

**Maduración de carne vacuna: beneficios,
prácticas y retos en la industria cárnica: Revisión
de Literatura**

José Alejandro García Barrios

**Escuela Agrícola Panamericana, zamorano
Honduras**

Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Revisión de literatura sobre la maduración de carne vacuna, sus beneficios, retos y prácticas en la industria cárnica

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

José Alejandro García Barrios

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Revisión de literatura del método de maduración de carne vacuna, sus beneficios, retos y prácticas en la industria cárnica

José Alejandro García Barrios

Resumen. La industria cárnica está constantemente enfocada en cumplir con las exigencias del consumidor. La terneza de la carne de res es considerada por muchos consumidores como el atributo de calidad más importante. Es por esto que la industria recurre a métodos para mejorar la calidad de sus cortes como es el proceso de maduración. Esta revisión se ha enfocado en los factores que influyen en el proceso de maduración de carne de res para evaluar el beneficio de esta y analizar el desarrollo de esta práctica en la industria cárnica. Así mismo, se desarrolló una propuesta de metodología para la industria cárnica a mediana escala en Centroamérica. Para este proceso se revisó tanto la maduración seca como la maduración húmeda de carne de res. La práctica de la maduración seca se realiza en un periodo de 14 a 55 días, dependiendo de la raza, edad y sexo del animal. También, se debe mantener una temperatura de almacenamiento de 2 ± 2 °C, una humedad de 75 - 85% y un flujo de aire de 0.5 - 2.5 m/s. El proceso de maduración húmeda se realiza en un periodo de 21 a 28 días, con temperatura de 2 ± 2 °C y empacada al vacío. Existe literatura científica que muestra la aceptación similar entre los dos tipos de maduración. El éxito de este proceso se debe a la mejora de la terneza, jugosidad y sabor. De acuerdo con la investigación se determinó que los factores con mayor influencia en el proceso de maduración son la raza, pH, actividad enzimática, grasa intramuscular, temperatura, humedad, flujo de aire y tiempo de maduración. En base a lo investigado se propone un proceso de maduración seca para la industria a mediana escala en Centroamérica.

Palabras clave: Húmeda, jugosidad, sabor, seca, terneza.

Abstract. The meat industry is constantly focused on meeting the consumer demands. The tenderness of the beef is considered by many consumers as the most important quality attribute. Therefore, the industry uses methods to improve the quality of its cuts, such as the aging process. This review has focused on the factors that influence the aging process of beef to evaluate the benefit of this process and analyze the development of this practice in the medium-scale meat industry in Central America. Two types of aging for beef were studied, dry aging and wet aging. The dry aging is carried out in a period of 14 to 55 days, depending on the breed, age, sex of the animal. Also, the storage temperature must be maintained between 2 ± 2 °C, a humidity of 75 - 85% and an air flow of 0.5 - 2.5 m/s. The wet aging process is carried out in a period of 21 to 28 days, with a temperature of 2 ± 2 °C and under vacuum package conditions. There is scientific literature that shows similar acceptance between the two types of aging process. The success of this process is due to the improvement of tenderness, juiciness, and flavor. According to the research, the factors with the greatest influence on the aging process are race, pH, enzymatic activity, intramuscular fat, temperature, humidity, air flow and maturation time. Based on the research, a dry aging process is proposed for the medium-scale industry in Central America.

Key words: Dry, flavor, juicy, tenderness, wet.

ÍNDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice General	iv
Índice de Cuadros y Anexo	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. METODOLOGÍA	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
4. CONCLUSIONES.....	26
5. RECOMENDACIONES.....	27
6. LITERATURA CITADA	28
7. ANEXO	38

INDICE DE CUADROS Y ANEXO

Cuadros	Página
1. Métodos utilizados en la industria para suavizar la carne.	6
2. Investigaciones sobre importancia de los rasgos de calidad de la carne.	8
3. Factores intrínsecos que influyen en el proceso de maduración.	10
4. Factores extrínsecos que influyen en el proceso de maduración.	11
5. Parámetros para carne madurada en seco.	13
6. Parámetros para carne madurada húmeda.	14
7. Características de la maduración seca y húmeda.	15
8. Estudios sobre razas utilizadas en el proceso de maduración.	17
9. Razas presentes en Centro América.	18
10. Cortes utilizados para el proceso de maduración.	20
11. Uso de la maduración a nivel industrial en diferentes continentes.	22
Anexo	Página
1. Árbol de decisiones para selección de ganado apto para maduración.	38

1. INTRODUCCIÓN

La carne se define como todo tejido animal apto para el consumo. La carne de vacuno es un alimento fundamental en la dieta humana, por ser fuente rica en proteínas, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales. Además, contiene características sensoriales excepcionales, que la convierten en uno de los alimentos de origen animal mejor valorado por el consumidor (Oliván *et al.* 2013).

La terneza es considerada el atributo más importante de la carne, por ello la industria busca mejorar los cortes de carne de res (Joo *et al.* 2013; Bekhit *et al.* 2014a). Los tres rasgos de calidad percibidos por el cliente son: terneza, jugosidad y sabor, estos son los responsables de la selección de compra por el consumidor (Dashdorj *et al.* 2016). Un método para el mejoramiento es la maduración, en la que intervienen enzimas proteolíticas presentes naturalmente en la carne, las cuales mejoran los rasgos de calidad percibidos por el cliente (Jaramillo 2016; Kim *et al.* 2019a). Las características organolépticas de la carne no dependen solamente de factores inherentes al animal, en su mayoría dependen de los cambios *postmortem*. Cambios como el *rigor mortis* y maduración son necesarios para la conversión del musculo en carne y tienen una influencia crucial en la suavidad de la carne (Nowak 2011).

Para realizar este proceso de forma industrial existen dos métodos, la maduración seca y la maduración húmeda (Kemp *et al.* 2010). La maduración seca, mantiene los cortes primarios o sub-primarios en cuartos frigoríficos por un periodo específico de tiempo, bajo condiciones controladas de temperatura, humedad y flujo de aire. En la maduración húmeda, es necesario colocar al vacío los cortes cárnicos y se almacena en cuartos frigoríficos bajo condiciones controladas, en un periodo de tiempo específico (Stenström *et al.* 2014; Dashdorj *et al.* 2016)

Uno de los factores para obtener un buen proceso de maduración, es la selección de la raza bovina que se procesará. En el trópico se encuentra la presencia de dos sub-especies bovinas domesticas: *Bos primigenius taurus* y *Bos primigenius indicus*. Dentro de la sub-especie *Bos primogenius taurus* encontramos razas como: Holstein, Jersey, Hereford, Charoláis, Red Angus, Pardo suizo, Simmental, Brangus, entre otras. Dentro de la sub-especie *Bos primigenius indicus* o también llamadas cebús, encontramos razas como: Brahman, Gyr, Nellore, Indubrasil, Guzerat, entre otros. Estudios mostraron que el problema más importante de las razas de cebú (*Bos indicus*) está representada por la dureza de la carne, causada por una alta actividad de la enzima calpastatina, un inhibidor del sistema proteolítico de calpaína. (Chardulo *et al.* 2013).

Aparte de las razas en el área, se debe tomar en cuenta que la maduración se realiza en cortes de alto valor. Esto se debe a que no todos los cortes responden a la maduración. Se ha demostrado que la maduración tiene efecto positivo, en los músculos: *Longissimus dorsi* y *Gluteus medius* (Simonetti *et al.* 2015). En otra literatura se puede encontrar resultados positivos en los músculos: *Longissimus lumborum*, *Psoas major* y *Semitendinosus*, en donde la terneza de cada musculo, se presenta en distintos tiempos de maduración (Nair *et al.* 2019). El tipo predominante de fibra en la musculatura de los animales tiene una influencia directa en los rasgos cualitativos de la carne, afectando la textura, la fuerza de corte, el color, la jugosidad, el pH y el rendimiento, porque están relacionados con factores como el estado de contracción muscular, la degradación de la miofibril,

la grasa intramuscular y el diámetro de las fibras musculares. Esto afecta la ternura de la carne directa e indirectamente (Maggioni *et al.* 2012).

De acuerdo con CentralAmericaData (2020), para el año 2018 el 79% del volumen de carne bovina consumida en los países centroamericanos correspondió a una producción local, mientras que el 13% fue importado. Donde Costa Rica y Panamá obtuvieron aproximadamente el 69% de la producción regional de carne, mientras que el 31% fue producido por Guatemala, El Salvador y Honduras. De acuerdo con Blandino (2005), en Centroamérica existe un pequeño nicho de consumidores de alto nivel de ingresos, que demandan productos de calidad como: cortes especiales, carne madurada, carnes preparadas.

Para elaborar un producto, es necesario conocer los lugares en los que se demanda el producto. La situación actual del mercado es un factor importante, para poder obtener esta información. Por esta razón, se investigó la situación del mercado de carne madurada en: Estados Unidos, Europa, Australia y América Central. La combinación de este conocimiento nos permite conocer el proceso de maduración y su entorno, para poder desarrollarlo. Por dicho motivo para este estudio se plantearon los siguientes objetivos:

- Examinar la bibliografía publicada y determinar los factores que influyen dentro del proceso de maduración de carne vacuna.
- Resumir las prácticas utilizadas a nivel industrial en distintos continentes.
- Proponer un método de maduración para una planta a mediana escala en Centroamérica.

2. METODOLOGÍA

Descripción del estudio

La revisión de literatura tuvo como enfoque la revisión de estudios y/o investigaciones realizadas sobre la maduración de carne vacuna, específicamente en: la apreciación sensorial, tipos de maduración, factores que influyen en la maduración, equipo requerido, razas utilizadas, empaques, situación del mercado y la prevalencia del uso de carne madurada a nivel industrial. Por lo tanto, en base a estos mismos estudios, se describen los resultados más relevantes de artículos u otros documentos relacionados al tema. Así mismo para complementar el tema, se revisaron fuentes bibliográficas que describen las características más importantes del proceso de maduración. En base a la información obtenida de la revisión de literatura, se propone un proceso para una planta a mediana escala en Centroamérica.

Diseño de investigación

Se realizó una revisión de documentos relacionados con el procesamiento de carne madurada de vacuno. La búsqueda de información se realizó utilizando fuentes primarias y secundarias, que están relacionadas con el procesamiento y su entorno para que se pueda llevar a cabo. Para tener una buena cobertura del uso de las prácticas de maduración se estudiaron diferentes áreas geográficas, concentrándose en cinco de ellas (América, Europa, Oceanía).

El diseño de la investigación siguió el modelo propuesto por Templier y Paré (2015), donde se establecen los pasos en la investigación de literatura: Formular los objetivos de la investigación; Realizar la búsqueda de literatura existente, estableciendo la estrategia de búsqueda y la calidad de estos, para extraer datos y analizarlos.

Estrategia de búsqueda

En primer lugar, se realizó una revisión de fuentes primarias que incluyen, libros y revistas científicas del área de ciencia de la carne. Conjuntamente, se revisaron fuentes de información secundaria. Para el caso, se utilizaron buscadores académicos y bases de datos científicos como: AGORA, OARE, SciELO, USDA, ARDI, Pubmed, Springer Link, ScienceDirect, Research Gate y Biblioteca Digital Wilson Popenoe. Debido a la falta de información científica, sobre la prevalencia del uso de la maduración a nivel industrial, se procedió a utilizar: Tesis y páginas en internet relacionadas con la industria de carne. El método de búsqueda se efectuó en los idiomas, inglés, portugués, francés y español con el objetivo de tener un amplio rango de resultados. El periodo límite de búsqueda fue de diez años de antigüedad para cualquier fuente de información. Sin embargo, se consideraron fuentes de mayor antigüedad que aportaban información de gran relevancia. Dentro de los buscadores o bases de datos se insertaron descriptores o palabras claves relacionadas con la investigación a realizar. Una vez que se obtuvieron los estudios relevantes, se revisaron otros términos o palabras claves que estas tenían y así, se utilizaron posteriormente en la búsqueda de más información. Así mismo, se utilizaron términos alternativos o sinónimos como palabras clave.

Evaluación de la calidad de artículos seleccionados

En la búsqueda de información primaria, se incluyeron libros monográficos y recopilatorios de autores con trayectoria y especialización en el tema de procesamiento de carne madurada, apreciación sensorial, tipos de maduración, músculos utilizados y empaques para productos madurados. En el caso de los artículos y estudios científicos, se seleccionaron aquellos en donde realizaron pruebas o experimentos en torno a cada uno de los temas mencionados. El principal criterio de exclusión fue para aquellos artículos que no incluyeron las palabras clave, descriptores o sinónimos seleccionados al tema de estudio.

Extracción y análisis de datos

La selección de información de utilidad se realizó mediante la revisión de cada estudio seleccionado, con el fin de decidir si la información contenida en el estudio estaba relacionada o no, con los requerimientos del estudio.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parte 1. Revisión de bibliografía

Apreciación sensorial de la carne

Terneza. La terneza es una de las características más importantes para evaluar la calidad de un corte cárnico (Joo *et al.* 2013; Bekhit *et al.* 2014a). Así mismo, es uno de los principales factores de aceptación o rechazo por el consumidor. Por medio de la terneza se valora la facilidad de masticación de la carne, la cual puede ser determinada por factores como la proporción de colágeno en los tejidos, la contracción de las fibras musculares, la edad del animal, entre otros (Guerrero 2001). La terneza se mide en laboratorio a través de la prueba de fuerza cortante de Warner-Bratzler. Se utiliza una velocidad de cruceta de 200 mm/min (Stelzleni *et al.* 2007; Garmyn *et al.* 2014).

El resultado de la terneza tiene influencia de los músculos de contracción rápida (fibras blancas), ya que tienen una mayor actividad ATPasa y esto debería producir carne tierna correspondiendo a la menor actividad de calpastatina (Geesink *et al.* 2006), dado por la correlación negativa entre la actividad de calpastatina y la actividad ATPasa (Geesink *et al.* 2001). Por lo tanto, una mayor proporción de fibras oxidativas se refleja en una menor actividad de las calpaínas, debido a una mayor cantidad de calpastatina, lo que resulta en una menor degradación muscular y origina una carne menos tierna. En otra literatura también podemos encontrar, que la sensibilidad de la carne está determinada por la cantidad y la solubilidad del tejido conectivo, el acortamiento del sarcómero durante el desarrollo del rigor y la proteólisis postmortem de proteínas miofibrilares y asociadas a miofibrilares (Koohmaraie y Geesink 2006; Joo *et al.* 2013).

Se puede decir que no todos los cortes son suaves, debido a la explicación anterior. De acuerdo con los resultados de múltiples investigaciones, se ha mostrado que existen cortes que presentan suavidad, los cuales obtienen los mejores resultados en el proceso de maduración. Así mismo, existen varios métodos utilizados en la industria con el fin de suavizar la carne y mejorar su terneza (Cuadro 1). En este cuadro se encuentran los métodos más utilizados por la industria cárnica para el mejoramiento de sus cortes. Los métodos que encontramos son los siguientes: congelación y descongelación, campo eléctrico, intervenciones enzimáticas, intervenciones químicas, maduración cárnica y estimulación eléctrica.

Cuadro 1. Métodos utilizados en la industria para suavizar la carne.

Método	Descripción
Congelación y descongelación	La congelación y descongelación sin maduración adicional podría mejorar la terneza a través del daño estructural por la formación de cristales de hielo (Petrović <i>et al.</i> 1993; Sun <i>et al.</i> 2016). Se puede incorporar en productos comerciales normales para mejorar la terneza (Grayson <i>et al.</i> 2014).
Campo eléctrico pulsado	Puede combinarse con la congelación y descongelación. Afecta significativamente la microestructura de los músculos, lo que resulta en la mejora en sensibilidad o terneza de la carne (Faridnia <i>et al.</i> 2015). Los campos eléctricos, son métodos físicos que pueden mejorar significativamente el ablandamiento de la carne (Bekhit <i>et al.</i> 2014a).
Intervenciones enzimáticas	Incluyen infusión, marinado o inyección con enzimas exógenas de proteasas vegetales (fisina, bromelina, papaína, actinidina). Estas enzimas actúan sobre las proteínas miofibrilares y los tejidos conectivos (Bekhit <i>et al.</i> 2014b; Sullivan <i>et al.</i> 2010). Este proceso produce un ablandamiento controlado de la carne (Bekhit <i>et al.</i> 2014a).
Intervenciones químicas	Estas intervenciones incluyen infusión, marinado o inyección con sales de calcio (Cloruro, lactato, carbonato), sodio (Cloruro, acetato, citrato), sales de fosfato. Mejoran la textura de la carne y la palatabilidad mediante estimulación de la proteólisis (activación de Ca ²⁺ de las calpaínas), solubilización de proteínas miofibrilares (Iones sodio y fosfato) y mejorar capacidad de retención de agua (Sales fosfato) (Harris <i>et al.</i> 2001; Bekhit <i>et al.</i> 2014a). Inyectar CaCl ₂ en la carne de las vacas sacrificadas poco después de la cosecha permite una aceleración del ablandamiento (Bunmee <i>et al.</i> 2014; Koohmaraie 1992). La carne inyectada postmortem resultó en una carne más tierna durante 14 días después de la inyección (Wheeler <i>et al.</i> 1997).
Maduración	La maduración es un proceso de ablandamiento de la carne, a través de la acción de enzimas endógenas que rompen las proteínas del musculo, después del rigor mortis (Jaramillo 2016; Vitale 2016). En este proceso existen factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en su buen desarrollo (Dashdorj <i>et al.</i> 2016).
Estimulación eléctrica	Juega un papel vital en la mejora de la ternura de la carne y otros rasgos de calidad de la carne (King <i>et al.</i> 2004; Adeyemi <i>et al.</i> 2014). Práctica mediante la cual se transmite una corriente eléctrica a través de la canal de los animales recién sacrificados y eviscerados (Simmons <i>et al.</i> 2008; Nazli <i>et al.</i> 2010). Este método se puede combinar con la maduración de carne (Huerta <i>et al.</i> 2004).

Existen varios métodos que se utilizan para la mejora de la ternura de la carne, como se pudo observar en el cuadro anterior. La maduración es un método utilizado para productos gourmet y de alta calidad, pero también se ha encontrado que algunos realizan la combinación de esta con la estimulación eléctrica. Huerta *et al.* 2004, muestra que la estimulación eléctrica en combinación con la maduración húmeda en *Longissimus dorsi thoracis* muestra resultados positivos. Dentro de los métodos mencionados anteriormente, se encuentran métodos no tan eficientes, Hergenreder *et al.* (2013) muestra que el método de congelamiento y descongelamiento, en comparación con la maduración húmeda, presenta resultados no tan favorables ya que su purga es alta. También se encuentran métodos que han sido ampliamente estudiados como las intervenciones químicas y enzimáticas, las cuales presentan resultados positivos en la mejora de la ternura de la carne.

Jugosidad. La jugosidad se encuentra determinada por la capacidad de retención de agua y el contenido de grasa intermuscular en la carne (Hocquette *et al.* 2010). La sensación de jugosidad en carnes se da en dos pasos, la primera es la impresión de humedad durante las primeras masticaciones, donde se produce la liberación del jugo de la carne y la segunda es la sensación que se mantiene en la boca debido a la estimulación de la grasa sobre la salivación (Varela y Beltrán 2001).

De acuerdo con múltiples estudios este rasgo de calidad es considerado por los consumidores para la decisión de compra de carne de res. La grasa intramuscular juega un papel importante para que la carne sea jugosa, por esto se recomienda la utilización de cortes con grados de calidad USDA para el proceso de maduración, debido a su grado de marmoleo. De acuerdo con Smith *et al.* 2008, a través de su estudio muestra que este tipo de cortes tiene un impacto significativo por el consumidor, en la mejora la palatabilidad.

Sabor. El sabor de la carne es complejo ya que no solo se habla de sabor, sino que está intrínsecamente relacionado con el aroma. El sabor y el aroma en la carne son determinados por algunos compuestos químicos que se presentan en distintas concentraciones (Guerrero 2001). Muchos estudios han mostrado que el consumo de carne de res seca se describe como un perfil de sabor a carne, rico en mantequilla, a nuez y/o terroso.

Durante el proceso de maduración en seco, los jugos se absorben en la carne y se produce la descomposición química de las proteínas y los componentes grasos, lo que da como resultado un sabor a nuez y carne más intenso (DeGeer *et al.* 2009). El sabor de la carne se ve afectado por la especie, el sexo, la edad, el nivel de estrés, la cantidad de grasa y la dieta del animal (Joo *et al.* 2013).

En la actualidad existen estudios que nos demuestran la importancia que tiene la ternura, jugosidad y sabor, en la aceptabilidad de los consumidores. Estos son considerados rasgos de calidad que influyen en la compra de productos cárnicos. En el Cuadro 2, se muestran investigaciones sobre la importancia de los rasgos de calidad de la carne.

Cuadro 2. Investigaciones sobre importancia de los rasgos de calidad de la carne.

Rasgos de calidad	Descripción	Fuentes
Terneza	La terneza se clasifica como el rasgo de palatabilidad más importante.	(Joo <i>et al.</i> 2013)
	La terneza de la carne es un atributo importante de la calidad alimentaria que garantiza la satisfacción del consumidor.	(Bekhit <i>et al.</i> 2014a)
	Los consumidores de carne de res califican la terneza como el rasgo de palatabilidad más importante.	(Cho <i>et al.</i> 2010)
	La terneza de la carne es el atributo de calidad más importante que influye en la satisfacción del consumidor y, por tanto, en el consumo de carne.	(Chardulo <i>et al.</i> 2013)
Jugosidad	El lomo, solomillo tiene una buena capacidad de retención de agua, por lo que se ve beneficiado con la jugosidad en el corte.	(Cho <i>et al.</i> 2018)
	La jugosidad es el segundo rasgo de la calidad más importante, percibido por el consumidor.	(Dashdorj <i>et al.</i> 2016)
	Dentro de los aspectos de calidad de la carne, encontramos la jugosidad que es considerado un aspecto importante por el consumidor, la cual está relacionado con la capacidad de retención de agua y la grasa intramuscular de la carne.	(Lee <i>et al.</i> 2018)
Sabor	El sabor es un rasgo de calidad de importancia, ya que es un factor que el consumidor lo percibe para determinar la calidad de la carne.	(Joo <i>et al.</i> 2013)
	De acuerdo con este autor, el sabor de la carne de vacuno es el factor más importante para decidir la calidad de consumo y la aceptabilidad del cliente.	(Dashdorj <i>et al.</i> 2015)
	El sabor es un rasgo de calidad clave, en la maduración seca tiene como característica principal la concentración de su sabor, lo cual es muy aceptado por el consumidor.	(Dashdorj <i>et al.</i> 2016)
	Es un rasgo de importancia para el consumidor, en el proceso de maduración se produce una mejora de este rasgo.	(Lepper-Bililie <i>et al.</i> 2016)

Introducción de los cortes madurados

En la actualidad, la industria cárnica busca satisfacer los deseos y/o necesidades del consumidor. La terneza de la carne es considerada el atributo de calidad más importante, por muchos de los consumidores, ya que genera una importante experiencia al comer. (Cho *et al.* 2010 ; Bekhit *et al.* 2014a ; Holloway y Wu 2019). Para satisfacer este deseo o necesidad, una de las prácticas más diseminadas en las industrias cárnicas es el uso de maduración en los cortes. En este proceso intervienen las enzimas proteolíticas, que se encuentran presentes naturalmente en la carne (Jaramillo 2016; Felício y Pflanzner 2018).

Maduración de carne

Se denomina maduración al proceso progresivo de ablandamiento de la carne que pasa por la acción continuada de los sistemas enzimáticos que rompen las proteínas dentro del músculo, después de la resolución del rigor mortis (Vitale 2016). Las características organolépticas de la carne no dependen solamente de factores inherentes al animal, en su mayoría dependen de los cambios postmortem. Cambios como el rigor mortis y maduración son necesarios para la conversión del músculo en carne y tienen una influencia crucial en la suavidad de la carne (Nowak 2011).

Cambios bioquímicos tras la cosecha. Todo comienza tras la cosecha del animal, cuando la circulación sanguínea se detiene, lo que conlleva una serie de cambios: en el aporte de oxígeno, la regulación hormonal (disminuye la temperatura de la canal) y la capacidad de respuesta del organismo frente a una infección. Debido al déficit de oxígeno, ocurre la respiración anaeróbica, provocando glucólisis a través de la utilización de ATP y se obtiene ácido láctico.

El ácido láctico produce una disminución del pH, la cual favorece la desnaturalización proteica, facilitando la degradación de las proteínas fundamentalmente por proteasas: ácidas (catepsina B y D) y neutras. Finalmente, cuando se agotan las reservas de glucógeno, el sistema anaeróbico también fracasa, por lo que se produce la entrada y liberación masiva de calcio dentro de las fibras musculares. Esta es seguida por la contracción muscular progresiva que caracteriza el rigor mortis o rigidez cadavérica (Vitale 2016).

Posteriormente al rigor mortis, el pH es un factor importante para que se dé la activación enzimática (Khan *et al.* 2016). Las caspasas, son esenciales para facilitar la acción posterior de las calpaínas, las proteasomas y las catepsinas, las otras proteasas que intervienen en la degradación de la estructura proteica de la fibra muscular. Las catepsinas son activas a valores de pH < 6, mientras que las demás lo son a pH neutro. Las caspasas actuarían en las primeras horas después de la cosecha, que serían esenciales para un proceso de ablandamiento de la carne satisfactorio.

Por otro lado, encontramos que, durante los procesos anteriores, se desarrollan beneficios para los cortes madurados. El nivel de oxidación de los lípidos aumenta conforme aumenta el tiempo de maduración, libera productos que reaccionan con los productos de la degradación de proteínas, lo que da un sabor intenso en la carne madurada (Khan *et al.* 2016). La proteólisis es responsable de las propiedades gustativas y características aromatizantes de la carne (Koutsidis *et al.* 2008). En el proceso de maduración hay factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en su buen desarrollo. Dentro de los factores intrínsecos podemos encontrar: la raza, pH, actividad enzimática, grasa intramuscular, mientras que en los factores extrínsecos podemos encontrar: la temperatura, humedad, flujo de aire y tiempo de maduración. En los Cuadros 3 y 4 se explica la importancia de cada uno, para que se desarrolle el proceso de maduración.

Cuadro 3. Factores intrínsecos que influyen en el proceso de maduración.

Factores intrínsecos	Descripción	Fuentes
Raza	El problema más importante en las razas cebú (<i>Bos indicus</i>) está representado por la dureza de la carne, provocada por una alta actividad de la enzima calpastatina, un inhibidor del sistema proteolítico de la calpaína. Esto explica la variación de la terneza de la carne en estos animales.	(O'Connor <i>et al.</i> 1997; Chardulo <i>et al.</i> 2013; Martínez 2017)
Edad del animal	Se realizó un estudio con animales de 32 meses de edad, los cuales tuvieron una respuesta positiva a la maduración. También se registran resultados positivos en animales de 26 meses de edad. Entre más viejo es un animal, el proceso de maduración se prolongará en cuanto a tiempo.	(Piao <i>et al.</i> 2015; Kim <i>et al.</i> 2019) (Smith <i>et al.</i> 2008)
Condición sexual	Cortes en vaquillas presentan mayor actividad de calpastatina y esfuerzo al corte que los novillos.	(O'Connor <i>et al.</i> 1997; Simonetti <i>et al.</i> 2015; Kim <i>et al.</i> 2019)
pH	Este factor puede afectar el grado de mejora de la terneza en la maduración. Por lo que se comienza un pH final de 5.4 a 5.7.	(Dashdorj <i>et al.</i> 2016; Khan <i>et al.</i> 2016; Maltin <i>et al.</i> 2003)
Actividad enzimática	Este factor es importante, ya que tras la cosecha provocan proteólisis y lipólisis, donde los productos de esta degradación contribuyen al aroma y sabor característico. La enzima calpaína debilita principalmente las proteínas de soporte que mantienen en su lugar los filamentos que se contraen, disminuyendo así la dureza.	(Koutsidis <i>et al.</i> 2008) (Uzcátegui-Bracho <i>et al.</i> 2008; Baird 2008; Perry 2012)
Grasa intramuscular	Este factor juega un papel importante en varios rasgos de calidad. El contenido de este estará definido por el sexo, edad, alimentación. Debido a esto, muchas veces se usan carnes con grado de calidad: Premium, Choice, Select, con las cuales se obtendrá un mejor resultado en cuanto a jugosidad, sabor, terneza, y minimiza las pérdidas por reducción.	(USDA 2015; Dashdorj <i>et al.</i> 2016; Hocquette <i>et al.</i> 2018)

Cuadro 4. Factores extrínsecos que influyen en el proceso de maduración.

Factores extrínsecos	Descripción	Fuentes
Temperatura	La temperatura es crucial, ya que la actividad enzimática se reduce o ralentiza por debajo del punto de congelación, funciona mejor en altas temperaturas, pero en estas condiciones se promueve el crecimiento bacteriano, desarrollo de malos olores Es por esto, que se recomiendan temperaturas de 0-4°C.	(Ahnström <i>et al.</i> 2006; Dashdorj <i>et al.</i> 2016; Kim <i>et al.</i> 2016; Kim <i>et al.</i> 2019)
Humedad	La humedad relativa es importante, debido que, si la humedad es demasiado alta, puede haber crecimiento bacteriano, lo que producirá sabores extraños. Pero si la humedad es demasiado baja, no habrá crecimiento microbiano, pero promoverá una mayor pérdida de peso por evaporación, se secará muy pronto y se perderá jugosidad. Se recomienda una humedad de 75-85%.	(Perry 2012; USMEF 2014; Dashdorj <i>et al.</i> 2016; Lee <i>et al.</i> 2018)
Flujo de aire	Debe haber suficiente flujo de aire, ya que si no lo hay la carne no puede liberar la humedad necesaria para lograr el proceso de secado. Si hay demasiado aire, la carne se secará demasiado rápido y aumentará las pérdidas por recorte. Por esta razón se recomienda un flujo de aire de 0.5-2.5m/s).	(Dashdorj <i>et al.</i> 2016) (Lee <i>et al.</i> 2018; Kim <i>et al.</i> 2019; Utama <i>et al.</i> 2019)
Tiempo	Muchos investigadores coinciden que el tiempo más frecuente para madurados es de 14 y 40 días, con recomendaciones hasta de 70 días. De acuerdo con este autor, el mejor resultado se da a los 21 días. El tiempo está determinado en gran parte por la edad del animal, entre más viejo es un animal, el tiempo será mayor.	(USMEF 2014; Hulánková <i>et al.</i> 2018; Ferreira <i>et al.</i> 2018) (Smith <i>et al.</i> 2008; DeGeer <i>et al.</i> 2009; Smith <i>et al.</i> 2018)

Tipos de maduración

Maduración seca. La maduración en seco de la carne consta de colgar las canales de carne de res, subprimarios u otros cortes primarios sin empaque en un cuarto frío con condiciones controladas como: humedad relativa, flujo de aire y temperatura, durante un tiempo determinado (Ahnström *et al.* 2006). La maduración seca es una técnica utilizada desde hace siglos por carniceros, con el fin de preservar y ablandar la carne. Hace 50 años, era común la maduración en seco, luego se sustituyó por el envasado al vacío por su eficiencia durante el procesamiento y almacenamiento (Dashdorj *et al.* 2016). Sin embargo, Estados Unidos y Australia tienen alto interés en la maduración en seco de carne vacuno. Países como Corea, Hong Kong, Taiwán, Singapur y Japón están incluyendo carne madura en seco en su dieta (Drovers 2011).

El punto clave de la maduración de la carne en seco es concentrar el sabor (Savell 2008). Durante la maduración de la carne los jugos se absorben, luego sucede la descomposición química (proteínas y grasas) y se obtiene un sabor potente a nuez y carne. Las enzimas que se encuentran de manera natural en la carne son las encargadas de la descomposición de las proteínas y los tejidos conectivos presentes en el músculo y como resultado un corte de carne más suave (Baird 2008).

Para el proceso de maduración en seco, es necesario un alto contenido de marmoleo, lo cual propiciará un sabor intenso y jugoso en los cortes de carne (Dashdorj *et al.* 2016). De acuerdo con la clasificación USDA encontramos los grados de calidad: “Prime”; la cual se produce a partir de ganado vacuno joven y bien alimentado, tiene marmoleado ligeramente abundante (la cantidad de grasa intercalada con carne magra) y generalmente se vende en restaurantes de lujo; “Choice”; es de alta calidad, pero tiene menos veteados que la Prime. Tiene al menos una pequeña cantidad de marmoleado; “Select”; es de calidad muy uniforme y normalmente más magra que los grados superiores. Es bastante tierno, pero debido a que tiene menos veteados, es posible que le falte algo de la jugosidad y el sabor de los grados superiores y por último tenemos el grado Standard and Commercial; los cuales se venden con frecuencia como carne sin clasificar o como carne de marca de la tienda (USDA 2015). La carne con la clasificación “Prime”, “Choice” y “Select”, entra dentro de la categoría maduración de la canal (USMEF 2013).

Los principales factores para desarrollar pautas de maduración en seco incluyen: tiempo de maduración, temperatura de almacenamiento, humedad relativa y flujo de aire. Todos estos factores deben observarse de cerca y alinearse para lograr un producto superior con una concentración óptima de sabor y ternura. El tiempo de maduración o maduración más frecuente para los suprimales envejecidos secos es entre 14 y 40 días, en estos días se obtienen los resultados deseados (Savell *et al.* 2008).

Existen una serie de parámetros para la carne madurada en seco, los cuales, se pueden observar en el Cuadro 5. Estos son necesarios para poder llevar a cabo un proceso adecuado, razón por la que se presentan rangos, ya que al estar por debajo o por encima de estos, se pueden encontrar problemas en el proceso. La temperatura es un parámetro importante durante el proceso, pero si esta se encuentra por debajo de los valores, el proceso de maduración cesa medida que se congela. La humedad relativa, si se encuentra por debajo de los valores también genera problemas, ya que se da una pérdida excesiva de peso y corte. Cuando la temperatura y la humedad relativa se encuentran por encima de los valores, existe crecimiento excesivo de microorganismos que da como resultado el deterioro del producto. Por último, encontramos el flujo de aire, este al encontrarse por encima de los valores existe pérdida excesiva de peso y corte, pero si se encuentra por debajo, se dará un crecimiento excesivo de microorganismo que deteriora el producto. Es por estas razones, que mantener un control de la temperatura, humedad y flujo del aire es clave para poder desarrollar este proceso (USMEF 2014).

Cuadro 5. Parámetros para carne madurada en seco.

Parámetros	Rangos	Fuentes
Temperatura de almacenamiento	0 a 4°C	(USMEF 2014; Dashdorj <i>et al.</i> 2016; Lee <i>et al.</i> 2018; Lee <i>et al.</i> 2019)
	1 a 3°C	(Kim <i>et al.</i> 2016)
	0.5 a 1°C	(Perry 2012; Khan <i>et al.</i> 2016; Kim <i>et al.</i> 2019)
	2 a 4°C	(Gruber <i>et al.</i> 2006; Adcock <i>et al.</i> 2015; Cho <i>et al.</i> 2018)
Humedad relativa	80-85%	(Perry 2012; USMEF 2014)
	75-80%	(Dashdorj <i>et al.</i> 2016; Lee <i>et al.</i> 2019)
	75%	(Lee <i>et al.</i> 2018)
Flujo de aire	0.5-2 m/s	(USMEF 2014; Kim <i>et al.</i> 2016; Kim <i>et al.</i> 2019; Utama <i>et al.</i> 2019)
Perdida del corte	3-24%	(Dashdorj <i>et al.</i> 2016; Lee <i>et al.</i> 2018; Kim <i>et al.</i> 2019)
	6-15%	

El proceso de maduración en seco es costoso en comparación con otros métodos convencionales, debido a la pérdida del corte (3 - 24%), alta contracción de maduración (6 - 15%), riesgo de contaminación, espacio y requisitos de maduración (Dashdorj *et al.* 2016). El proceso de maduración requiere de tiempo y necesita supervisión. Un punto esencial de la maduración en seco es que solo se puede realizar en cortes de carnes con alto contenido de marmoleo (Li *et al.* 2014).

Maduración húmeda. Este tipo de maduración consiste en colocar un corte de carne en una funda o empaque, para llevarla directamente a la maquina selladora, la cual permite eliminar el aire que contiene la funda, con esto se evitará el ingreso de algún agente contaminante (Quezada 2013). Este proceso se realiza a través del almacenamiento de los cortes ya empacados, en cámaras frigoríficas por un determinado tiempo (USDA 2014). Para determinar el tiempo de maduración es necesario conocer la edad y sexo del animal.

Por lo general, en este tipo de maduración se recomienda un tiempo máximo de 21 a 28 días en un cuarto frío, con una temperatura de 2 ± 2 °C (Shi *et al.* 2020; Ferreira *et al.* 2018). Los rangos de temperatura para la maduración húmeda son no deben pasar de los 5 °C, al igual que la maduración seca. La humedad y la velocidad del aire no son requisitos necesarios para obtener una maduración húmeda adecuada (USMEF 2014). A través de este método se reduce la pérdida de peso por humedad, debido el empaque que presenta, obteniendo pérdidas de 3% (Jaramillo 2016; Ferreira *et al.* 2018). Este proceso se utiliza principalmente para mejorar la terneza, con un efecto mínimo en el sabor. Debido a que el empaque al vacío genera un ambiente anaeróbico se reduce la contracción y la pérdida por recorte.

El proceso de maduración húmeda debe seguir ciertos parámetros, para que se puede llevar a cabo de la mejor manera. Es por esto la temperatura juega un papel importante, para evitar la descomposición de la carne, y el tiempo de almacenamiento tiene un impacto en la efectividad de

este método. En el cuadro 6, se presentan los dos parámetros y los rangos necesarios para que ocurra el proceso de maduración húmeda, a través de estudios realizados por múltiples autores.

Cuadro 6. Parámetros para carne madurada húmeda.

Parámetros	Rasgos	Fuentes
Temperatura	1-3 °C	(Dikeman <i>et al.</i> 2013; Smith <i>et al.</i> 2014 ; Ferreira <i>et al.</i> 2018; Kim <i>et al.</i> 2019; Shi <i>et al.</i> 2020)
Tiempo	21-42 días	(Laster <i>et al.</i> 2008; Li <i>et al.</i> 2013; Ferreira <i>et al.</i> 2018)
	7- 14 días	(Kim <i>et al.</i> 2019; De Faria <i>et al.</i> 2019; Shi <i>et al.</i> 2020)

Comparación. De acuerdo con la información anterior, se puede observar que, dentro de los dos procesos de maduración de carne de res, encontramos algunas similitudes y diferencias. De acuerdo con un estudio que comparó las propiedades fisicoquímicas y la digestibilidad de carne de vacuno que se dan en los dos tipos de maduración, nos dice que la maduración seca tiene una mayor digestibilidad que la maduración húmeda (Kim *et al.* 2019).

Una de las diferencias que se marcan entre los dos procesos de maduración, es la pérdida de recortes y contracción que se presenta en la maduración seca, lo que la vuelve menos eficiente, ya que se tienen más mermas en el proceso (5 - 25%), que la maduración húmeda (Matthews 2010; Dashdorj *et al.* 2016; Ferreira *et al.* 2018). De acuerdo con un estudio realizado en cortes de lomos cortos, nos muestra un mayor rendimiento de cortes al por menor y un tiempo de procesamiento más rápido en la maduración húmeda que en la seca (Smith *et al.* 2008).

En el Cuadro 7, se observa la comparación de las características de la maduración húmeda y seca. Donde las características principales son: sensibilidad, sabor, rendimiento e impacto, las cuales varían de acuerdo con el proceso de maduración. Estas características son importantes para poder tomar la decisión de que método seleccionar, para mejorar cortes cárnicos.

Cuadro 7. Características de la maduración seca y húmeda.

Características	Maduración seca	Maduración húmeda
Sensibilidad	Preferente para mejorar cortes de carne menos preferidos (Kim <i>et al.</i> 2019).	Mayor fuerza de corte en comparación a la maduración seca (Kim <i>et al.</i> 2019).
Sabor	Mejorado (USMEF 2014). Sabor a nuez, Carnoso y tostado marrón (Khan <i>et al.</i> 2016). Carnosa y asada (Campbell <i>et al.</i> 2001). Sabor más característico que el madurado húmedo (Diles <i>et al.</i> 1994).	Mejorado (USMEF 2014). Sabor agrio, sanguinolento más intenso y notas metálicas (Warren y Kastner 1992; Campbell <i>et al.</i> 2001).
Rendimiento	Menor rendimiento para venta (Laster <i>et al.</i> 2008; Obuz <i>et al.</i> 2014; Ferreira <i>et al.</i> 2018). Mayor tiempo de procesamiento (Laster <i>et al.</i> 2008).	Menor pérdida por recortes (Smith <i>et al.</i> 2014; Kim <i>et al.</i> 2019). Menor tiempo de procesamiento (Laster <i>et al.</i> 2008).
Valor	Proceso costoso que requiere mucho tiempo y espacio (Kim <i>et al.</i> 2019). Suele costar aproximadamente un 25% más que la madurada en húmedo (Smith <i>et al.</i> 2008).	Es el método más utilizado para la venta de carnes maduras (Stenström <i>et al.</i> 2014).
Impacto	Preferente para consumidores que buscan sabor de carne único (Smith <i>et al.</i> 2008) Disponibilidad en tiendas especializadas, por su alta calidad (Stenström <i>et al.</i> 2014).	Método utilizado en la industria de carne, principalmente por su conveniencia económica (Agrimundo 2013). Presenta una calidad estable (Dashdorj <i>et al.</i> 2016).

Equipo requerido para carne madurada

Equipo para productores a pequeña escala. En la actualidad, el proceso de maduración de carne se realiza para satisfacer la necesidad de cortes más suaves y con sabores más intensos. Razón por la cual, la aplicación de esta técnica ha ido en crecimiento. Existen equipos para mejorar las características de los cortes, diseñados para plantas pequeñas, carnicerías y restaurantes. En España e Italia, se ha incursionado en este tipo de equipos, uno de ellos es el Dry Ager®.

Dry Ager®. Tiene una capacidad de carga máxima de 100 kg de carne y admite 2-3 lomos de ternera de 1.2 m de longitud cada uno o el equivalente en peso en piezas más pequeñas. Con unas medidas exteriores de 165 × 70 × 75 cm y un moderno diseño y acabado contemporáneo, es perfecto para ser exhibido en público. A continuación, se listan las especificaciones:

- Caja externa de acero inoxidable con aislamiento de puerta de cristal tintado con protección UV
- Dimensiones externas: 165 × 70 × 75 cm
- Dimensiones internas: 138 × 54 × 56 cm
- Humicontrol: controlador electrónico de humedad de 60% a 90% (sin necesidad de conexión de agua)

- Flujo de aire óptimo, filtro de carbón activado y esterilización de aire
- Iluminación exterior LED: el espectro de luz no contiene radiación ultravioleta, así el resultado es un mínimo de calor generado que no afecta a la temperatura del núcleo de la carne.

Equipo requerido en la planta de procesamiento para el proceso de maduración

Potenciómetro. Este instrumento es utilizado para realizar las pruebas de pH después de la cosecha del animal, ya que la variación del pH puede dar una clasificación de carnes: siendo esta última la óptima para tener una buena calidad de carne.

Termómetro culinario. Es un instrumento especial para cárnicos, importante para monitorear la temperatura. Ya que la temperatura propiciará el acortamiento por frío y la contracción muscular después de la cosecha. Así mismo, para mantener la temperatura óptima para que ocurra el proceso de maduración.

Cuarto frío. Es un cuarto o almacén en el que se genera artificialmente una temperatura específica. Generalmente un cuarto frío está diseñado para el almacenamiento de productos en un ambiente por debajo de la temperatura exterior. Este cuarto es el que nos dará las condiciones idóneas para mantener la temperatura del canal y de los cortes. En él se deben mantener temperaturas de 0-4 °C, flujo de aire de 2-4 m/s y humedad de 75 - 80%.

Estantería. es una herramienta necesaria para almacenar los cortes realizados, y que puedan tener las condiciones necesarias de húmeda, flujo de aire y temperatura. Aquí es donde los cortes pasaran alrededor de los 21 a 28 días.

Razas

Para obtener un buen proceso de maduración, es necesario tomar en cuenta la raza bovina. En el trópico se encuentra la presencia de dos sub-especies bovinas domésticas: *Bos primigenius taurus* y *Bos primigenius indicus*. Dentro de la sub-especie *Bos primigenius taurus* encontramos razas como: Holstein, Jersey, Hereford, Charoláis, Red Angus, Pardo suizo, Simental, Brangus, entre otras. Dentro de la sub-especie *Bos primigenius indicus* o también llamadas cebú, encontramos razas como: Brahman, Gyr, Nellore, Indubrasil, Guzerat. Estudios mostraron que el problema más importante de las razas de cebú (*Bos indicus*) está representada por la dureza de la carne, causada por una alta actividad de la enzima calpastatina, un inhibidor del sistema proteolítico de calpaína. (Chardulo *et al.* 2013).

La subespecie *Bos primigeniu Taurus*. tiene mejores resultados a la maduración, debido a que las razas que pertenecen a este grupo tienen una actividad muy baja o nula de calpastatina, razón por la que tiene mayor actividad de calpaínas, las cuales son enzimas proteolíticas que se encuentran naturalmente en el sistema del animal (O'Connor *et al.* 1997). Es por esta razón, que es importante conocer qué razas utilizamos, para realizar el proceso de maduración. Las razas bovinas juegan un rol importante en el proceso de maduración, ya que no todas presentan las mismas características en sus cortes, razón por la que en el Cuadro 8, se muestra las razas que tienen un impacto positivo en el proceso de maduración.

Cuadro 8. Estudios sobre razas utilizadas en el proceso de maduración.

Razas	Descripción
Nellore	Estos animales poseen una gran capacidad para acumular grasa subcutánea, pero no tienen la capacidad de depositar grasa veteada (Chardulo <i>et al.</i> 2013).
Simmental	Son animales con alto de crecimiento de musculo. Así mismo se demostró que los cortes provenientes de Simmental presentan mejor respuesta a la maduración que el Nellore (Bianchini <i>et al.</i> 2007).
Hereford x Angus	Los bistecs de H x A tuvieron valores de fuerza cortante más bajos y puntuaciones sensoriales más altas para la terneza de 1 y 14 días post mórtem (Whipple <i>et al.</i> 1990).
Angus	La raza Angus presenta mejores características que el cruce Angus-Brahman, debido a que presenta una menor fuerza de corte, obteniendo una mejor respuesta con respecto a la terneza (O'Connor <i>et al.</i> 1997). El ganado Angus tiende a producir carne más suave.
Hereford	Se reporta una alta correlación positiva entre la actividad de la calpastatina a las 24 horas y el esfuerzo al corte al día 1 y 4 en novillos Herefor, Angus, y Simmental (Martínez 2017).
Holstein	La raza Holstein ante la maduración presenta una respuesta de mejora en la terneza del panel sensorial y las puntuaciones de sensibilidad miofibrilar (Obuz <i>et al.</i> 2014).
Cruces	Según Dikeman (1995) concluyó que el ganado de <i>origen Bos Indicus</i> no debe incluirse más del 25% en los cruzamientos, para poder obtener buenos resultados en el proceso de maduración. Por lo tanto, no se recomienda usar ganado con más de 25% <i>Bos indicus</i> .

En razas cebú es necesario utilizar animales manejados en sistemas de crecimiento intensivo y en etapa de crecimiento, ya que tienden a tener mejores propiedades de terneza para el proceso de maduración (Chardulo *et al.* 2013). En Centroamérica existe diferente presencia de razas, de acuerdo con las condiciones de cada país. Estas razas presentan una adaptabilidad al trópico, razón por la que en el Cuadro 9 se mostrarán las razas con mayor presencia en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá.

Cuadro 9. Razas presentes en Centro América.

País	Razas	Fuentes
Guatemala	En la producción de bovinos para carne se utilizan razas especializadas (puras o encastadas) entre las que se pueden mencionar: Brahman, Nelore, Nelore Mocho, Tabapua, Sardo Negro, Indo Brasil, Guzerat, Gyr, Simmental, Limousin, Angus Negro, Brangus, Santa Gertrudis, Hereford, entre otras. Los cruces de estas razas puras con animales criollos son utilizados por la adaptabilidad al medio de Guatemala.	(MAGA 2004)
Honduras	Hondura cuenta con razas Brahman, Gyr, Indubrasil, Nellore, Charbray, Simmental, Beefmaster, Brangus, Romagniola, Simmbra, Angus, Saler, Charolais y sus cruces.	(FAO 2004)
Nicaragua	En Nicaragua se han venido introduciendo razas de carnes como: Angus, Limousin, Charoláis, Chianina y Brahmán, que es la raza más explotada. La ganadería de Nicaragua prácticamente se encuentra en manos de pequeños y medianos productores y en la actualidad el 85% de las explotaciones bovina son de doble propósito, el cual se logra de los cruces de razas de carne y leche y del ganado criollo.	(Espinoza y Urbina 2016)
Costa Rica	En estas explotaciones predominan animales cebuinos de las razas Nelore, Brahman americano, Gyr y en menor grado la Indobrasil. Existen además los cruzamientos de estos animales con toros europeos de las razas Simmental, Charolais y en menor grado Chiannina.	(Alfaro <i>et al.</i> 2017)
Panamá	Se encuentran raza cebuinas como: Brahman, Gyr e Indubrasil. También encontramos razas europeas como: Angus, Simmental y Charoláis. Se tiene que el 50% del total del ható es de la raza cebú (ganado de carne), el 41% son animales cruzados para el doble propósito y tan sólo el 9% es ganado especializado.	(Martiz y Vergara 2004)

De acuerdo con la información del Cuadro 8 y 9, los países centroamericanos cuentan con dos o más razas aptas para el proceso de maduración. Esto nos indica que Centroamérica puede realizar los dos métodos de maduración y beneficiarse de sus resultados. Esto es importante, debido a la generación de valor de los cortes provenientes razas del trópico, ya que estas tienden a ser menos suaves.

Cortes de res

Es importante conocer que la maduración, se realiza en con cortes de alto valor. Esto se debe a que no todos los cortes responden a la maduración. Se ha demostrado que la maduración tiene efecto positivo, en los músculos: *Longissimus dorsi* y *Gluteus medius* (Simonetti *et al.* 2015). El tipo predominante de fibra en la musculatura de los animales tiene una influencia directa en los rasgos cualitativos de la carne, afectando la textura, la fuerza de corte, el color, la jugosidad, el pH y el

rendimiento, porque están relacionados con factores como el estado de contracción muscular, la degradación miofibrilar, la grasa intramuscular y el diámetro de las fibras musculares. Esto afecta la ternura de la carne directa e indirectamente (Maggioni *et al.* 2012).

En ganado cebú, el *Musculus longissimus thoracis et lumborum* de novillos Nellore adultos puede madurar con un grosor de corte de 2.5 o 7.5 cm. Se recomienda la maduración de este musculo en novillos Nellore adultos durante 21 días porque es una carne atractiva con buena aceptabilidad y una intención positiva de compra (Farias *et al.* 2019).

Se han realizado investigaciones, en las cuales evalúan los músculos con relación al tiempo de maduración. Según el estudio realizado por Nair *et al.* (2019), el musculo *lonissimus lumborum* mejora su sensibilidad a los 21 días, mientras que los musculo *Psoas major* logra obtener una mejor sensibilidad a los 7 días y el musculo *Semitendinosus* a los 14 días. No todos los músculos responden de la misma manera al tiempo de maduración, razón por la que en ese estudio el musculo *lonissimus lumborum* fue el más tierno, mientras que el que presentó mayor dureza fue el *Semitendinosus*.

También se han realizado investigaciones que demuestran los cortes de alto valor utilizados en proceso de maduración. De acuerdo con Calkins y Sullivan (2007), los músculos con mayor apreciación de acuerdo con su ternura encontramos: el *Psoas mayor*, *Infraespinoso*, *Spinalis dorsi*, *Serratus ventralis*, *Multifidus dorsi*, *Subescapularis* y *Teres major* los cuales se clasifican como cortes con buena ternura.

Podemos encontrar cortes sub-primarios, los cuales tienen un impacto para el comercio. En la maduración de carne de res, no se pueden utilizar todos los cortes existentes, razón por la que en el Cuadro 10, se muestra los cortes con respuestas positivas en el proceso de maduración, a través de investigaciones realizadas por múltiples autores.

Cuadro 10. Cortes utilizados para el proceso de maduración.

Cortes	Investigación	Fuentes
Lomo y filetes de chuletón (<i>Longissimus dorsi, lumborum, thoracis e multifidus dorsi</i>)	<p>Los filetes de chuletón y de lomo del grupo Choice presentan mayor apreciación sensorial que el grupo Select.</p> <p>Lomos madurados en seco, presentan mejor sabor y gusto general. Se muestra que este corte presenta una buena digestibilidad, al someterlo a maduración.</p> <p><i>Longuissimus dorsi lumborum</i> y <i>thoracicis</i> de Nellore, son recomendados por su respuesta de aceptación de compra por el consumidor.</p>	<p>(Laster 2008; Felício y Pflanzler 2018; Lee <i>et al.</i> 2019)</p> <p>(DeGeer <i>et al.</i> 2009; Kim <i>et al.</i> 2016; Kim <i>et al.</i> 2019)</p> <p>(Farias <i>et al.</i> 2019)</p>
Filetes de <i>Gluteus medius</i>	<p>De acuerdo con un estudio con panel de consumidores, se demostró que el filete de glúteo medio con periodos de maduración largos aumentó su sensibilidad.</p> <p>Se ha demostrado que este corte en raza Nellore, presenta buenas características de marmoleo, lo que lo hace propicio para la maduración.</p>	<p>(Colle <i>et al.</i> 2015; Adcock <i>et al.</i> 2015)</p> <p>(Pflanzler y Felício 2011)</p>
<i>Infraspinatus</i>	<p>Músculo con excelente respuesta a la mejora de sensibilidad y sabor, en el proceso de maduración. Presenta buena respuesta a los 14 días.</p>	<p>(Gruber <i>et al.</i> 2006; Stetzer <i>et al.</i> 2007; Adcock <i>et al.</i> 2015)</p>
<i>Psoas major</i>	<p>Este musculo presenta una buena respuesta al tiempo de maduración y la terneza final. Mejora su terneza después de 7 días.</p>	<p>(Stetzer <i>et al.</i> 2007; Maggioni <i>et al.</i> 2012; Nair <i>et al.</i> 2019)</p>
Filetes del <i>M. Biceps femoris</i> y <i>Semimembranoso</i> .	<p>De acuerdo con un estudio, los filetes de <i>Biceps femoris</i> presentan una mejor respuesta para maduraciones larga que el filete de semimembranoso, así mismo se percibió que la sensibilidad de ambos aumentó de acuerdo con el panel de consumidores.</p> <p>Los filetes <i>Semimembranosos</i> USDA Select, presenta respuesta positiva a maduración moderado a alto, mejorando su terneza después de los 28 días.</p>	<p>(Colle <i>et al.</i> 2016)</p> <p>(Gruber <i>et al.</i> 2006; Kim <i>et al.</i> 2016)</p>

Empaque de productos madurados

Se han realizado estudios sobre la evaluación de empaques durante el proceso de maduración. La pérdida de peso, los recuentos de bacterias aeróbicas, los recuentos de levaduras y los recuentos de moho aumentaron con el aumento de la permeabilidad a la humedad y el tiempo de maduración (Shi *et al.* 2020). El porcentaje de agua unida y agua libre disminuye con el aumento de la permeabilidad a la humedad.

Empaque al vacío. Para poder realizar el proceso de maduración húmeda, es necesario empaclarla en bolsas al vacío para que se pueda llevar a cabo el proceso. Estas bolsas se fabrican de principalmente de dos tipos de materiales: poliamida la cual funciona como material de barrera a gases y el polietileno, que funciona como barrera a la humedad y proporciona facilidad de sellado. Actualmente se han ido utilizando materiales que tienen una excelente barrera contra el oxígeno como lo es el etilo vinil alcohol (EVOH), acetato de etileno vinilo (EVA) y nylon 66 (Envapack 2015). En la industria de empaques, utilizan estos materiales en diferentes proporciones dependiendo las necesidades del cliente. Para poder empaclar carne de res al vacío encontramos los siguientes:

Bolsa de vacío 254 × 305 mm. es una bolsa sella de tres lados, que cuenta con siete y nueve capas PA/PE y PA/EVOH/PE. Presenta un rango de temperatura de sellado 120 - 175 °C, también cuenta con buena resistencia a la perforación. Este tipo de bolsas cuentan con una transparencia efectiva, lo que permite el consumidor puede ver bien el producto, además que le da una buena perspectiva visual por su brillo elegante. (GreenPak 2014).

Bolsa al vacío 250 × 350 mm. es una bolsa con sello de tres lados, construida de siete y nueve capas de coextrusión de múltiples capas de PA/PE película. Temperatura de sellado de 120 – 175 °C. Impresión superficial de hasta nueve colores. Buenas propiedades en la barrera de gases, a prueba de humedad. (GreenPak 2014).

Para el proceso de maduración húmeda utilizamos bolsas de vacío antes mencionadas, para poder llevar a cabo el proceso. Pero en algunas carnicerías, después de la maduración húmeda envasan los cortes en atmosferas modificadas, utilizando 20% Co₂ y 80% O₂, para promover la formación de oximioglobina (Scetar *et al.* 2010). Esto lo realizan para capturar nuevos consumidores, ya que en el empaclado al vacío presenta un color menos vistoso. De acuerdo con Pérez *et al.* (2011), la aplicación de atmosfera modificada tiene éxito, después de los 6 a 8 días de maduración húmeda.

Prevalencia del método a nivel industrial

El uso de esta práctica de maduración varía en los diferentes continentes. Debido a las pérdidas por recortes, reducción de rendimiento, tiempo que toma el proceso, esta práctica tiende a tener un costo elevado. Así mismo, el conocimiento de esta técnica por parte del consumidor es distinto en los diferentes continentes, es por estas razones que el consumo del producto de este proceso, se encuentra concentrado en restaurantes y carnicerías especializadas y en menor manera, a nivel de supermercado.

Las carnicerías especializadas, cuentan con cuartos fríos y equipo, para realizar los diferentes procesos a sus cortes. El uso de esta práctica en la industria no ha sido objeto de mucha literatura

científica. En el Cuadro 11 se observa el uso de la práctica en diferentes continentes y la relevancia que presenta.

Cuadro 11. Uso de la maduración a nivel industrial en diferentes continentes.

Continente	Descripción	Fuentes
América	<p>Existe un número muy pequeño de proveedores de carne madurada en seco, para hoteles y restaurantes de lujo, y un número aún más reducido para el mercado Gourmet.</p> <p>En estados unidos las carnicerías especializadas, realizan maduración primarios o sub-primarios.</p> <p>Argentina es un país líder en la industria cárnica de vacuno, presenta cortes madurados de excelencia.</p> <p>Ecuador cuenta con industria que provee cortes madurados, pero su producción es limitada.</p>	<p>(Jeff <i>et al.</i> 2008)</p> <p>(Sinha y Prasannan 2017)</p> <p>(Pereyra 2018)</p> <p>(El Universo 2019)</p>
Europa	<p>Restaurantes y carnicerías especializadas, las cuales ofrecen productos madurados. Normalmente estos negocios cuentan con cámaras de maduración donde la gente puede apreciar el proceso.</p> <p>En Francia los restaurantes y carnicerías lujosas, son los proveedores de carne madurada, con valores desde 65 y 200 € el kilo.</p> <p>España es un país en donde se consume carne madura, y cuenta con carnicerías especializadas, que cuentan con años de experiencia en el proceso.</p> <p>Italia cuenta con restaurantes especializados, que realizan principalmente el proceso de maduración seco.</p> <p>La industria en Europa esta fragmentada y mal conectada.</p>	<p>(Condon 2019)</p> <p>(Foodandsens 2019)</p> <p>(Sabaté 2016)</p> <p>(Laxen 2016)</p> <p>(Hocquette <i>et al.</i> 2018)</p>
Oceanía	<p>Los mercados minoristas y los restaurantes de alta calidad son los responsables de la oferta de carne de res madurada en seco.</p> <p>En Australia existen empresas cárnicas con años de trascendencia y excelencia de cortes madurados.</p>	<p>(MLA 2018)</p> <p>(Cornish 2018)</p>

En América se puede encontrar carnicerías especializadas, las cuales cuentan con equipo de industria de mediana a pequeña escala. Estas carnicerías son las encargadas de satisfacer la demanda de carne madurada. En Europa se encuentran carnicerías y restaurantes especializados, donde las carnicerías son industrias de pequeña a mediana escala, donde realizan el proceso de maduración, mientras que los restaurantes cuentan con equipo madurados que permiten mostrarles a sus clientes el proceso de su producto (Condon 2019). En Oceanía predominan los restaurantes de alta calidad, los cuales ofrecen los cortes madurados a cliente con exigencias de calidad. También se puede decir que existe limitada literatura científica, con respecto al uso de la maduración en la industria.

Situación del mercado

Estados Unidos. La Federación de Exportadores de Carne de Estados Unidos (USMEF) en conjunto con la universidad Estatal de Oklahoma, desarrollaron tres programas de maduración seca a partir de un estudio, con el objetivo de maximizar el sabor y la vida útil junto con garantizar las características de seguridad de la carne de res madurada en seco para los consumidores internacionales

Estados Unidos el mercado de carne de vacuno madurado en seco se valoró en USD10,446 millones en 2015 y se espera que alcance los USD11,176 millones en 2020. En Estados Unidos encontramos cortes primarios o suprímales para maduración como: lomo, solomillo y costillas. La carne seca madurada está disponible en restaurante y carnicerías de lujo o supermercados. En Estados Unidos el mercado de carne madurada representa el 10% del consumo total de carne. Así mismo, se espera que la demanda para la maduración en seco aumente debido a la inclinación del consumidor por productos alimenticios Premium y ricos en proteína (Sinha y Prasannan 2017).

Europa. Europa ahora representa el mercado de carne roja posiblemente más competitivo del mundo, con varios productores nacionales de la UE, como Inglaterra, Irlanda, Escocia y Gales, Francia, Italia, los Países Bajos y España, que se esfuerzan por atraer la atención de los clientes, además de los exportadores de otras partes de la UE. Las empresas en Europa presentan gabinetes de edad seca cada vez más grandes, mejores y más impresionantes, que albergaban una gama de cortes de lomo con hueso, cuartos y lados enteros de carne de res.

En ciudades europeas como Florencia y París, muchos restaurantes orientados a la carne ahora colocan un gabinete de edad seca en su puerta, para atraer a los clientes y señalar el compromiso del restaurante con la carne roja de calidad con un importante punto de diferencia (Condon 2019).

Australia. En Australia, MSA (Meat Standards Australia) ha crecido de manera constante desde sus inicios, generando una prima del 10% para la industria de la carne de res en 2015-2016, lo que representa USD187 millones (Farmer y Farrell 2018). La mayor parte de la carne que se consume proviene de ganado de edad aproximada de 2 años (Kelly 2019). Utilizan animales de ordeño con alrededor de 10 años, para realizar el proceso de maduración y darle un valor. El proceso se realiza en un periodo de 80 a 150 días. La carne envejecida en seco ha ganado popularidad en los mercados minoristas y de restaurantes de alta calidad. Debido a la pérdida de rendimiento y las supuestas mejoras de calidad, la carne envejecida en seco se comercializa como un producto de nicho (MLA 2018).

Centroamérica. Los consumidores en Centroamérica poseen muy poca información sobre las características de la calidad de la carne, las ventajas que proporcionan su consumo en una dieta balanceada, los diversos tipos de corte y su uso. Una cantidad reducida de consumidores compra carne en supermercados, donde por lo general existen normativas de calidad, inocuidad, empaque, sistemas de refrigeración. En Centroamérica existe un pequeño nicho de consumidores con altos niveles de ingresos que demandan productos de muy alta calidad e inocuidad. Existen comercios especializados para este tipo de consumidores, en donde la ternera es uno de sus principales estándares de calidad, venden cortes especiales. Carne madurada, carnes preparadas o marinadas. (Blandino 2005).

Parte 2. Proceso propuesto para industria a mediana escala

De acuerdo con la investigación realizada, se propone la maduración seca como método de procesamiento industrial para Centro América. El proceso debe llevarse a cabo en cámaras frigoríficas, en donde los cortes serán almacenados en estanterías, para que ocurra el proceso de maduración. Utilizando los músculos del lomo: *Longissimus dorsi*, *Longissimus lumborum*, *multifidus dorsi* y *Psoas major*, Pierna: *Gluteus medius*, y Paleta: *Infraspinatus*. Los parámetros propuestos son: temperatura de 2 ± 2 °C, flujo de aire de 2 m/s, humedad del 80%, durante un periodo de tiempo de 21 días. Uso de razas cebú como Nellore y cruces con no más del 25% de ganado *Bos indicus* que provienen de sistemas intensivos y en fase de crecimiento (hasta 36 meses). Dependiendo del país que se lleve a cabo, se hace uso de razas taurinas como: Hereford, Angus, o Simmental.

El tiempo de almacenamiento de 21 días, se escogió debido a que múltiples autores muestra que existe una mejora muy significativa en cuanto a sus rasgos de calidad, tomando en cuenta los cortes utilizados (Smith *et al.* 2008). Así mismo, se obtendrán menos perdidas por peso y recortes, debido a que las pérdidas son mayores entre más tiempo se deja madurar la carne (Dashdorj *et al.* 2016). Los rangos de temperatura con mejores resultados se encuentran entre los 2 ± 2 °C, ya que en temperaturas superiores puede generar problemas con microorganismo (USMEF 2014). Para el flujo de aire se escogió un rango intermedio, para evitar pérdida de peso y crecimiento microbiano. Al combinar estos factores se garantiza la calidad del proceso (Kim *et al.* 2019b; Ahnström *et al.* 2006; Smith *et al.* 2008; DeGeer *et al.* 2009). Para llevarlo a cabo, también será necesario realizar monitoreos constantes para evitar variación en los parámetros establecidos, y de esta manera obtener un resultado positivo de mejoramiento.

La raza es un factor importante para desarrollar este proceso, por lo que es importante conocer la presencia de estas en Centroamérica. En esta región de América, se cuenta mayormente con animales cebú (*Bos indicus*). Debido a que no todas las razas responden de la misma manera, las razas propuestas para Centroamérica y que presentan resultados positivos a la maduración son: Nellore, Brahman, Angus, Simmental y Hereford. En el caso de Brahman y Nellore, se recomienda utilizar animales que se encuentran en sistemas intensivos y en fase de crecimiento, ya que bajo estas condiciones tienden a tener mejor respuesta a la maduración (Chardulo *et al.* 2013).

Al seleccionar la raza correcta, es necesario utilizar el corte adecuado para el proceso de maduración. Razón por la cual, se seleccionaron los músculos: *Longissimus dorsi* (LD), *Gluteus medius* (GM), *Longissimus lumborum* (LL) y *Psoas major* (PM). De acuerdo con Maggioni *et al.* (2012), los músculos LD y GM presentan resultados positivos después del proceso, ya que mejora su terneza y sabor. También se tiene referencia del estudio de Nair *et al.* (2019), el cual muestra que los músculos LL y PM presentan una mejora en la terneza a los 21 y 7 días respectivamente.

La razón principal por la que se propuso el método de maduración seca se debe a que el objetivo del proceso es mejorar los grados de calidad percibidos por el consumidor., este método nos permite cumplir con el objetivo, ya que es altamente aceptado por los consumidores. El producto de este proceso es un corte con sabor carnoso, nuez, tostado, lo cual es valorado por el consumidor, mientras que la maduración en tiempo prolongados de maduración produce sabores sanguinolentos y metálicos (Campbell *et al.* 2001; Khan *et al.* 2016). La terneza es el factor más importante de calidad percibido por el consumidor y de acuerdo con el estudio de Kim *et al.* (2019), nos muestra

que la carne madurada en seco presenta una mayor sensibilidad y digestibilidad que la maduración húmeda.

La segunda razón de selección es el mercado. Centroamérica es un mercado con poco conocimiento de las características de calidad de la carne, valor en la dieta, los cortes y sus usos. Pero existe un pequeño nicho, con consumidores de altos ingresos y demanda de productos de calidad (Blandino 2005). En Centroamérica este mercado es reducido, pero exigen altos estándares de calidad, buscando experiencias satisfactorias. La carne madurada ofrece este tipo de experiencias y estándares de calidad de acuerdo con la investigación.

Por último, se realizó un árbol de decisiones, tomando en cuenta la información obtenida de toda la literatura consultada, con el fin de tener un método para poder seleccionar a los animales que pueden utilizarse para el proceso de maduración. Este árbol de decisiones toma en cuenta tres aspectos: edad, raza y pH a las 24 horas después de la cosecha.

4. CONCLUSIONES

- Se determinó que los factores con mayor impacto en el proceso de maduración son: la raza, pH, actividad enzimática, grasa intramuscular, temperatura, humedad, flujo de aire y tiempo de maduración.
- Existen estudios científicos limitados sobre el uso de la práctica a nivel industrial en diferentes continentes, sin embargo, se determinó que las carnicerías especializadas son los mayores proveedores de este producto, en los diferentes continentes.
- Se propone el proceso de maduración seca para una industria a media escala en Centroamérica.

5. RECOMENDACIONES

- Desarrollar una experimentación de la metodología propuesta para conocer sus resultados.
- Realizar una evaluación de análisis de costos.
- Investigar los aspectos microbiológicos en los métodos de maduración.

6. LITERATURA CITADA

- Adcock LA, Sawyer JT, Lambert BD, Jones TN, Ball JJ, Wyatt RP, Jackson J. 2015. Aging implications on fresh muscle traits of Certified Angus Beef steaks. *J Anim Sci.* 93(12):5863–5872. eng. doi:10.2527/jas.2015-9300.
- Adeyemi KD, Sazili AQ. 2014. Efficacy of Carcass Electrical Stimulation in Meat Quality Enhancement: A Review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 27(3):447–456. eng. doi:10.5713/ajas.2013.13463.
- Ahnström ML, Seyfert M, Hunt MC, Johnson DE. 2006. Dry aging of beef in a bag highly permeable to water vapour. *Meat Sci.* 73(4):674–679. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2006.03.006.
- Alfaro O, Ducca E, Solano O, Zumbado C. 2017. Caracterización y plan acción para el desarrollo de la agrocadena de Ganado Bovino en la región Huetar Norte. Costa Rica: MAG. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/ac-ganaderia-rhn-2007.pdf>.
- Baird B. 2008. Dry aging enhances palatability of beef. NCBA. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 25 de julio de 2020]. <https://www.beefresearch.org/cmdocs/beefresearch/dry%20Aging%20of%20beef.pdf>.
- Bekhit AE-DA, Carne A, Ha M, Franks P. 2014a. Physical Interventions to Manipulate Texture and Tenderness of Fresh Meat: A Review. *International Journal of Food Properties.* 17(2):433–453. doi:10.1080/10942912.2011.642442.
- Bekhit AA, Hopkins DL, Geesink G, Bekhit AA, Franks P. 2014b. Exogenous proteases for meat tenderization. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 54(8):1012–1031. eng. doi:10.1080/10408398.2011.623247.
- Bianchini W, Silveira AC, Jorge AM, Arrigoni MDB, Martins CL, Rodrigues É, Hadlich JC, Andrighetto C. 2007. Efeito do grupo genético sobre as características de carcaça e maciez da carne fresca e maturada de bovinos superprecoces. *R. Bras. Zootec.* 36(6 suppl):2109–2117. doi:10.1590/S1516-35982007000900022.
- Blandino J. 2005. La Industria de la Carne Bovina en Centroamérica: Situación y Perspectivas. Pomareda F, Ugalde M, editores. Costa Rica
- Bunmee T, Jaturasitha S, Kreuzer M, Wicke M. 2014. Can calcium chloride injection facilitate the ageing-derived improvement in the quality of meat from culled dairy cows? *Meat Science.* 96(4):1440–1445. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.11.002.
- Calkins CR, Sullivan Gary. 2007. Ranking of Beef Muscles for Tenderness. [United States]: University of Nebraska. [consultado el 6 de julio del 2020]. <https://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/Ranking%20of%20Beef%20Muscles%20for%20Tenderness.pdf>.
- Campbell RE, Hunt MC, Levis P, Chambers E. 2001. Dry-Aging Effects on Palatability of Beef Longissimus Muscle. *J Food Science.* 66(2):196–199. doi:10.1111/j.1365-2621.2001.tb11315.x.

- CentralAmericaData. 2020. Carne de res: Mercado regional crece 4%. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 20 de julio de 2020]. https://www.centralamericadata.com/es/article/home/Carne_de_res_Mercado_regional_crece_4.
- Chardulo LAL, Silveira AC, Vianello F. 2013. Analytical Aspects for Tropical Meat Quality Assessment. Springer. 53–62. doi:10.1007/978-3-7091-1640-1_4.
- Cho S, Kang S-M, Kim Y-S, Kim Y-C, van Ba H, Seo H-W, Lee E-M, Seong P-N, Kim J-H. 2018. Comparison of Drying Yield, Meat Quality, Oxidation Stability and Sensory Properties of Bone-in Shell Loin Cut by Different Dry-aging Conditions. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 38(6):1131–1143. eng. doi:10.5851/kosfa.2018.e52.
- Cho SH, Kim J, Park BY, Seong PN, Kang GH, Kim JH, Jung SG, Im SK, Kim DH. 2010. Assessment of meat quality properties and development of a palatability prediction model for Korean Hanwoo steer beef. *Meat Science.* 86(1):236–242. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.05.011.
- Colle MJ, Richard RP, Killinger KM, Bohlscheid JC, Gray AR, Loucks WI, Day RN, Cochran AS, Nasados JA, Doumit ME. 2015. Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the gluteus medius and longissimus lumborum. *Meat Science.* 110:32–39. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2015.06.013.
- Colle MJ, Richard RP, Killinger KM, Bohlscheid JC, Gray AR, Loucks WI, Day RN, Cochran AS, Nasados JA, Doumit ME. 2016. Influence of extended aging on beef quality characteristics and sensory perception of steaks from the biceps femoris and semimembranosus. *Meat Science.* 119:110–117. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2016.04.028.
- Condón J. 2019. Tendencias de la carne roja de la feria de alimentos más grande del mundo. Beefcentral. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 15 de junio de 2020]. <https://www.beefcentral.com/news/anuga-red-meat-trends-from-the-worlds-biggest-food-trade-show-photos/>
- Cornish R. 2018. Aged Australian beef is raising the steaks. Australian: [Editor desconocido]; [consultado 12 de agosto de 2020]. <https://www.goodfood.com.au/eat-out/news/aged-australian-beef-is-raising-the-steaks-20180905-h14zbf>.
- Dashdorj D, Amna T, Hwang I. 2015. Influence of specific taste-active components on meat flavor as affected by intrinsic and extrinsic factors: an overview. *Eur Food Res Technol.* 241(2):157–171. doi:10.1007/s00217-015-2449-3.
- Dashdorj D, Kumar V, Cho S, Kim Y, Hwang I. 2016. Dry aging of beef; Review. *J Anim Sci Technol.* 58(1):1–11. En;en. doi:10.1186/s40781-016-0101-9.
- De Faria G de, Gomes CL, Battaglia CT, Pacheco MTB, da Silva VSN, Rodas-González A, Pflanzner SB. 2019. Effects of combined wet- and dry-aging techniques on the physicochemical and sensory attributes of beef ribeye steaks from grain-fed crossbred Zebu steers. *Can. J. Anim. Sci.* 99(3):497–504. doi:10.1139/cjas-2018-0127.
- DeGeer SL, Hunt MC, Bratcher CL, Crozier-Dodson BA, Johnson DE, Stika JF. 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. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2009.08.017.

- Dikeman ME. 1995. Carcass Composition and Quality of Finished Crossbred Brahman 4 cattle. Arkansas Agric. Exp. Sta. Special Rep. No. 167. pp 77-88.
- Dikeman ME, 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(2):228–233. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.02.002.
- Diles JJ, Miller MF, Owen BL. 1994. Calcium chloride concentration, injection time, and aging period effects on tenderness, sensory, and retail color attributes of loin steaks from mature cows. J Anim Sci. 72(8):2017–2021. eng. doi:10.2527/1994.7282017x.
- Drovers. 2011. USMEF, Oklahoma State collaborate on dry-aging beef study; [consultado 26 de jul. de 2020]. <https://www.drovers.com/article/usmef-oklahoma-state-collaborate-dry-aging-beef-study>.
- EL UNIVERSO. 2019. Ecuador busca duplicar la exportación de cacao al 2030. Ecuador: [Editor desconocido]; [consultado 10 de septiembre de 2020]. <https://www.eluniverso.com/noticias/2019/06/17/nota/7382016/ecuador-busca-duplicar-exportacion-cacao-2030-1500-millones-2030>.
- ENVAPACK. 2015. El Empaque al Vacío. ENVAPACK. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 6 de julio de 2020]. <https://www.envapack.com/2015/01/221/>
- Espinoza JA, Urbina EB. 2016. Buenas Prácticas Pecuarias del Ganado Bovino en Nicaragua: Incidencia de las Buenas Prácticas Pecuarias en la Producción de leche en el municipio de Santo Tomas, departamento de Chontales (2013-2015). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. [consultado 25 de junio de 2020]. <https://repositorio.unan.edu.ni/2826/7/17005.pdf>.
- Farias JS, Macedo FAF, Santos GR, Barbosa LT, Gomes LC, Barbosa AAT, Kechuana AG, Mora NH. 2019. Sensory characteristics of Musculus longissimus thoracis et lumborum of bovine Nellore adult matured. Food Sci. Technol. 39(2):372–377. doi:10.1590/fst.31217.
- Faridnia F, Ma QL, Bremer PJ, Burritt DJ, Hamid N, Oey I. 2015. Effect of freezing as pre-treatment prior to pulsed electric field processing on quality traits of beef muscles. Innovative Food Science & Emerging Technologies. 29:31–40. doi:10.1016/j.ifset.2014.09.007.
- Farmer LJ, Farrell DT. 2018. Review: Beef-eating quality: a European journey. Animal. 12(11):2424–2433. eng. doi:10.1017/S1751731118001672.
- Felício PE, Pflanzler S. 2018. Maturação da Carne Bovina. Revista Bovinos. 12:42–48. https://www.researchgate.net/publication/328149519_Maturacao_da_Carne_Bovina.
- Ferreira FM, Bernardo APS, Gomes CL, Pflanzler SB. 2018. Effect of Aging Temperature on the Physicochemical Quality of Dry- And Wet-Aged Beef. Meat and Muscle Biology. 2(2):121. doi:10.22175/rmc2018.108.
- [FAO] Food and Agricultura Organization. 2004. Evaluación de la situación de la biodiversidad pecuaria de honduras. <http://www.fao.org/3/a1250e/annexes/CountryReports/Honduras.pdf>.

- Foodandsens. 2019. LA VIANDE MATURÉE, EST DEVENU UNE MODE, MAIS BEAUCOUP DE GENS QUI EN PARLENT NE SAVENT PAS VRAIMENT DE QUOI IL S'AGIT. <http://foodandsens.com/non-classe/la-viande-maturee-est-devenu-une-mode-mais-beaucoup-de-gens-qui-en-parlent-ne-savent-pas-vraiment-de-quoi-il-sagit/>.
- Garmyn AJ, Brooks JC, Hodgen JM, Nichols WT, Hutcheson JP, Rathmann RJ, Miller MF. 2014. Comparative effects of supplementing beef steers with zilpaterol hydrochloride, ractopamine hydrochloride, or no beta agonist on strip loin composition, raw and cooked color properties, shear force, and consumer assessment of steaks aged for fourteen or twenty-one days postmortem. *J Anim Sci.* 92(8):3670–3684. eng. doi:10.2527/jas.2014-7840.
- Geesink GH, Taylor RG, Bekhit AED, Bickerstaffe R. 2001. Evidence against the non-enzymatic calcium theory of tenderization. *Meat Science.* 59(4):417–422. doi:10.1016/S0309-1740(01)00097-3.
- Geesink GH, Kuchay S, Chishti AH, Koohmaraie M. 2006. Micro-calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *J Anim Sci.* 84(10):2834–2840. eng. doi:10.2527/jas.2006-122.
- GreenPak. 2014. Bolsa de vacío de alta barrera para carne. China: [consultado 6 de julio de 2020]. <http://m.gflexpak.com/vacuum-pouches/high-barrier-vacuum-pouches/high-barrier-vacuum-pouch-for-meat-10-12.html>.
- GreenPak. 2014. Bolsa de vacío de alta barrera para carne. China: GreenPak. <http://m.gflexpak.com/vacuum-pouches/250-x-350mm-3-side-seal-vacuum-pouch.html>.
- Gruber SL, Tatum JD, Scanga JA, Chapman PL, Smith GC, Belk KE. 2006. Effects of postmortem aging and USDA quality grade on Warner-Bratzler shear force values of seventeen individual beef muscles. *J Anim Sci.* 84(12):3387–3396. eng. doi:10.2527/jas.2006-194.
- Guerrero G, J.L. 2001. Bioquímica y Tecnología de la carne. Editado por Universidad de Almería, Servicio de publicaciones. Almería, España. 176p.
- Hanagasaki T, Asato N. 2018. Changes in free amino acids and hardness in round of Okinawan delivered cow beef during dry- and wet-aging processes. *J Anim Sci Technol.* 60:23. eng. doi:10.1186/s40781-018-0180-x.
- Hergenreder JE, Hosch JJ, Varnold KA, Haack AL, Senaratne LS, Pokharel S, Beauchamp C, Lobaugh B, Calkins CR. 2013. The effects of freezing and thawing rates on tenderness, sensory quality, and retail display of beef subprimals. *J Anim Sci.* 91(1):483–490. eng. doi:10.2527/jas.2012-5223.
- Huerta L, Nelson O, Smith R, Gary C. 2004. Effect of vacuum aging and influence of sire on palatability of beef longissimus from grass-fed fl senepol x sebu bulls. [Revista científica de veterinaria XIV]. Vol. 14. Maracaibo, Venezuela: Universidad de Zulia.
- Hulánková R, Kameník J, Saláková A, Závodský D, Borilova G. 2018. The effect of dry aging on instrumental, chemical and microbiological parameters of organic beef loin muscle. *LWT.* 89:559–565. doi: 10.1016/j.lwt.2017.11.014.

- Jaramillo A. 2016. Efecto de dos métodos de maduración en las características físicas, microbiológicas y sensoriales del músculo *Longissimus dorsi* de res [Tesis de pregrado]. Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.
- Joo ST, Kim GD, Hwang YH, Ryu YC. 2013. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*. 95(4):828–836. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.04.044.
- Khan MI, Jung S, Nam KC, Jo C. 2016. Postmortem Aging of Beef with a Special Reference to the Dry Aging. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 36(2):159–169. eng. doi:10.5851/kosfa.2016.36.2.159.
- Kelly M. 2019. Dry-aged beef from 12-year-old cows a tender hit with high-end chefs. Australia: [consultado 6 de julio de 2020]. ABC NEWS. <https://www.abc.net.au/news/2019-08-31/dry-aged-vintage-beef-a-tender-hit-with-chefs-and-restaurants/11456198>.
- Kemp CM, Sensky PL, Bardsley RG, Buttery PJ, Parr T. 2010. Tenderness--an enzymatic view. *Meat Science*. 84(2):248–256. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2009.06.008.
- Kim YHB, Kemp R, Samuelsson LM. 2016. Effects of dry-aging on meat quality attributes and metabolite profiles of beef loins. *Meat Science*. 111:168–176. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2015.09.008.
- Kim J-H, Kim T-K, Shin D-M, Kim H-W, Kim Y-B, Choi Y-S. 2019a. Comparative effects of dry-aging and wet-aging on physicochemical properties and digestibility of Hanwoo beef. *Asian-Australas J Anim Sci*. 33(3):501–505. eng. doi:10.5713/ajas.19.0031.
- Kim S, Lee HJ, Kim M, Yoon JW, Shin DJ, Jo C. 2019b. Storage Stability of Vacuum-packaged Dry-aged Beef during Refrigeration at 4°C. *Food Sci Anim Resour*. 39(2):266–275. eng. doi:10.5851/kosfa.2019.e21.
- King DA, Voges KL, Hale DS, Waldron DF, Taylor CA, Savell JW. 2004. High voltage electrical stimulation enhances muscle tenderness, increases aging response, and improves muscle color from cabrito carcasses. *Meat Science*. 68(4):529–535. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2004.05.003.
- Koutsidis G, Elmore JS, Oruna-Concha MJ, Campo MM, Wood JD, Mottram DS. 2008. Water-soluble precursors of beef flavour. Part II: Effect of post-mortem conditioning. *Meat Science*. 79(2):270–277. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2007.09.010.
- Koohmaraie M. 1992. The role of Ca (2+)-dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie*. 74(3):239–245. eng. doi:10.1016/0300-9084(92)90122-u.
- Koohmaraie M, Geesink GH. 2006. Contribution of postmortem muscle biochemistry to the delivery of consistent meat quality with particular focus on the calpain system. *Meat Science*. 74(1):34–43. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2006.04.025.
- Harris SE, Huff-Lonergan E, Lonergan SM, Jones WR, Rankins D. 2001. Antioxidant status affects color stability and tenderness of calcium chloride-injected beef. *J Anim Sci*. 79(3):666–677. eng. doi:10.2527/2001.793666x.

- Hocquette J-F, Ellies-Oury M-P, Lherm M, Pineau C, Deblitz C, Farmer L. 2018. Current situation and future prospects for beef production in Europe - A review. *Asian-Australas J Anim Sci.* 31(7):1017–1035. eng. doi:10.5713/ajas.18.0196.
- Hocquette JF, Gondret F, Baéza E, Médale F, Jurie C, Pethick DW. 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal.* 4(2):303–319. eng. doi:10.1017/S1751731109991091.
- Holloway JW, Wu J. 2019. Red meat science and production. Volume 2, Intrinsic meat character. Singapore: Springer. ISBN: 9789811378591.
- Laster MA, Smith RD, Nicholson KL, Nicholson JDW, Miller RK, Griffin DB, Harris KB, Savell JW. 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(3):795–804. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2008.03.024.
- Laxen J. 2016. The dish on Rare Italian's dry-aged beef. Italy: [Editor desconocido]; [consultado 16 de agosto de 2020]. <https://www.coloradoan.com/story/life/food/2016/04/19/dish-rare-italians-dry-aged-beef/82938808/>.
- Lee HJ, Yoon JW, 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. *Meat Science.* 153:152–158. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2019.03.019.
- Lee HJ, Choe J, Yoon JW, Kim S, Oh H, Yoon Y, Jo C. 2018. Determination of Salable Shelf-life for Wrap-packaged Dry-aged Beef during Cold Storage. *Korean J Food Sci Anim Resour.* 38(2):251–258. eng. doi:10.5851/kosfa.2018.38.2.251.
- Lepper-Bllilie AN, Berg EP, Buchanan DS, Berg PT. 2016. Effects of post-mortem aging time and type of aging on palatability of low marbled beef loins. *Meat Science.* 112:63–68. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2015.10.017.
- Li X, Babol J, Bredie WLP, 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 Sci.* 97(4):433–442. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2014.03.014.
- Li X, Babol J, Wallby A, Lundström K. 2013. Meat quality, microbiological status and consumer preference of beef gluteus medius aged in a dry ageing bag or vacuum. *Meat Science.* 95(2):229–234. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.05.009.
- [MAGA] Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 2004. Informe sobre la situación de los recursos zogenéticos de guatemala. Guatemala: [Editor desconocido]; [consultado 28 de agosto de 2020]. <http://www.fao.org/3/a1250e/annexes/CountryReports/Guatemala.pdf>.
- Maggioni D, Prado IN, Zawadzki F, Valero MV, Marques JdA, Bridi AM, Moletta JL, Abrahao JJs. 2012. Grupos genéticos e graus de acabamento sobre qualidade da carne de bovinos. *Sem. Ci. Agr.* 33(1):391–402. doi:10.5433/1679-0359.2012v33n1p391.
- Maltin C, Balcerzak D, Tilley R, Delday M. 2003. Determinants of meat quality: tenderness. *Proc Nutr Soc.* 62(2):337–347. eng. doi:10.1079/pns2003248.

- Martínez E. 2017. Mejorando la terneza de la carne de ganado bovino: improvement the beef tenderness. *Revista veterinaria*. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 22 de julio de 2020]. <https://www.researchgate.net/publication/302026531>.
- Martiz G, Vergara LK. 2004. Caracterización de la Actividad Ganadera en las Subcuencas de Los Hules-Tinajones y Caño Quebrado: Implementado con la Asistencia Técnica de la AED bajo contrato con la USAID No. LAG-1-00-01-00005-00. Panamá: Comisión Interinstitucional de la Cuenca Hidrográfica del Canal. <https://www.jica.go.jp/project/spanish/panama/2515031E0/data/pdf/2-04.pdf>.
- [MLA] Meat and Livestock Australia. 2018. Dry ageing (improving eating quality, food safety and usage of novel technology). Australia: [Editor desconocido]; [consultado 8 de agosto de 2020]. <https://www.mla.com.au/research-and-development/search-rd-reports/final-report-details/Develop-New-Products/Dry-ageing-improving-eating-quality-food-safety-and-usage-of-novel-technology/3220>.
- Matthews K. 2010. Comparison of three methods of packaging for the ageing / maturation of beef (dry ageing, ageing in a permeable vacuum pack and standard vacuum packaging) Report prepared by Kim Matthews EBLEX (A division of the Agriculture and Horticulture Development. :1–23.
- Nair MN, Canto ACVCS, Rentfrow G, Suman SP. 2019. Muscle-specific effect of aging on beef tenderness. *LWT*. 100:250–252. doi:10.1016/j.lwt.2018.10.038.
- Nazli B, Cetin O, Bingol E, Kahraman T, Ergun O. 2010. Effects of high voltage electrical stimulation on meat quality of beef carcasses. *J Anim Vet Adv*. 9:556–560
- Nowak D. 2011. Enzymes in Tenderization of Meat – The System of Calpains and Other Systems. *Pol. J. Food Nutr. Sci*. 61(4):231–237. doi:10.2478/v10222-011-0025-5.
- Obuz E, Akkaya L, Gök V, Dikeman ME. 2014. Effects of blade tenderization, aging method and aging time on meat quality characteristics of Longissimus lumborum steaks from cull Holstein cows. *Meat Science*. 96(3):1227–1232. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.11.015.
- O'Connor SF, Tatum JD, Wulf DM, Green RD, Smith GC. 1997. Genetic effects on beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. *R. Bras. Zootec*. 75(7):1822–1830. eng. doi:10.2527/1997.7571822x.
- Oliván C, Sierra V, García P. 2013. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. *Tecnología Agroalimentaria. Boletín informativo de SERIDA N12*. 45-52 p.
- Pérez J, Vitale M, Lloret E, Armau J, Realini C. 2011. Efecto de la maduración en la vida útil de la carne de vacuno envasada en atmósfera modificada. *Eurocarne*. (198). [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 28 de julio de 2020]. https://www.researchgate.net/profile/Mauro_Vitale/publication/270586076_Efecto_de_la_maduracion_en_la_vida_util_de_la_carne_de_vacuno_envasada_en_atmosfera_modificada/links/54afb0ee0cf2b48e8ed68323/Efecto-de-la-maduracion-en-la-vida-util-de-la-carne-de-vacuno-envasada-en-atmosfera-modificada.pdf

- Pereyra M. 2018. CARNES MADURADAS: LA MODA MILENARIA: de qué se trata esta técnica de estacionamiento de carnes que gana cada vez más adeptos y es practicada en numerosos restaurantes de la ciudad y el país. Argentina. Argentina: [Editor desconocido]; [consultado 22 de agosto de 2020]. <http://cuisine.com.ar/novedad/carnes-maduras-lamoda-milenaria.html#.X5kcLogzbIV>
- Perry N. 2012. Dry aging beef. *International Journal of Gastronomy and Food Science*. 1(1):78–80. doi:10.1016/j.ijgfs.2011.11.005.
- Pflanzer SB, Felício PE de. 2011. Moisture and fat content, marbling level and color of boneless rib cut from Nellore steers varying in maturity and fatness. *Meat Science*. 87(1):7–11. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.08.009.
- Petrović L, Grujić R, Petrović M. 1993. Definition of the optimal freezing rate-2. Investigation of the physico-chemical properties of beef *M. longissimus dorsi* frozen at different freezing rates. *Meat Science*. 33(3):319–331. eng. doi:10.1016/0309-1740(93)90004-2.
- Piao MY, Jo C, Kim HJ, Lee HJ, Kim HJ, Ko J-Y, Baik M. 2015. Comparison of Carcass and Sensory Traits and Free Amino Acid Contents among Quality Grades in Loin and Rump of Korean Cattle Steer. *Asian-Australas J Anim Sci*. 28(11):1629–1640. eng. doi:10.5713/ajas.15.0128.
- Quezada I. 2013. Maduración de la carne: mejora sustancial de calidad. Agrimundo. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 6 de agosto de 2020]. <https://odepa.gob.cl/bitstream/handle/20.500.12650/70092/Maduracion-carne-mejora-calidad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Sabaté J. 2016. La próxima moda culinaria para amantes de la carne. [sin lugar]: El diario. https://www.eldiario.es/consumoclaro/comer/carnes-maduracion-restaurantes-carnicerias-chuleton-barbacoa_1_4206262.html.
- Savell J. 2008. Dry Aging of beef. United States: [Editor desconocido]; [consultado el 28 de jul. de 2020]. <https://www.beefresearch.org/CMDocs/BeefResearch/Dry%20Aging%20of%20Beef.pdf>
- Scetar M, Kurek M, Galic K. 2010. Tendencias en el envasado de carnes y productos cárnicos: una review. Croatia: Universidad de Zagreb. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 12 de agosto de 2020]. https://www.researchgate.net/publication/210280229_Trends_in_meat_and_meat_products_packaging_-_a_review.
- Shi Y, Zhang W, Zhou G. 2020. Effects of Different Moisture-Permeable Packaging on the Quality of Aging Beef Compared with Wet Aging and Dry Aging. *Foods*. 9(5). eng. doi:10.3390/foods9050649.
- Simmons NJ, Daly CC, Cummings TL, Morgan SK, Johnson NV, Lombard A. 2008. Reassessing the principles of electrical stimulation. *Meat Science*. 80(1):110–122. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2008.05.006.
- Simonetti LR, Lage JF, Berchielli TT, Oliveira EA, Dallantonia EE, Delevatti LM. 2015. Aging time of five muscles from carcass of Nellore young bulls. *Acta Sci. Anim. Sci*. 37(4):397. scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1807-86722015000400397&lang=es. doi:10.4025/actascianimsci.v37i4.26503.

- Sinha B, Prasannan A. 2017. U.S. Dry Aging Beef Market - Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2014-2020. Allied Market reaserch. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 16 de agosto de 2020]. [https:// www.alliedmarketresearch.com / request/ 1892](https://www.alliedmarketresearch.com/request/1892)
- Smith AM, Harris KB, Griffin DB, Miller RK, Kerth CR, Savell JW. 2014. Retail yields and palatability evaluations of individual muscles from wet-aged and dry-aged beef ribeyes and top sirloin butts that were merchandised innovatively. *Meat Science*. 97(1):21–26. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.12.013.
- Smith RD, Nicholson KL, Nicholson JDW, Harris KB, Miller RK, Griffin DB, Savell JW. 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(4):631–639. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2007.10.028.
- Stenström H, Li X, Hunt MC, 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 Pt A):661–666. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2013.10.022.
- Stelzleni AM, Patten LE, Johnson DD, Calkins CR, Gwartney BL. 2007. Benchmarking carcass characteristics and muscles from commercially identified beef and dairy cull cow carcasses for Warner-Bratzler shear force and sensory attributes. *J Anim Sci*. 85(10):2631–2638. eng. doi:10.2527/jas.2006-794.
- Stetzer AJ, Tucker E, McKeith FK, Brewer MS. 2007. Quality changes in beef gluteus medius, infraspinatus, psoas major, rectus femoris, and teres major enhanced prior to aging. *J Food Sci*. 72(4):S242-6. eng. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00343.x.
- Sullivan GA, Calkins CR. 2010. Application of exogenous enzymes to beef muscle of high and low-connective tissue. *Meat Science*. 85(4):730–734. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.03.033.
- Sun Z, Yang F-w, Li X, Zhang C-h, Xie X-l. 2016. Effects of Freezing and Thawing Treatments on Beef Protein Secondary Structure Analyzed with ATR-FTIR. *Guang Pu Xue Yu Guang Pu Fen Xi*. 36(11):3542–3546. chi.
- Templier M, Paré G. 2015. A Framework for Guiding and Evaluating Literature Reviews. *CAIS*. 37. doi:10.17705/1CAIS.03706.
- [USDA] United State Departament of Agriculture. 2015. BEEF GRADING SHIELDS: Beef Grades. United States: [Editor desconocido]; [consultado 10 de agosto de 2020]. [https:// www.ams.usda.gov / grades-standards/ beef/ shields-and-marbling-pictures](https://www.ams.usda.gov/grades-standards/beef/shields-and-marbling-pictures).
- [USDA] United State Departament of Agriculture. 2014. Institutional meat purchase specifications: Fresh beef series 100. United States: [Editor desconocido]; [consultado 6 de agosto de 2020]. [https:// www.ams.usda.gov / sites/ default/ files/ media/ IMPS_ 100_ Fresh_ Beef%5B1%5D.pdf](https://www.ams.usda.gov/sites/default/files/media/IMPS_100_Fresh_Beef%5B1%5D.pdf).
- [USMEF] United State Meat Export Federation. 2013. Clasificación de la carne. Estados unidos: [Editor desconocido]; [consultado 6 de agosto de 2020]. [https:// www.usa-beef.org / es/ distribuidores/ calidad/](https://www.usa-beef.org/es/distribuidores/calidad/)

- [USMEF] United State Meat Export Federation. 2014. Guidelines for U.S. Dry-Aged Beef for International Markets. United States: [Editor desconocido]; [consultado 6 de agosto de 2020]. [https:// www.usmef.org / guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/](https://www.usmef.org/guidelines-for-u-s-dry-aged-beef-for-international-markets/)
- Utama DT, Kim YJ, Jeong HS, Kim J, Barido FH, Lee SK. 2019. Comparison of meat quality, fatty acid composition and aroma volatiles of dry-aged beef from Hanwoo cows slaughtered at 60 or 80 months old. *Asian-Australas J Anim Sci.* 33(1):157–165. eng. doi:10.5713/ajas.19.0205.
- Varela G, Beltrán B. 2001. La carne de vacuno en la alimentación humana. Madrid: Fundación Española de la Nutrición. 35 p. (Serie Divulgación; n. 16). ISBN: 84-930544-3-7.
- Vitale M. Maduración de la carne de vacuno: cómo se realiza y factores que la afectan. Interempresas. 2016. [Lugar desconocido]: [Editor desconocido]; [consultado 6 de agosto de 2020]. <https://www.interempresas.net/Industria-Carnica/Articulos/150611-Maduracion-de-la-carne-de-vacuno-como-se-realiza-y-factores-que-la-afectan.html>
- Warren KE, Kastner CL. 1992. A comparison of dry-aged and vacuum-aged beef strip loins. *J Muscle Foods.* 3(2):151–157. doi:10.1111/j.1745-4573.1992.tb00471.x.
- Whipple G, Koohmaraie M, Dikeman ME, Crouse JD, Hunt MC, Klemm RD. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *R. Bras. Zootec.* 68(9):2716–2728. eng. doi:10.2527/1990.6892716x.
- Wheeler TL, Koohmaraie M, Shackelford SD. 1997. Effect of postmortem injection time and postinjection aging time on the calcium-activated tenderization process in beef. *R. Bras. Zootec.* 75(10):2652–2660. eng. doi:10.2527/1997.75102652x.

7. ANEXO

Anexo 1. Árbol de decisiones para selección de ganado apto para maduración.

