

# Maduración de la carne de vacuno: cómo se realiza y factores que la afectan

Dr. Mauro Vitale, Programa de Calidad de Producto, IRTA 15/02/2016  
23278

Mejorar la terneza de la carne ha sido siempre un reto para toda la industria cárnica. La elevada variabilidad de la materia prima y los factores que pueden afectar la calidad del producto, tanto ante-mortem como post-mortem, condicionan la terneza final del producto y, por lo tanto, el nivel de satisfacción del consumidor. La maduración es un instrumento en muchos casos imprescindible para conseguir una carne de vacuno tierna y sabrosa aunque muchas veces se desconoce cómo actúa y cuáles son los factores que la afectan.

## ¿Cuál es el proceso cuyo desarrollo es clave para que la maduración tenga éxito?

Tras el sacrificio del animal cesa la circulación sanguínea, lo que conlleva una serie de cambios: cesa la aportación de oxígeno, cesa la regulación hormonal (disminuye la temperatura de la canal), cesa la regulación del sistema retículo endotelial y la capacidad de respuesta del organismo frente a una infección. Además, en ausencia de oxígeno no existen las condiciones de potencial de oxidación-reducción, que deben darse para que se lleven a cabo los procesos metabólicos típicos: los procesos aerobios. Ante este déficit de oxígeno comienza la glucólisis anaerobia, utilizando ATP y obteniéndose 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. La desnaturalización proteica favorece la exudación, es decir la liberación de agua, péptidos y aminoácidos. Las proteínas desnaturalizadas no son capaces de mantener el agua unida y esta exudación determinará las propiedades de jugosidad que tendrá la carne.



Finalmente, cuando se agotan las reservas de glucógeno, el sistema anaeróbico también fracasa y se produce la entrada y liberación masiva de calcio dentro de las fibras musculares, que es seguida por la contracción muscular progresiva que caracteriza el rigor mortis o rigidez cadavérica.

El pH final (medido cuando se ha establecido el rigor, en vacuno a las 24-30 horas post-mortem) constituye un indicador importante de la calidad final de la carne porque está relacionado con todos los parámetros tecnológicos y sensoriales que afectan al producto durante su vida útil. Por esta razón es importante que la medida se realice correctamente en músculos representativos de la canal.

Es importante recordar que:

- El lomo se considera un corte representativo de la canal porque alcanza el valor de pH final más rápido respecto a los otros cortes de la canal.
- Las fibras musculares que constituyen los diferentes cortes de la canal tienen metabolismos diferentes y la bajada del pH en cada corte viene condicionada por la presencia de una mayor cantidad de fibras oxidativas o glicolíticas.

Algunos músculos del cuarto trasero, por sus características metabólicas y por el tipo de trabajo que deben cumplir durante las interacciones entre animales, son más propensos a tener pH finales elevados.

A medida que el rigor mortis progresa, las reacciones enzimáticas de anaerobiosis que ocurren dentro de las fibras musculares acumulan de manera creciente ácido láctico (el agente causante de las agujetas en los músculos vivos sometidos a un esfuerzo excesivo) y el pH de su interior baja progresivamente desde 7,3-7,4, que es su valor normal en el vivo, hasta 5,5-6, según la especie animal y el músculo considerado.

### **¿Qué es la maduración?**

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. Buscando una definición más 'poética', se podría decir también que la maduración es el arte de crear carne excepcionalmente tierna mediante un proceso que utiliza las enzimas naturales de la carne que, con el tiempo, ablandan lentamente la carne y potencian su sabor.

En el proceso de maduración de la carne están implicados por lo menos dos tipos de mecanismos dependientes de la temperatura y que actúan sinérgicamente: son los sistemas enzimáticos y las modificaciones fisicoquímicas.

1. Los sistemas enzimáticos incluyen las caspasas, que son esenciales para facilitar la acción posterior de las calpaínas, los 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 del sacrificio, que serían esenciales para un proceso de ablandamiento de la carne satisfactorio.
2. Las modificaciones fisicoquímicas que sufre el músculo post mortem susceptibles de afectar al desarrollo de la maduración dependiendo del pH y -como consecuencia directa- de la capacidad de retención de agua del músculo.

### **¿Cuánto tiempo nos puede llevar?**

Es la 'pregunta del millón' porque realmente es difícil establecer un tiempo 'fijo' para cada pieza. Cuando hablamos de maduración, el tiempo mínimo necesario para cada corte está determinado por las formaciones progresivas de un aroma y un sabor que, llevadas al extremo, pueden llegar a ser tan desagradables como los de la putrefacción. Este aroma y

sabor provienen de la formación de moléculas volátiles. Las enzimas que se encuentran de forma natural en la carne degradan las proteínas del músculo, y lentamente, van debilitando la estructura de las fibras, lo que provoca un ablandamiento de la carne. Un período adecuado de maduración permite obtener la mejor ternera posible para cada especie y pieza. En el caso del vacuno, el tiempo necesario para alcanzar un grado de ternera óptimo puede variar significativamente en relación al corte o la categoría comercial.

| <b>Especie</b> | <b>Tiempo de maduración</b> |
|----------------|-----------------------------|
| <b>Vacuno</b>  | <b>1-2 semanas mínimo</b>   |
| <b>Ovino</b>   | <b>6-10 días</b>            |
| <b>Porcino</b> | <b>3-6 días</b>             |
| <b>Aves</b>    | <b>1-2 días</b>             |

Tabla 1. Tiempos mínimos de maduración recomendados para la carne de diferentes especies.

|                     | <b>Tiempo mínimo de maduración</b> | <b>Tiempo óptimo de maduración</b> | <b>Tiempo límite (¡putrefacción!)</b> |
|---------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| <b>Cat. Ternera</b> | <b>5-7d*</b>                       | <b>21d</b>                         | <b>No se aplica</b>                   |
| <b>Cat. Añejo</b>   | <b>7-14d*</b>                      | <b>21d</b>                         | <b>120-250d**</b>                     |
| <b>Cat. Buey</b>    | <b>7-14d*</b>                      | <b>21d</b>                         | <b>250-450d**</b>                     |
| <b>Cat. Vaca</b>    | <b>7-14d*</b>                      | <b>21d</b>                         | <b>250-450d**</b>                     |

Tabla 2. Tiempo de maduración recomendado para diferentes categorías comerciales de carne de vacuno (la variabilidad depende de las características de la materia prima).

\*= varía en función de genética, sexo y engrasamiento. Los machos castrados tienen la tendencia a acumular más grasa intramuscular respecto a los machos enteros de la misma genética (pues su carne necesita menos tiempo de maduración). El lomo y algunos cortes del cuarto trasero necesitan a menudo de un tiempo de maduración más corto (dureza inicial más baja).

\*\*= el tiempo límite de maduración puede ser muy variable y va en función de la genética, del sexo, de la edad y del estado de engrasamiento de la canal.

En el caso de tener animales muy conformados de aptitud cárnica y que presentan valores de dureza inicial inferiores a 5 kgf/cm<sup>2</sup> (medidos con un texturómetro, como por ejemplo animales de raza Limusina o Charolesa) no es necesario planificar un tiempo de maduración superior a 5-7 días desde el sacrificio del animal (sobre todo si se sacrifican animales de categoría añojo o superior).

### ¿Qué ocurre cuando se alcanza el tiempo óptimo de maduración?

Suponiendo que el proceso de resolución del rigor mortis se haya realizado de forma correcta, la literatura científica ya ha establecido que el proceso de digestión de los enlaces cruzados del colágeno se incrementa progresivamente desde el segundo día de la muerte del animal hasta transcurridos unos treinta días, momento en el que más del 90% de las posibles rupturas ya se han completado. A partir de entonces el ablandamiento de la carne en la mayoría de las canales, si es que se produce alguno, procede de la descomposición de otras proteínas, entre las que se encuentran la hemoglobina de la sangre, si el animal no ha sido bien desangrado, y la mioglobina, entre otros, ya que las fibras de colágeno son uno de los materiales más resistentes de la naturaleza y sólo pueden ser desnaturalizadas por el calor o la putrefacción bacteriana.

| Especie        | Días a 1 °C para alcanzar el 80% de la terneza máxima |
|----------------|---|
| <b>Bovino</b>  | <b>10</b>   |
| <b>Porcino</b> | <b>4,2</b>  |
| <b>Ovino</b>   | <b>7,7</b>  |
| <b>Aves</b>    | <b>8 horas</b>  |
| <b>Conejo</b>  | <b>9,5 horas</b>                                      |

Tabla 3. Tiempo de maduración a 1 °C para alcanzar el 80% de la terneza máxima

### ¿Con que métodos se puede madurar la carne de vacuno?

Tradicionalmente, la maduración se realiza manteniendo la canal entera, media canal o cuartos en cámaras frigoríficas. Todavía existe un mercado para la carne que ha sido madurada de esta manera, pero, como norma general, aquellos cortes que se van a picar o cortar en dados se separan en el plazo de una semana y sólo aquellos cortes de carne que se fríen, o se harán en la parrilla se someten a maduración durante más de siete días. No se necesita una preparación especial para madurar un corte de carne: se puede hacer con o sin hueso, en función del espacio disponible y del método utilizado.

Normalmente, se considera el lomo como el corte 'estrella' para una maduración medio-larga, en cuanto permite al mismo tiempo conseguir muy buenos resultados a nivel organoléptico (siempre i cuando tenga una cantidad de grasa subcutánea suficiente) y mantener un peso final aceptable (las mermas de maduración pueden variar mucho pero, durante los tiempos de maduración más largos, suponen una pérdida neta de más del 20% del peso inicial de la pieza).



Los dos métodos de maduración más conocidos que vamos a describir a continuación son: al vacío (en bolsas especiales para maduración) o en seco (en cámaras refrigeradas bajo condiciones específicas).

### La maduración al vacío

El envasado al vacío es una técnica que permite extraer todo el aire que rodea la pieza de carne con el objetivo de reducir o minimizar el crecimiento de bacterias aerobias y por tanto ralentizar el proceso de degradación por causas bacterianas. Pero no sólo se trata de un método de conservación de los alimentos in general y de las carnes, sino que también permite madurar las carnes, minimizando las mermas de proceso (la superficie no se reseca y las pérdidas de exudado son muy controladas). Es importante recordar que si lo que se quiere es madurar la carne al vacío, la temperatura no debe superar nunca los 3° C, y que el proceso de envasado debe hacerse al cabo de muy pocos días (idealmente a 48h) del sacrificio del animal. Pero la técnica de envasado al vacío, además, permite prolongar la vida útil de la carne, ya que la falta de oxígeno permite evitar la oxidación de las grasas y, por tanto, la aparición de olores y sabores no deseados.



Figura 1. Porción de lomo de vacuno envasada al vacío con bolsa retráctil.

El tiempo de duración de vida útil de la carne envasada al vacío dependerá de la temperatura en la que se almacene, pero también del tipo de material utilizado (bolsas multicapa, barrera al oxígeno, etc.) y de las condiciones de la materia prima (contaminación, oxidación...) antes de envasar.

En resumen, cuando maduramos cortes de carne al vacío debemos tener en cuenta los siguientes aspectos:

- No es necesario que la pieza tenga la grasa uniformemente distribuida.
- Se necesitan bolsas de alta barrera (evita el paso de oxígeno y humedad).
- Se controla el crecimiento microbiano por el desarrollo de bacterias lácticas.
- Necesitamos menos espacio de almacenamiento en relación a la maduración en seco.
- El control de la temperatura es muy importante (no es tan importante el control de la humedad).
- Mayor rendimiento porque hay menos pérdidas de peso (pieza envasada).

Es importante tener en cuenta que la maduración al vacío puede tener efectos no deseados sobre todo a partir de los 20-25 días de almacenamiento. Si por un lado se reducen las mermas que se pueden originar cuando se madura en seco, por el otro el contacto del exudado con la superficie de la carne favorece la formación de olores y gustos a sangre metálica que a menudo caracterizan los cortes madurados con este método.

Herramientas necesarias para realizar este tipo de maduración:

1. Bolsas de vacío con alta barrera (mejor si son retráctiles).
2. Una envasadora para hacer el vacío (de la medida adecuada).

### **La maduración en seco**

La maduración en seco consiste en dejar reposar la carne (canales enteras, cuartos o cortes) en cámaras frigoríficas durante un tiempo determinado. Es el proceso más sencillo desde el punto de vista tecnológico, en cuanto supone un ahorro importante a nivel de materiales y equipos para envasar. Lamentablemente, tiene algunos inconvenientes que pueden pesar significativamente del punto de vista económico:

1. Necesita espacio específico de almacenamiento: para realizar maduración en seco se necesita una vitrina o una cámara donde poder dejar las piezas varios días en condiciones controladas.
2. Supone unas mermas de proceso que pueden llegar hasta un 45% del peso del corte fresco.

Estos dos inconvenientes se pueden ver superados por los beneficios sensoriales que supone este método, en cuanto acaba (a medio-largo plazo) convirtiendo la carne en un producto totalmente diferente que, a nivel de aroma y gusto, se parece más a un producto curado que a un fresco. Estas características organolépticas muy peculiares de la carne madurada en seco dependen de muchos factores, algunos de ellos muy importantes para conseguir el producto deseado:

- Características del corte/pieza: peso inicial, cantidad y calidad tanto de la grasa subcutánea como de la inter y intramuscular.
- Condiciones de maduración (temperatura y humedad relativa): el grado de mejora de la ternura durante la maduración se relaciona con la temperatura. Cuanto más elevada es la temperatura, más rápidos son los cambios de la carne.

Sin embargo, las temperaturas más altas también promueven el crecimiento bacteriano, por lo que la maduración se realiza generalmente a una temperatura tan baja como sea posible, sin llegar a congelar la carne.



*Figura 2. Lomo de vacuno (categoría vaca) madurado en seco durante 60 días. La carne empieza a congelar a  $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , por lo tanto:*

- La temperatura ideal para una maduración a largo plazo es de  $-0.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Normalmente se utiliza una temperatura de  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  para maduraciones de más de 100 días.
- Si el producto se madura solo durante 1-2 semanas, se considera ideal una temperatura que esté entre  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

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

La humedad relativa (HR) del aire ejerce un papel importante en la maduración en seco.

- Una HR baja limitará el crecimiento microbiano, pero causará pérdidas de peso mayores por evaporación, la cual cosa aumentará las mermas.
- Se considera que un intervalo de humedad relativa ideal per madurar en seco debería situarse entre 65 y 85%.

Otras estrategias para el control del crecimiento microbiano, como por ejemplo los sistemas basados en la radiación ultravioleta (UV) y en la filtración del aire se consideran eficaces. La iluminación fluorescente normal de la cámara debería mantenerse apagada durante el día para evitar fluctuaciones de temperatura y reducir el grado de oxidación superficial de los cortes.

|                                      | Intervalo sugerido       | Qué ocurre si es demasiado alta                        | Qué ocurre si es demasiado baja                        |
|--------------------------------------|--------------------------|--|--|
| <b>Temperatura de almacenamiento</b> | 0-4°C                    | Crecimiento microbiano excesivo (formación de esporas) | La maduración no se desarrolla correctamente           |
| <b>Humedad relativa**</b>            | 65-85%<br>(muy variable) | Crecimiento microbiano excesivo (formación de esporas) | Pérdida de peso y mermas excesivas (+ evaporación)     |
| <b>Velocidad de l'aire</b>           | 0,5-2 m/s                | Pérdida de peso y mermas excesivas                     | Crecimiento microbiano excesivo (formación de esporas) |

*Tabla 4. Condiciones recomendadas para la maduración en seco.*

*\*\*= este parámetro depende del tipo de cámara, de las condiciones ambientales de almacenamiento de la carne y de la cantidad de producto almacenada.*