis *post mortem*. Los otros tres sistemas de proteasa, sin embargo, se han visto implicados en la proteólisis *post mortem*. La mayoría de los investigadores han identificado que la m-calpaína es la principal calpaína proteasa activa *post mortem*. El calcio necesario para la actividad de la m-calpaína proviene del calcio almacenado en el retículo sarcoplásmico. Además, la actividad de la m-calpaína depende del pH y la temperatura. Por lo tanto, la tasa de disminución del pH y el enfriamiento de la canal afectan la capacidad de la m-calpaína para ablandar la carne (Matarneh y col, 2017).

Generalmente la mayoría de los cortes se someten a un período de madurado previo su consumo. Normalmente, el madurado se produce a temperaturas de refrigeración (alrededor de los 2-4°C). Durante este período, se producen una serie de reacciones químicas que cambian el sabor, la textura y el aroma de la carne. Sin embargo, el objetivo principal de esto es ablandar la carne. En general, a medida que la carne

madura, mejora la terniza. Este período de madurado varía según la especie y del músculo en cuestión, principalmente en función de la necesidad de ablandamiento y la capacidad de madurar la carne sin crear sabores desagradables a partir de la oxidación de lípidos y proteínas. La carne vacuna y ovina suelen mantenerse durante períodos más largos en comparación con el cerdo y las aves (Matarneh y col, 2017).

Durante mucho tiempo se ha reconocido que la terniza de la carne aumenta cuando se madura (se almacena a temperaturas frías durante períodos variables), y esto se ilustra como una relación exponencial, a mayor tiempo de maduración, mayor ablandamiento de la carne. El resultado de este proceso se puede evaluar objetiva y subjetivamente. En la apreciación por parte del consumidor, o de un panel de personas capacitadas, una puntuación alta es deseable y el tejido conectivo y la cantidad de grasa intramuscular pueden influir en ella. Una medida objetiva de la estimación de la terniza es la fuerza requerida para cortar un trozo de carne estandarizado donde los valores de corte bajos son los deseables (Hopkins, 2017).

Los dos métodos de maduración más conocidos son el madurado seco y el madurado húmedo (envasado al vacío). El envasado al vacío es una técnica que permite extraer todo el aire que rodea la pieza de carne con el objetivo de reducir o minimizar el crecimiento de bacterias aerobias y por tanto ralentizar el proceso de degradación por causas bacterianas. Pero no sólo se trata de un método de conservación de los alimentos en general y de las carnes, sino que también permite madurar las carnes minimizando las mermas de proceso (la superficie no se reseca y las pérdidas de exudado son muy controladas). Esta técnica de envasado al vacío, además, permite prolongar la vida útil de la carne, ya que la falta de oxígeno permite evitar la oxidación de las grasas y, por tanto, la aparición de olores y sabores no deseados. Es importante tener en cuenta que la maduración al vacío puede tener efectos no deseados sobre todo a partir de los 20-25 días de almacenamiento. Si por un lado se reducen las mermas que se pueden originar cuando se madura en seco, por el otro el contacto del exudado con la superficie de la carne favorece la formación de olores y regustos a sangre metálica que a menudo caracterizan los cortes madurados con este método (Vitale, 2016).

La maduración en seco tradicional consiste en dejar reposar la carne (canales enteras, cuartos o cortes) en cámaras frigoríficas durante un tiempo determinado bajo condiciones controladas. Es el proceso más sencillo desde el punto de vista tecnológico, en cuanto supone un ahorro importante a nivel de materiales y equipos para envasar. Lamentablemente, tiene algunos inconvenientes que pueden pesar significativamente del punto de vista económico. Uno de ellos es que necesita espacio específico de almacenamiento; para realizar la maduración en seco se necesita una cámara donde poder dejar las piezas varios días en condiciones controladas. Por otro lado, supone unas mermas de proceso que pueden llegar hasta un 45% del peso del corte fresco. Estos dos inconvenientes se pueden ver superados por los beneficios sensoriales que supone este método, por el cual acaba (a medio-largo plazo) convirtiendo la carne en un producto totalmente diferente que, a nivel de aroma y sabor, y se parece más a un producto curado que a uno fresco (Vitale, 2016). Estas características sensoriales muy peculiares de la carne madurada en seco dependen de muchos factores, algunos de ellos muy importantes para conseguir el producto deseado. En cuanto a las condiciones controladas, cuanto mayor sea la temperatura, más rápidos se producen los cambios enzimáticos. Sin embargo, las temperaturas más altas también promueven un crecimiento bacteriano más rápido, por lo que el

madurado suele ser hecho a una temperatura lo más baja posible sin congelar la carne. La carne comienza a congelarse a $-1,5^{\circ}\text{C}$, por lo tanto, la temperatura ideal para la maduración a largo plazo es $-0,5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Si el producto se va a madurar durante solo 1 o 2 semanas, podrían ser aceptables temperaturas de 2 a 3°C . La humedad relativa del aire es otro factor que juega un papel importante en este proceso, en el cual valores en el rango de 70 al 80% son los más adecuados. Si esta es más baja, restringirá el crecimiento bacteriano, pero promoverá una mayor pérdida de peso por evaporación y secado de la superficie lo que aumenta las pérdidas por recorte. También se debe tener en cuenta un suficiente flujo de aire para proporcionar circulación sin puntos muertos o sitios de alta velocidad. Una velocidad sobre el producto de 0,2 a 0,5 m/s es suficiente (Australian Meat Processor Corporation, 2010).

Por otro lado, con respecto al color de la carne, la apariencia es la propiedad sensorial más importante que influye en la decisión de compra de los consumidores (Faustman y Cassens, 1990), y la principal responsable de esto es la mioglobina, hemoproteína sarcoplasmática encargada del transporte y almacenamiento del oxígeno en la célula muscular. En el interior de la carne, la mioglobina generalmente está presente en una forma ferrosa no oxigenada, esto se conoce como desoximioglobina y tiene un aspecto rojo violáceo. A medida que la carne se corta y se expone al aire, el oxígeno atmosférico se unirá al hierro hemo para formar oximioglobina dando un color rojo brillante. La oxidación eventual del hierro hemo a un estado férrico conducirá a la disociación del oxígeno y la posterior unión del agua por el hierro hemo para formar metamioglobina lo cual se ve de un color amarronado. Para la carne que se exhibe o almacena en condiciones aeróbicas, las bacterias promueven la oxidación de la mioglobina hasta que alcanzan una concentración de aproximadamente 10^8 UFC/cm² (Faustman y Suman, 2017). La oxidación de lípidos es un proceso en el que los ácidos grasos insaturados en triacilglicerol o fosfolípidos de membrana son atacados por el oxígeno. Esto conduce a la descomposición de los ácidos grasos, que generalmente afectan el sabor y/o el olor de manera negativa y que pueden acelerar la decoloración por la oxidación de la mioglobina, formándose metamioglobina (Faustman, 2010).

Las características innatas de los músculos, así como las condiciones extrínsecas durante el sacrificio, influyen en el desarrollo de rasgos importantes para la calidad de la carne fresca: capacidad de retención de agua, color y textura. Estas características de calidad de la carne fresca impactan la percepción de frescura y el atractivo del consumidor, por lo que influyen en las decisiones de compra. Además, las características de calidad afectan la utilidad de la carne fresca en otros productos procesados y se relacionan con la palatabilidad de la carne cocida. Comprender los factores que controlan la velocidad y la extensión del metabolismo post mortem puede influir en la probabilidad de producir un producto de alta calidad (Matarneh y col, 2017).

5.0 HIPÓTESIS

La maduración en seco influye positivamente sobre la fuerza de corte disminuyendo la misma, afectando el color de la carne, ambas medidas desde el punto de vista instrumental.

6.0 Objetivos

6.1 Objetivo general

Estudiar el efecto de la maduración en seco sobre la fuerza de corte y el color de la carne.

6.2 Objetivos específicos

Evaluar la evolución de la fuerza de corte en carnes maduradas en seco a lo largo del tiempo de maduración.

Evaluar la evolución del color en carnes maduradas en seco a lo largo del tiempo de maduración.

7.0 Materiales y Métodos

7.1 Descripción general del trabajo

La primera etapa de este trabajo se realizó en dependencias del Frigorífico La Trinidad (Oferan S.A) ubicado en la localidad de Trinidad (Flores). En este primer período se seleccionaron los cortes a utilizar y se prepararon las unidades experimentales, se dispusieron éstas en la cámara para aplicarles las condiciones experimentales de temperatura y humedad y finalmente se realizó su acondicionamiento en cada tiempo de estudio para su envío al Laboratorio de Tecnología de la Carne del INIA Tacuarembó donde se cumplió la siguiente etapa que consistió en la medición de las variables de interés.

7.2 Diseño experimental

Se trabajó con carne obtenida de 10 novillos Aberdeen Angus, de 2 años de edad, provenientes del mismo predio, bajo las mismas condiciones de cría y recría, engordados en confinamiento con la misma dieta durante los últimos 90 días previo a su faena y transportados desde el predio hasta la planta frigorífica todos en las mismas condiciones. Los novillos se faenaron en condiciones estándar ya que formaban parte de la faena habitual del establecimiento.

Luego de faenados y de cumplir con las 36 horas de “maduración sanitaria” requeridos para cumplir con las exigencias de los mercados compradores se seleccionaron los bifés angostos de las medias reses izquierdas (se identificaron con números del 1 al 10). Se utilizó este corte por incluir una porción del músculo *Longissimus dorsi* que es la más empleada para hacer mediciones y por ende es la parte del músculo de la que se posee más información científica y técnica.

Se utilizó la parte del corte que se extendía desde el 8^{avo} espacio intercostal (entre las costillas 8 y 9) 20 cm en dirección caudal hasta aproximadamente la primera vértebra lumbar. Cada una se dividió a su vez en cuatro porciones menores de 5 cm de espesor (Fig 1) obteniéndose así 40 unidades experimentales, las que se identificaron con números correlativos (1 a 40) haciendo corresponder el dígito unidad al número de animal (ej: al animal 1 le correspondieron las unidades 01, 11, 21 y 31). En la Tabla 1 se puede ver esto en forma pormenorizada.

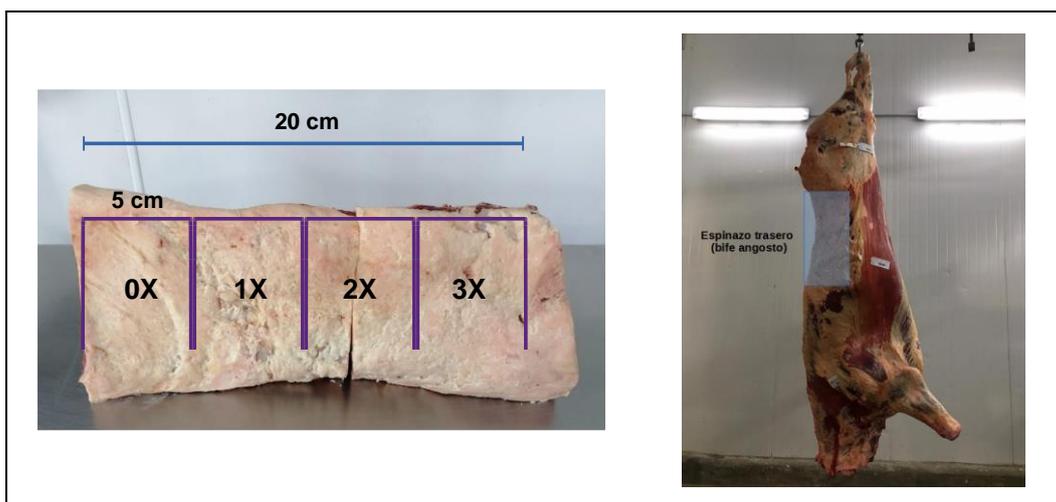


Figura 1. Preparación de la Unidades Experimentales a partir de un bife angosto.

En el panel derecho se muestra la ubicación en la media res de un espinazo trasero en el cual está contenido el bife angosto.

En el panel izquierdo se muestra en forma aproximada como se obtuvieron las cuatro porciones por corte que se usaron como unidades experimentales.

En este esquema la "X" representa en número del animal; por ejemplo, para el animal N°5, las unidades experimentales se denominaron, de craneal a caudal, 05, 15, 25, 35.

Fuente: Nosedá, S.

Tabla 1. Identificación de las Unidades Experimentales.

Id Animal (Bife Angosto)	Craneal			Caudal
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	15 - 20 cm
1	01	11	21	31
2	02	12	22	32
3	03	13	23	33
4	04	14	24	34
5	05	15	25	35
6	06	16	26	36
7	07	17	27	37
8	08	18	28	38
9	09	19	29	39
10	10	20	30	40

El número de cada animal se corresponde con la unidad del código de dos dígitos de cada unidad experimental (en el animal 10 se usó el dígito 0 para las unidades y se incrementó en uno el de las decenas), por ejemplo, al animal 5, le correspondieron las unidades experimentales 05, 15, 25, 35.

La decena del código de dos dígitos se correspondió a la posición de la unidad experimental en el corte, siendo más bajo hacia craneal (ej:05) y más alto hacia caudal (ej:35).

Para este trabajo se definieron tres tiempos de maduración: 0, 21, 35 y 56 días (T0, T21, T35 y T56) de maduración, considerándose como tratamiento control el momento de comienzo de la maduración o tiempo cero (T0); en la Tabla 2 se muestra en forma detallada las condiciones del experimento y su diseño.

Tabla 2. Resumen el diseño del experimento.

Cuarteo	Maduración en seco[§]		
(aproximadamente 36 h <i>post mortem</i>)	21 días (3 semanas)	35 días (5 semanas)	56 días (8 semanas)
T0*	T21	T35	T56

* Tratamiento control

§La Maduración en seco se realizó en un ambiente controlado con las siguientes características ambientales: temperatura: 2 a 3°C; humedad relativa: 75 ± 5%; circulación de aire constante.

Al comienzo del experimento se seleccionaron aleatoriamente diez unidades a las que fueron consideradas como tratamiento control (T0) y se remitieron directamente al laboratorio debidamente acondicionadas.

Las otras treinta unidades experimentales se sometieron al proceso de maduración en seco que consistió en colocarlas en un ambiente controlado (cámara pequeña) con las siguientes características ambientales:

- Temperatura: 2 a 3°C
- Humedad relativa: 75 ± 5%
- Circulación de aire constante

A los 21, 35 y 56 días de permanecer en las condiciones descritas se extrajeron 10 unidades experimentales constituyendo así los tratamientos T21, T35 y T56 respectivamente. La asignación de las unidades experimentales a cada tratamiento se hizo en forma aleatoria con la precaución que cada una de las partes del bife angosto de cada animal fuera a diferentes tratamientos experimentales. El detalle de cómo se asignaron se puede observar en la Tabla 3.

Se eligió este diseño debido a que eran esperables variaciones intrínsecas del corte empleado en las variables a medir (Reuter y col, 2002).

Tabla 3. Asignación de las unidades experimentales a cada tratamiento.

	Tratamiento experimental			
	T0	T21	T35	T56
Unidades experimentales	01, 04, 06 12, 18 23, 27, 29 35, 40	03, 08 19, 20 21, 22, 25 34, 36, 37	02, 07, 09 14, 15 26, 30 31, 33, 38	05, 10 11, 13, 16, 17 24, 28 32, 39

El tiempo de 0 días corresponde al tratamiento control.

Las unidades experimentales cuyo número coincide en el dígito unidad, pertenecen al mismo animal (ej: 1, 11, 21 y 31 corresponden al animal N° 1).

7.3 Acondicionamiento de las muestras y remisión a laboratorio

El día en que se cumplían los diferentes períodos de maduración, las 10 porciones de bife correspondiente fueron envasadas individualmente al vacío y trasladadas refrigeradas al Laboratorio de Tecnología de la Carne del INIA Tacuarembó.

7.4 Preparación de las muestras en el laboratorio para su evaluación

Una vez arribadas al laboratorio, las unidades experimentales (10 trozos de bife angosto cada uno de un animal diferente) fueron extraídas de su envase. Luego se removió aproximadamente 1cm de cada lado con la finalidad de eliminar las superficies secas. A continuación, se dejaron en una bandeja con una de las caras expuesta durante 30 minutos, para permitir su oxigenación (blooming). Esto se realizó para cada periodo de maduración, con la excepción que las unidades experimentales correspondientes al tratamiento control no presentaban superficies secas, por lo que su eliminación no fue necesaria.

Se midió en primer lugar el color ya que la otra variable requería un método destructivo.

7.5 Variables medidas

El color de la carne se determinó por triplicado con un colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Japón) utilizando un iluminante C, un observador estándar de 2° y un tamaño de apertura de 8 mm.

El colorímetro utiliza, para determinar el color, el espacio CIELab, que identifica y mide tres coordenadas, L^* : luminosidad, a^* : componente verde (-) a rojo (+); b^* : componente azul (-) a amarillo (+).

Previamente a la determinación del color, el colorímetro fue calibrado con una cerámica blanca.

Las medidas realizadas por triplicado se promediaron y ese valor se tomó como la medida de cada unidad experimental.

Luego de realizar las mediciones de color, las piezas aún intactas (2,54 cm de espesor) se cocinaron en grill (GRP100 The Next Grilleration, Spectrum Brands, Inc., Miami, FL) hasta alcanzar una temperatura interna de 71°C en el centro geométrico de acuerdo con el protocolo de la American Meat Science Association (AMSA, 2016).

La medida de la fuerza de corte se realizó a través de la medición de la fuerza de cizallamiento, es decir la fuerza cortante necesaria para vencer la resistencia de la carne, perpendicularmente a la orientación de las fibras musculares. Para ello se empleó un texturómetro TA.XT Plus (Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, Reino Unido) equipado con una cizalla Warner-Bratzler (ranura V) y se siguió el protocolo de la American Meat Science Association (AMSA, 2016). Este dispositivo le aplica una fuerza cortante o de cizalla a las muestras preparadas a los efectos, mediante la cuchilla triangular que se mueve a una velocidad constante.

Previamente a realizar las determinaciones, el texturómetro fue calibrado con una pesa de 5 kg.

Condiciones de operación: La velocidad de prueba fue de 5 mm/s, la distancia de desplazamiento una vez que la cizalla tocaba la muestra fue de 25 mm.

Preparación de las muestras: de cada churrasco (muestra) se cortaron seis cilindros (submuestras) de 1,27 cm de diámetro de forma paralela a la orientación longitudinal de las fibras musculares.

Se registró la fuerza máxima de corte para cada submuestra, los cuales se promediaron para obtener un único valor por muestra.

7.6 Análisis de los datos

Para todas las variables los tratamientos considerados fueron únicamente los tiempos de maduración (0, 21, 35 y 56 días) considerando las diez unidades experimentales medidas en cada tiempo como repeticiones independientes.

Las medidas obtenidas por triplicado con el colorímetro (coordenadas L^* , a^* y b^*) fueron promediadas. Los datos se analizaron mediante un análisis de varianza ($\alpha=0,05$).

Las medidas obtenidas por sextuplicado usando la cizalla Warner-Bratzler fueron promediadas y se verificó su variabilidad calculando también el desvío estándar y el coeficiente de variación. Con las medias calculadas para cada unidad experimental se realizó un análisis de varianza, utilizando un modelo mixto con la temperatura de cocción como factor aleatorio y el tiempo de maduración como factor fijo ($\alpha=0,05$).

Como test *a posteriori* en todos los casos se aplicó la prueba de Tukey ($\alpha=0,05$).

8.0 Resultados y Discusión

8.1 Color.

Respecto a los datos obtenidos, se expondrán los resultados por separado para cada variable medida, resumiendo la información analizada en la Tabla 4.

En cuanto a la luminosidad (L^*) de la carne, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos correspondientes a los tiempos 0, 21 y 35, Sin embargo, el color de la carne al final del período de maduración (día 56) fue significativamente menos luminosa ($p < 0,05$) respecto a los días 0, 21 y 35. (Tabla 4).

Respecto a la coordenada a^* se encontró que el tratamiento correspondiente a 21 días de maduración presentó un valor significativamente mayor ($p < 0,05$) que en los otros momentos de medición, lo que indicaría un valor rojo más intenso de la carne. Por otra parte, el tratamiento de mayor maduración (56 días) presentó un color rojo menos intenso ($p < 0,05$; Tabla 4) que en los anteriores tiempos de medición.

Por último, para la coordenada b^* todos los tratamientos fueron significativamente distintos entre sí ($p < 0,05$) siendo el de mayor valor el correspondiente al día 21 y el de menor valor el correspondiente al día 56 (Tabla 4).

Tabla 4. Medias y error estándar de la media (EEM) de las coordenadas del color de la carne (L^* , a^* y b^*).

Variable	Tiempo de maduración				EEM [§]
	0	21	35	56	
L^*	38,4 ^a	39,7 ^a	37,5 ^a	32,0 ^b	1,70
a^*	21,4 ^b	24,9 ^a	22,7 ^b	16,3 ^c	1,81
b^*	9,0 ^c	12,9 ^a	11,3 ^b	7,5 ^d	1,20

§ EEM: Error Estándar de las medias.

Las medias que presentan diferentes letras son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Tomando en cuenta estos resultados, se observó una disminución en los valores de las coordenadas L^* , a^* y b^* cuando se compara el día 0 y el final del período de maduración (día 56).

Holman y col (2017) hallaron una relación entre a^* y la aceptabilidad del color de la carne por parte del consumidor. El color de la carne se consideró aceptable (con un 95% de confianza) cuando los valores de a^* eran iguales o superiores a 14,5, encontrándose los valores obtenidos en este ensayo por encima del mismo.

Es importante tener en cuenta el método de madurado aplicado. La carne bovina madurada en seco es más oscura y menos roja en comparación con aquella madurada en húmedo debido al menor contenido de humedad y al secado de la superficie luego de la maduración, lo que da como resultado que la luz refleje menos (Dikeman y col, 2016). Siguiendo esta línea, Yuan y col (2016) estudiaron la maduración en seco y húmedo y hallaron que la carne era más luminosa cuando fue madurada en húmedo en comparación con la contraparte madurada en seco.

Dentro de la misma investigación anterior, Yuan y col (2016) plantearon madurar en seco, pero bajo diferentes temperaturas (1 y 3 grados) como también diferentes velocidades de aire, (0,2 m/s y 0,5 m/s) observaron que las muestras con velocidad de aire 0,5 m/s obtuvieron valores de a^* más bajos lo cual atribuyeron al menor contenido de agua en la superficie del corte. La misma postulación antes mencionada podría aplicarse al inferior valor de L^* de las muestras maduras en seco a 3°C en comparación con los bifes madurados en seco a 1°C.

Valores L^* más altos encontrados pueden explicarse por una mayor reflectancia asociada a una mayor humedad (Bertram y col, 2004), donde en este ensayo sucedió lo contrario (valores de L^* que disminuyeron) y esto coincide con la disminución de la humedad del corte durante el proceso.

Yuan y col (2016) no encontraron diferencias significativas en el color de la carne madurada en seco y en húmedo después de realizar los recortes, lo que no afectaría el comportamiento del consumidor al momento de la compra.

Existen diversas experiencias individuales a lo largo de la vida de cada consumidor, con respecto a la carne, las cuales se reconocen que influyen en las expectativas de calidad para cada uno (Font-i-Furnols y Guerrero, 2014; Reicks y col., 2011). Sumado a esto, en cuanto al color de la carne se ha demostrado que influye como fuentes de variación a la hora de su elección por parte de los consumidores la edad de estos, el sexo, la clase social, costumbres y cultura (Holman y col, 2016) por lo que con respecto al color el “*Dry aged*” o madurado en seco puede generar diferentes impresiones o puntos de vista, agradando en mayor o menor medida dependiendo de la persona.

Cada vez más consumidores están aprendiendo que la carne roja brillante no siempre es indicador de una buena textura o sabor (Frank y col, 2017).

8.2 Terneza estimada a través de la fuerza de corte.

Todos los tratamientos experimentales mostraron diferencias significativas con el tratamiento control ($p < 0,05$), pero no entre si ($p > 0,05$). Como se puede observar en la Tabla 5, a partir de los 21 días de maduración se encontraron valores menores ($p < 0,05$) de fuerza de corte, lo que indicaría una mayor terneza de la carne, respecto a los otros tres momentos de medición durante el período de maduración.

Tabla 5. Medias y error estándar de la media (EEM) de la fuerza de corte (FC).

Variable	Tiempo de maduración (días)				EEM [§]
	0	21	35	56	
FC (kgf) WB	4,94 ^a	2,22 ^b	2,33 ^b	2,39 ^b	0,188

§ EEM: Error Estándar de las medias.

Las medias que presentan diferentes letras son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

En la misma línea, Campbell y col. (2001) estudiaron el comportamiento del músculo *Longissimus dorsi*, previamente envasado al vacío durante 7 y 14 días, y luego madurado en seco durante 21 días, durante los cuales realizaron mediciones a los 7, 14 y 21 días luego de retirar las muestras del envase al vacío. En este caso observaron que luego de los 21 días se produjo una significativamente mayor desnaturalización proteica de la carne madurada tradicionalmente seco.

En el mismo sentido de nuestros hallazgos, Savell (2008) observó que la duración del período de maduración en seco estaba afectando los valores de fuerza de cizallamiento (a mayor tiempo se encontró menor fuerza de corte). Por su parte, Smith (2008) también observó disminuciones significativas del 17% en la fuerza de corte al extender de la maduración de 14 a 35 días. Ambos estudios refuerzan el concepto que al menos desde un punto de vista de evaluación instrumental de la ternera, todavía se estaban produciendo incrementos en la misma.

Yuan y col (2016) observaron una disminución de la fuerza de corte de la carne madurada en seco por 21 días, no encontrando diferencias significativas en las diferentes condiciones de almacenamiento evaluadas (1 °C vs. 3 °C y velocidades del aire de 0,2 m/s y 0,5 m/s).

Savell (2008) publicó un trabajo donde recopiló varios estudios comparativos entre la maduración en seco y en húmedo, cuyo objetivo era estudiar el proceso de tiernización de la carne. El referido trabajo no observó un consenso entre los diferentes estudios en cuanto al tiempo mínimo de maduración en seco requerido para mejorar la ternera, pero si concluyó que todos los tiempos de maduración resultan efectivos para producir los resultados deseados.

Varios estudios evaluando ambos métodos de maduración, en seco y en húmedo, han concluido que, a no ser por alguna excepción aislada, no se han observado diferencias significativas en cuanto a la ternera de la carne independientemente del método de evaluación (fuerza de cizalla medida con el método Warner-Bratzler, evaluación sensorial). Se ha hallado que ambos tipos de maduración incrementan la ternera de la carne a lo largo del tiempo de almacenamiento (Laster, 2007; Oreskovich y col, 1988; Sitz y col, 2006; Smith, 2007; Warren y Kastner, 1992).

Asociado con el aumento de la ternera, aparecen sabores característicos como tostados y mantecosos lo que se diferencia de aquellos esperados por los consumidores en la carne fresca (Laster y col, 2008; Warren y Kastner, 1992).

9.0 Conclusiones

Como era esperable, la maduración de la carne en seco generó menores valores de fuerza de corte a partir del día 21 de maduración, lo que indicaría una carne más tierna. Este proceso de tiernización de la carne durante su maduración también se produce cuando se madura en húmedo. Desde el punto de vista de esta valoración, en este ensayo experimental en particular, no habiéndose encontrado diferencias significativas entre 21, 35 y 56 días de maduración, y considerando las instalaciones necesarias y las mermas que se generan, tanto por las pérdidas de agua como por los recortes que se generan luego del madurado, no tendría razón madurar la carne más allá de los 21 días.

Si bien en el presente trabajo no se realizaron estudios sobre el sabor de la carne, existen varios trabajos internacionales que han estudiado el efecto de la maduración en seco sobre el desarrollo de sabores positivamente valorados por el consumidor. Esto tiene especial relevancia en los mercados de alto poder adquisitivo, en donde los atributos sensoriales son particularmente valorados. Esto ameritaría abordar la investigación de estas variables en posteriores investigaciones, en las cuales un mayor tiempo de maduración podría ameritar desestimar sus desventajas.

En cuanto al color de la carne, hay una tendencia hacia un corte más oscuro luego del proceso de maduración en seco, pero a pesar de esto estaría dentro de los parámetros de aceptabilidad del consumidor.

10.0 Bibliografía

1. Australian Meat Processor Corporation - AMPC; Meat & Livestock Australia - MLA (2010) Meat technology update 2/10 – Dry ageing or beef. Sydney, MLA, 4 páginas.
2. Bertram, H., Engelsen, S., Busk, H., Karlsson, A., & Andersen, S. (2004). Water properties during cooking of pork studied by low-field NMR relaxation: effects of curing and the RN-gene. *Meat Science*, 66(2), 437–446.
3. Borraz, F.; Rossi, M. (2008). Impactos Sociales en Uruguay de la Liberalización del Comercio Mundial de la Carne. Departamento de Economía. Facultad de Ciencias Sociales. Udelar. Documento No. 08/08: 2-3.
4. Brito, G.; San Julián, R.; Lagomarsino, X. (2011) Segunda auditoría de calidad de carne vacuna del Uruguay. INIA Serie Técnica N° 185. Montevideo, INIA.
5. Campbell, R E.; Hunt, M C.; Levis, P.; Chambers, E. (2001). Dry- Aging Effects on Palatability of Beef Longissimus Muscle. *J Food Sci.* 66:196-199.
6. Centro de Información Oficial. Reglamento Bromatológico Nacional. Capítulo 13. Sección 1.1. Disponible en: <https://www.impo.com.uy/bases/indices-to/315-1994>. Fecha de consulta: 21/9/2020
7. Dikeman, M E.; Obuz, E.; Gök, V.; 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* steaks. *Meat Science* 94: 228-233.
8. Faustman, C., and R. G. Cassens. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: a review. *J. Muscle Foods.* 1: 217-243.
9. Faustman, C.; Suman, S. (2017). The Eating Quality of Meat: Color. *Lawrie's Meat Science*. 8th Edition. New York, Woodhead Publishing. Chapter 11: 329-356.
10. Faustman, C.; Sun, Q.; Mancini, R.; Suman, S.P. (2010). Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. *Meat Science* 86: 86-94.
11. Font-i-Furnols, M.; Guerrero, L. (2014). Consumer preference, behavior and perception about meat and meat products: An overview. *Meat Science* 98: 361–371
12. Frank, D.; Oytam, Y.; Hughes, J. (2017). Sensory Perceptions and New Consumer Attitudes to Meat. *New Aspects of Meat Quality*. Purslow, P.P. (Ed). Edition. New York, Woodhead Publishing. Chapter 27: 667- 698.
13. Holman, B. W. B.; Mao, Y.; Coombs, C. E. O.; Van de Ven, R. J.; Hopkins, D. L. (2016). Relationship between colorimetric (instrumental) evaluation and consumer-defined beef colour acceptability. *Meat Science* 121: 104–106.
14. Holman, B W B.; Van de Ven, J R.; Mao, Y.; Coombs, C E O.; Hopkins, D L. (2017) Using instrumental (CIE and reflectance) measures to predict consumers' acceptance of beef color. *Meat Science* 127: 57-62.

15. Hopkins, D. (2017) The Eating Quality of Meat: Tenderness. Lawrie's Meat Science., 8th Edition. Toldrá, F. (Ed.). New York, Woodhead Publishing. Chapter 12: 357-381.
16. Horcada, A.; Polvillo, O. (2010). Conceptos básicos sobre la carne. La producción de carne en Andalucía. Junta de Andalucía (Ed.). Capítulo 5: 113- 139.
17. Huffman, K. L.; Miller, M. F.; Hoover, L. C.; Wu, C. K.; Brittin, H. C.; Ramsey, C. B. (1996). Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science*, 74: 91–97.
18. Instituto Nacional de Carnes - INAC (2020) Anuario Estadístico 2019. Montevideo. INAC
19. Instituto Nacional de Carnes - INAC (2015) Conceptos generales. Montevideo. INAC.
20. Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat Science* 36: 93-104.
21. Laster, M. A. (2007). Tenderness, flavor, and yield assessments of dry aged beef. M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station.
22. Laster, M.A.; Smith, R.D.; Nicholson, K.L.; Nicholson, J.D.W.; Miller, R.K.; Griffin, D.B.; Harris, K.B.; Savell, J.W. (2008). Dry versus wet aging of beef: retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strip loins, and top sirloins from two quality grade groups. *Meat Science* 80: 795-804.
23. Lopez- Bote, C. (2017) Chemical and Biochemical Constitution of Muscle. Lawrie's Meat Science. 8th Edition. Toldrá, F. (Ed.). New York, Woodhead Publishing. Chapter 4: 99-158.
24. Matarneh, E.; England, E.; Scheffler, T.; Gerrard, D. (2017) The Conversion of Muscle to Meat. Lawrie's Meat Science., 8th Edition. Toldrá, F. (Ed.). New York, Woodhead Publishing. Chapter 5:159-185.
25. Mennecke, B.E.; Townsend, A.M.; Hayes, D.J.; Lonergan, S.M. (2007). A study of the factors that influence consumer attitudes toward beef products using the conjoint market analysis tool. *J Anim. Sci.* 85: 2639- 2659.
26. Miller, M F.; Kerth, C R.; Wise, J W.; Lansdell, J L.; Stowell, J E.; Ramsey, C B. (1997) Slaughter plant location, USDA quality grade, external fat thickness, and aging time effects characteristics of beef loin strip steak on sensory. *J Anim. Sci.* 75: 662-667.
27. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca - Datos preliminares basados en la Declaración jurada de existencias - DICOSE-SNIG 2019. Disponible en: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojOTExOTZlZmM4OC00ZGJlLWEwZ>

28. Montossi, F.; Sañudo, C. (2007). Evaluación y promoción de la calidad de la carne uruguaya y otros productos agroalimentarios sobre la base de estándares de calidad de la Unión Europea y en función de distintos sistemas productivos del Uruguay. INIA Serie Técnica 166.
29. Olivan García, M.; Sierra Sánchez, V.; García Espina, P. (2013). Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo del SERIDA N°12: 45-52.
30. Oreskovich, D. C.; McKeith, F. K.; Carr, T. R.; Novakofski, J.; Bechtel, P. J. (1988). Effects of different aging procedures on the palatability of beef. Journal of Food Quality 11: 151-158.
31. Parrish, F. C., Jr., 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, 601-603.
32. Reicks, A. L.; Brooks, J. C.; Garmyn, A. J.; Thompson, L. D.; Lyford, C. L.; Miller, M. F. (2011). Demographics and beef preferences affect consumer motivation for purchasing fresh beef steaks and roasts. Meat Science 87: 403–411.
33. Savell, J.W. (2008) Dry-Aging of Beef. Executive Summary. Cattlemen’s Beef Board. Centennial, CO, USA.
34. Sitz, B. M.; Calkins, C. R.; Feuz, D. M.; Umberger, W. J.; Eskridge, K. M. (2006). Consumer sensory acceptance and value of wet-aged and dry-aged beef steaks. Journal of Animal Science 84: 1221-1226.
35. Smith, R. D. (2007). Dry aging beef for the retail channel. M.S. Thesis, Texas A&M University, College Station.
36. 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.
37. Vitale, M. (2016) Maduración de la carne de vacuno: cómo se realiza y factores que la afectan. Disponible en: <https://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/150611-Maduracion-de-la-carne-de-vacuno-como-se-realiza-y-factores-que-la-afectan.html>. Fecha de consulta: 22/7/2020.
38. Warren, K E.; Kastner, C L. (1992) A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. J. Muscle Foods 3: 151-157.
39. Yuan, H.; Kim, 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.

