



“Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno”

MAMEN OLIVÁN GARCÍA. Área de Sistemas de Producción Animal. mcolivan@serida.org

VERÓNICA SIERRA SÁNCHEZ. Spectrapply. veronicasierra@spectrapply.com

PEPA GARCÍA ESPINA. Área de Sistemas de Producción Animal. mjgarcia@serida.org

Introducción

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, presenta unas características sensoriales excepcionales que la convierten en uno de los alimentos de origen animal mejor valorado por el consumidor.

En tiempos de crisis económica, como la actual, el mercado de la carne de va-

cuno se resiente, debido a la competencia con carnes más baratas, como la de pollo o cerdo. A esto debe añadirse la reciente alarma creada por la adición fraudulenta de carne de caballo en alimentos preparados con carne de vacuno, que ha contraído el mercado de la carne procesada (carne picada o hamburguesas) y los platos preparados (lasaña, canelones) (Europa Press, 19-4-2013).

A pesar de todo, existe un nicho de mercado importante para la carne de va-

cuno en general, y en particular para carnes que presenten una calidad diferenciada. En este sentido, hay que destacar la buena reputación que tiene la carne producida en el Principado de Asturias, especialmente la carne amparada por la Indicación Geográfica Protegida (IGP) "Ternera Asturiana", que se obtiene de terneros jóvenes (menores de 12 meses) o añejos (13 a 18 meses) de las dos razas bovinas autóctonas (Asturiana de los Valles y Asturiana de la Montaña). Este distintivo de calidad muestra un crecimiento continuado desde su creación en 2001, ocupando el segundo puesto en el mercado nacional de carnes de ternera con IGP, tanto por su nivel de producción (20.692 animales/año) como por el valor

económico total comercializado (25,90 millones de euros en 2012) (Barreiro, 2013).

Por otro lado, también existe un nivel alto de producción y una demanda creciente en el sector profesional y en el comercio minorista de carne de calidad "gourmet", también conocida como "premium" en el mercado europeo, obtenida de animales de mayor edad (vacuno mayor) y con alta calidad sensorial, que se caracteriza por su alto grado de ve-teado (grasa infiltrada), que aporta al producto una jugosidad y un sabor extraordinarios.

Existe, por tanto, un gran potencial para producir distintos tipos de carne de ternera con amplia variedad de características, en cuanto a color, sabor y textura, orientado a cubrir las expectativas de distintos tipos de consumidores. Lo fundamental, para conseguir la confianza y fidelidad de los mercados es mantener un nivel óptimo de calidad en cada producto. ¿Cuál es la clave para conseguirlo?

Pilares básicos para producir carne de máxima calidad

La obtención de una carne de vacuno de máxima calidad organoléptica se cimienta sobre tres pilares básicos:

- 1) Utilizar un sistema de cría adecuado para cada tipo de animal, que tenga en cuenta los distintos factores "*ante-mortem*" que influyen en la calidad del producto final, como son la raza, la genética, el sexo, la edad y la alimentación, y que afectarán a las propiedades finales de la carne, fundamentalmente a la composición química, color y terniza.
- 2) Realizar un manejo adecuado "*pre-mortem*" y "*peri-mortem*" del animal, es decir, desde que abandona la explotación ganadera para ser transportado hacia el matadero, hasta el momento del sacrificio y preparación de la canal. Es

↓
Canales de vacuno mayor en cámara de refrigeración.



importante evitar factores estresantes en el traslado y durante la espera en los corrales, antes del sacrificio, y asegurar un proceso rápido e higiénico de aturdimiento, sangrado, evisceración y desollado de la canal.

- 3) Realizar un manejo adecuado "post-mortem" de la canal, siendo fundamental una refrigeración adecuada del producto. El objetivo básico del enfriamiento de las canales es evitar la contaminación microbiana y por lo tanto mantener la calidad higiénico-sanitaria del alimento. Pero además, los efectos del enfriamiento sobre el metabolismo post-mortem del músculo son diversos y tienen gran influencia sobre la calidad final del producto.

Procesos que participan en la transformación del músculo vivo en carne para consumo

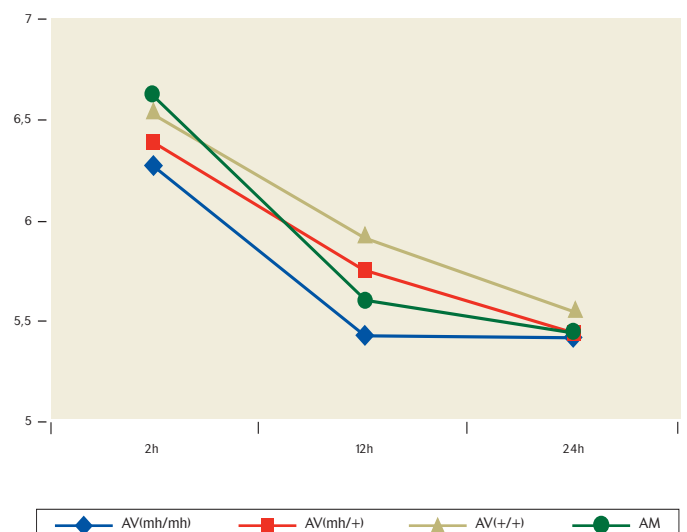
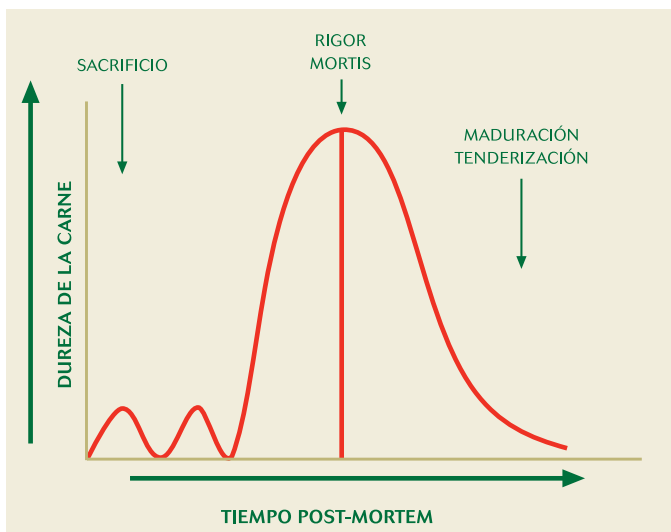
Es bien conocido que la carne de vacuno no se consume recién sacrificado el animal, sino que requiere de un periodo más o menos largo (varios días) de conservación en refrigeración (0-5°C) tras el sacrificio para que el producto adquiera las características organolépticas óptimas para su consumo.

El proceso de conversión del músculo en carne puede dividirse en tres fases (Sentandreu et al., 2002): la fase *pre-rigor* durante la cual el músculo permanece excitable; el *rigor*, momento en el que las reservas energéticas del músculo se agotan y se alcanza la rigidez máxima; y por último la fase *post-rigor*, periodo de maduración donde se produce el ablandamiento o tenderización de la carne por la acción de sistemas enzimáticos endógenos.

- **Fase pre-rigor:** Ocurre inmediatamente tras el sacrificio del animal, debido al corte de la circulación sanguínea causada por el sangrado. Este proceso hace que se interrumpa de forma abrupta la llegada de oxígeno y nutrientes a las células, lo que provoca un cambio en el metabolismo del músculo, que debe consumir sus reservas de glucógeno a través la glicólisis (ruta anaerobia, sin oxígeno). Esto provoca una acidificación (descenso del pH) del músculo, y una serie de cambios bioquímicos y estructurales que hacen que las fibras musculares pierdan su capacidad de contraerse y extenderse, y sufran un acortamiento sarcomérico (los sarcómeros son la unidad funcional de las fibras musculares y de ellos dependen los movimientos de contracción y relajación muscular), lo que da lugar a una tensión y rigidez muscular que conduce a la instauración del "rigor-mortis".

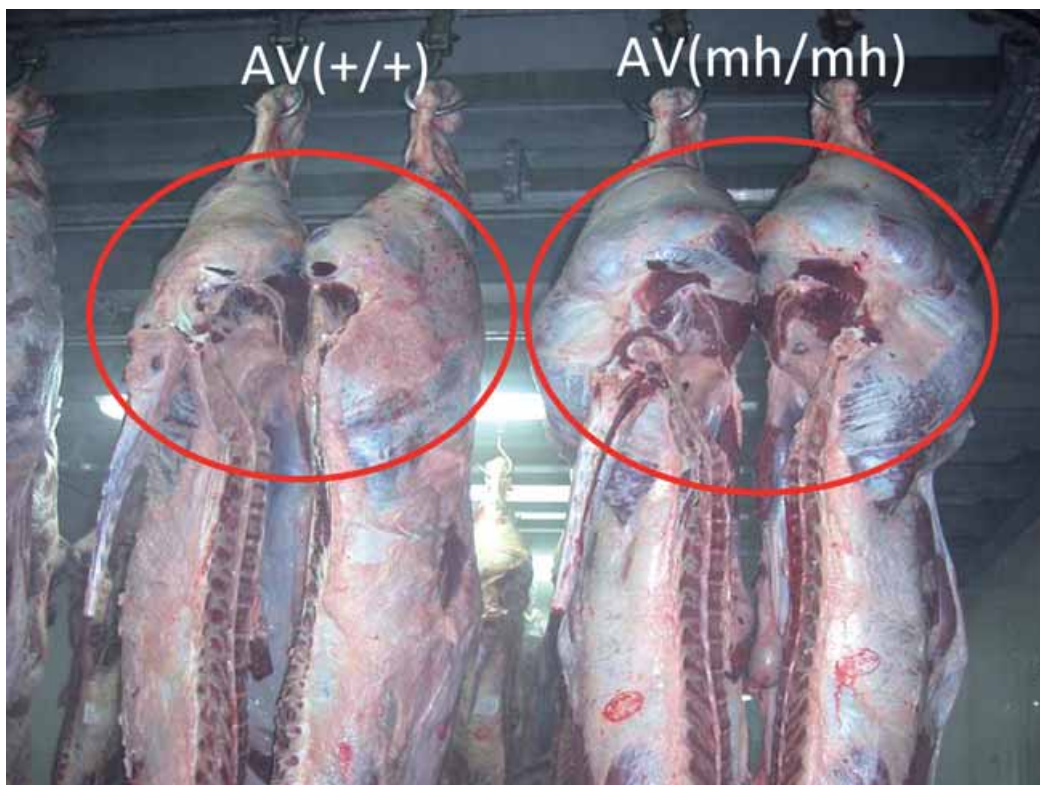
Figura 1.-Esquema que representa la evolución de la dureza de la carne, desde el sacrificio y a través de las distintas fases de transformación del músculo en carne.

Figura 2.-Evolución post-mortem del pH del músculo en carne de terneros añejos de distintos tipos genéticos de las razas bovinas asturianas: AV (mh/mh), AV (mh/+), AV (+/+) y AM (+/+).



→

Foto de dos canales de terneros añejos con distinto desarrollo muscular: a la izquierda canal de animal "no culón" (+/+) y a la derecha, canal de animal "culón" (mh/mh). Se observa el gran desarrollo muscular de la canal de culón en la pierna o "bola".



- **Rigor-mortis:** Es en este momento, cuando el músculo alcanza su grado máximo de inextensión muscular y aparece la rigidez cadavérica o "*rigor-mortis*," cuando la carne presenta su punto de dureza máximo (Figura 1) y también alcanza el pH final, debido al agotamiento de los recursos energéticos. El pH habrá descendido desde niveles próximos a 7 en el músculo vivo hasta niveles de 5,4-5,6 (Figura 2), que es el punto isoeléctrico de las proteínas musculares, lo que provoca su desnaturalización y la reducción de la capacidad de retención de agua tisular, los dos fenómenos causantes de exudación (pérdida de jugo de la carne).
- **Fase *post-rigor*: maduración o tenderización de la carne:** El proceso conocido como "**maduración**" de la carne, comprende una serie de cambios bioquímicos y estructurales que van transformando la arquitectura muscular y las características de la carne. Estos cambios se deben principalmente a la actuación de enzimas proteolíticos, que participan en la rotura de las proteínas estructurales del

tejido muscular y por tanto producen un ablandamiento de la carne conocido como "tenderización", así como a la actuación de determinados procesos oxidativos que inducen la aparición de sustancias que originan el aroma característico de la carne.

¿Qué cambios produce la maduración sobre las características organolépticas de la carne?

Durante la maduración se producen diversos cambios positivos sobre las características de la carne:

- Disminución de la dureza de la carne: la carne se vuelve más tierna.
- Desarrollo del aroma, el olor y el sabor característicos de la carne.
- Incremento de la jugosidad de la carne.

Estos cambios se tienen que llevar hasta un **punto óptimo donde la carne se ablande pero donde el aroma y sabor que tenga sigan siendo agradables y aceptables** por el consumidor final.

Los principales “enemigos” de un proceso de maduración adecuado de la carne son:

- Contaminación microbiológica: la presencia y proliferación de microorganismos en la carne depende básicamente de la contaminación inicial del producto (manipulación del animal vivo y el proceso de sacrificio y preparación de las canales), así como la evolución de la flora microbiológica, que depende de las condiciones de conservación (temperatura, oxígeno, etc...).
- La oxidación de la carne, que está relacionada con la cantidad de oxígeno, temperatura y luz a la que esté expuesta la carne durante la conservación *post-mortem*.

Importancia de la temperatura de refrigeración sobre la maduración de la carne

La temperatura del músculo durante las fases *pre-rigor* y *post-rigor* tiene un gran efecto en el metabolismo muscular *post-mortem*, ya que modula la velocidad de la glicolisis (modificando la actividad enzimática) lo cual afecta, a su vez, a la tasa de descenso de pH y a la velocidad de aparición del *rigor mortis* y del acortamiento sarcomérico, influyendo todo ello sobre la terneza final de la carne.

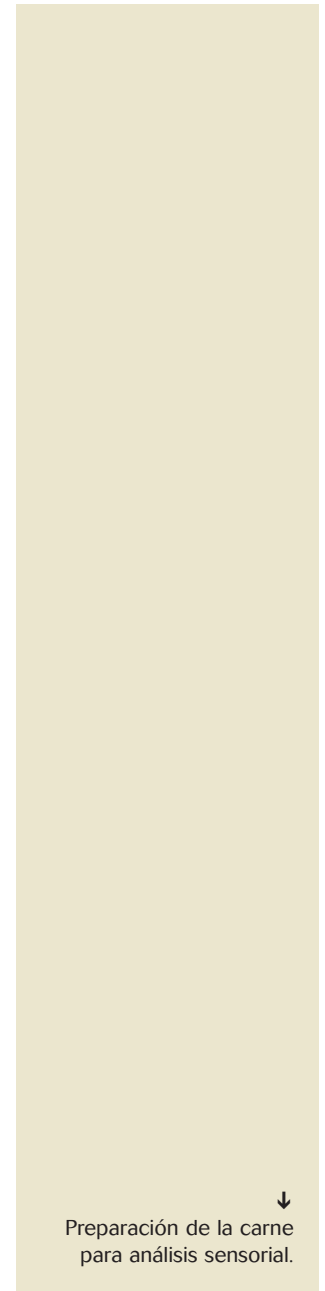
Se ha descrito que el menor grado de acortamiento o rigidez del músculo ocurre cuando el *rigor* tiene lugar a temperaturas entre 15-20 °C, si bien mantener a estas temperaturas las canales puede presentar problemas, relacionados sobre todo con los peligros microbiológicos. Pero también hay otra consideración importante a tener en cuenta, y es que la tasa de descenso de temperatura puede variar en los distintos músculos de la canal y en los distintos tipos de canal. Así, en canales grandes con gran cobertura grasa, se producirá un gradiente de temperatura entre los músculos más externos y los internos. Un problema similar puede encontrarse en las canales de animales con gran desarrollo muscular, como son

los bovinos que presentan la mutación genética que ocasiona hipertrofia muscular (“mh”, del inglés muscular hypertrophy), fenómeno conocido también como “gen culón”.

En ciertos casos, recurrir a temperaturas de enfriamiento muy bajas puede producir un oscurecimiento de las piezas más externas de la canal, sobre todo en las canales muy magras (con poca grasa). Esto se debe al acortamiento excesivo de los sarcómeros en la instauración del *rigor*, incentivado por el frío, así como a la desecación de la superficie del músculo por el contacto con el aire y la oxidación de la hemoglobina (pigmento que da color rojo a la carne), ocasionando problemas de “quemadura” por frío.

Una solución propuesta para obtener el máximo de calidad en canales grandes es el enfriamiento progresivo en distintas etapas, de modo que se someten durante un tiempo a una temperatura intermedia (10-15°C) hasta la instauración del *rigor*, para más tarde enfriar las canales hasta 4°C (López y Casp, 2004).

No obstante, también hay que evitar el problema contrario, es decir, un enfriamiento excesivamente lento en las zonas internas de la canal, por ejemplo, en los músculos internos de la “bola” o pierna, sobre todo en canales con gran desarrollo muscular o con metabolismo muy glicolítico. Esto puede ocasionar un funcionamiento inadecuado de los sistemas enzimáticos del músculo, produciendo un defecto conocido como

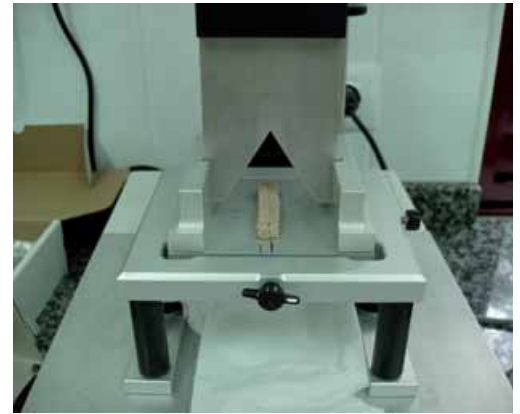


Preparación de la carne para análisis sensorial.



←
Análisis sensorial de carne en sala de catas con luz roja.

→
Análisis de la dureza de la carne con un texturómetro.



carne en “dos colores” o en “dos tonos” (llamada “two-toning” en inglés), en el que la superficie de la carne presenta zonas claras y oscuras en el mismo corte, lo que ocasiona un claro rechazo por el consumidor.

Es preciso recordar siempre que la tasa de enfriamiento del músculo influye de forma significativa sobre la actividad de los distintos sistemas enzimáticos que participan en la tenderización de la carne. Por ello, es preciso ajustar los procedimientos de enfriamiento para cada tipo de canal, con el fin de asegurar una maduración adecuada de cada producto.

Evolución *post-mortem* de la ternereza de la carne

La ternereza de la carne es sin duda, uno de los parámetros de calidad más importantes para el consumidor, incluso por encima del color o el sabor.

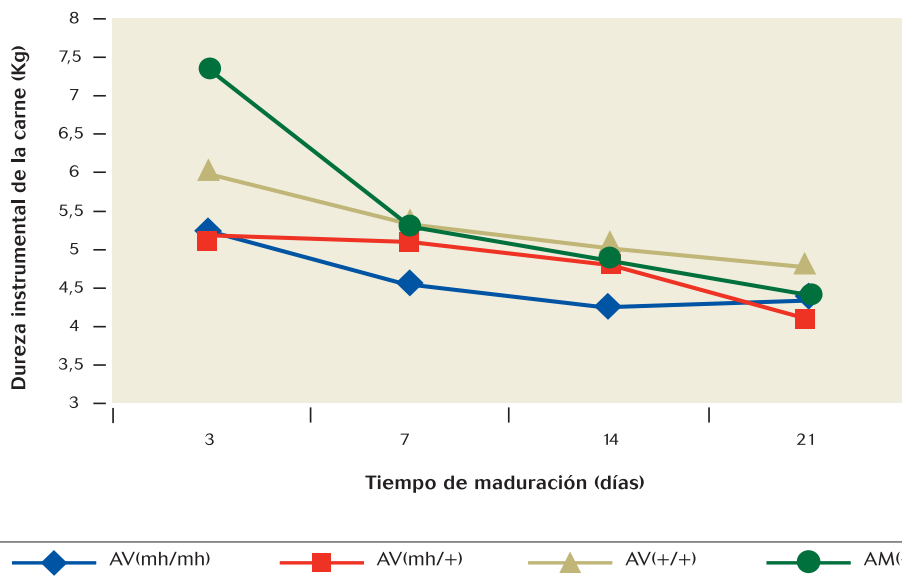
La ternereza de la carne se mide principalmente con dos métodos:

- Instrumental: se utiliza un texturómetro o un analizador de alimentos que mide la fuerza necesaria para cortar un pedazo de carne con una cizalla especial, en forma de V invertida (célula Warner-Bratzler).
- Sensorial: se basa en un conjunto de técnicas que permiten valorar las propiedades del alimento que se pueden detectar por medio de los sentidos. Se hacen sesiones de cata a ciegas con

personas expertas (jueces entrenados) o con consumidores, según sea el objetivo final del estudio. En estas catas se valoran atributos de la carne como olor, sabor o flavor, jugosidad, ternereza y aceptabilidad global. La carne es un alimento que debe valorarse con luz roja, para evitar que el color influya sobre la opinión del analista.

Como se ha comentado, la dureza de la carne va disminuyendo a medida que avanza el tiempo de maduración. Este “ablandamiento” es necesario para que la carne alcance su punto óptimo de calidad para el consumo. Sin embargo, la velocidad de tenderización y, por lo tanto, el tiempo óptimo de maduración de la carne dependerá de cada producto, ya que existen numerosos factores que influyen sobre la ternereza final de la carne. Algunos son “intrínsecos” del producto, como los relacionados con diferencias entre raza, sexo, genética, alimentación, peso vivo y estrés *ante-mortem* y *peri-mortem*, y otros dependen de los cambios *post-mortem* en la arquitectura e integridad de la célula muscular, de cambios en la longitud sarcomérica, de la cantidad de tejido conectivo y grado de enlaces cruzados, del tamaño y cantidad de depósitos de grasa intramuscular y también de la actividad de enzimas proteolíticos sobre proteínas miofibrilares y sarcoméricas, que podrían explicar la mayor parte de la variación en la carne madurada.

No todas las carnes presentan las mismas características, por lo que el proceso de tenderización puede ir a distinto ritmo en unas y otras. Además, no todas las piezas de la canal tenderizan por igual, la di-



←
Figura 3.-Evolución de la dureza de la carne de distintos tipos genéticos de las razas bovinas asturianas: AV (mh/mh), AV (mh/+), AV (+/+) y AM (+/+).

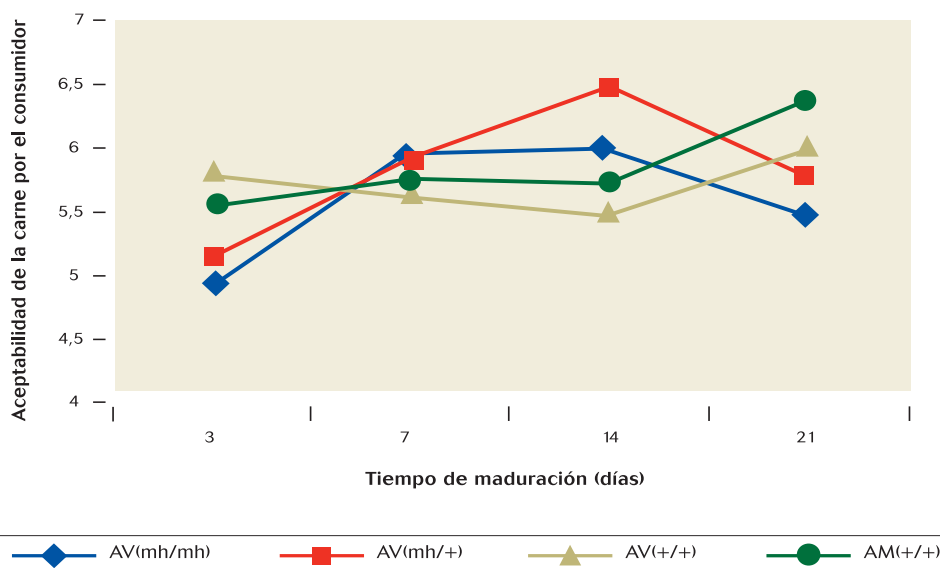
ferencia entre categorías comerciales (hay piezas de categoría superior, primera, segunda y tercera) está relacionada, más que con la dureza, con el contenido de colágeno (cuya estructura no se degrada durante la maduración) y su solubilidad en el momento del cocinado.

Sin embargo, existe un patrón general de tenderización, y por ello se aconseja para carne de ternera un tiempo de maduración que dure de 1 a 3 semanas, dependiendo de los productos.

Los estudios realizados hasta la fecha en el SERIDA en los productos de ternera más característicos del Principado de Asturias, como es la carne de los terneros añojos, han demostrado que el tipo ge-

nético del animal, es decir, que sea de la raza AV (Asturiana de los Valles) o AM (Asturiana de la Montaña) y que tenga presencia de la mutación del gen de la hipertrofia muscular "mh" en homocigosis (mh/mh, ternero "culón") o heterocigosis (mh/+, ternero "aculonado"), o que no presente la mutación (+/+, ternero "corriente"), influye significativamente en el proceso de tenderización y por lo tanto en el tiempo óptimo de maduración previo al consumo.

Así, los resultados obtenidos al analizar la dureza instrumental, es decir, la resistencia al corte de los distintos tipos de carne propuestos, y su evolución al avanzar el tiempo de conservación en cámara, indican, como se ve en la Figura 3, que la



←
Figura 4.-Evolución de la aceptabilidad sensorial de la carne de los biotipos: AV (mh/mh), AV (mh/+), AV (+/+) y AM (+/+).

carne de los terneros con hipertrofia muscular (mh/mh y mh/+) es más tierna que la de los terneros corrientes (+/+) de ambas razas en tiempos muy cortos de maduración (3 días *post-mortem*), aunque la acción de los enzimas proteolíticos y los procesos propios de la maduración van haciendo que todas las carnes obtengan niveles adecuados de terneza según se alarga la conservación de la carne, hasta los 14 o incluso 21 días (Sierra et al., 2011). Es decir, la carne de los terneros culones tiene una tenderización tan rápida, que permite que pueda venderse para el consumo con tan sólo 3 días de maduración, mientras que otras carnes precisan tiempos más largos para alcanzar su óptimo de calidad.

Estudiando la valoración de la calidad sensorial de estos tipos de carne por el consumidor (Figura 4), se observó que la carne de los terneros tipo "culón" AV (mh/mh) alcanzó el máximo de aceptabilidad sensorial entre los 7 y 14 días de maduración, mientras que la de los terneros AV "aculados" (mh/+) requirió 14 días de maduración para alcanzar la máxima calidad, y se precisó un tiempo de conservación de 21 días para la carne de los terneros "corrientes" (+/+) de las razas AV y AM (Sierra et al., 2010).

De este análisis de consumidores se pudo extraer más información, ya que, un estudio pormenorizado del perfil de las personas participantes nos permitió comprobar que en la población asturiana estudiada (140 personas, de las cuales 62 eran hombres y 78 mujeres, con edades comprendidas entre los 18 y los 65 años) había dos grupos distintos de consumidores según sus preferencias en la degustación de carne:

- Grupo 1: personas jóvenes (gran proporción de menores de 25 años) que comen carne de ternera con mayor frecuencia (de 2 a 4 veces por semana) que mostraban preferencia por la carne madurada en periodos cortos o medios (3-14 días) independientemente del tipo genético.
- Grupo 2: personas entre 26 y 45 años, que comen carne de ternera

con menor frecuencia (de 1 a 3 veces por semana) y que preferían la carne madurada a tiempos más largos (21 días).

Conclusión

La carne es uno de esos alimentos que precisa un manejo y conservación adecuados, en condiciones refrigeradas, hasta que alcanza su calidad óptima para el consumo.

Se precisa la implicación de toda la cadena productiva (ganaderos, mataderos, salas de despiece, carnicerías, empresas comercializadoras y distribuidoras) para conseguir un manejo adecuado para cada producto cárnico, que permita asegurar la máxima calidad higiénico-sanitaria y sensorial.

Esperamos que este artículo haya servido para aclarar algunos de los complejos procesos bioquímicos y moleculares que ocurren en el proceso de conversión del músculo vivo en carne para el consumo y que permiten que la carne vaya alcanzando sus características propias y un nivel de calidad sensorial que cumpla las expectativas del consumidor.

Referencias bibliográficas

- BARREIRO D. (2013). Situación actual de las marcas de calidad de carne de vacuno. *Eurocarne* 214: 50-57.
- LÓPEZ R., CASP A. (2004). *Tecnología de mataderos*. Ed. Mundi-Prensa. 431 pp.
- SENTANDREU, M.A., COULLIS, G., OUALI, A. (2002). Role of muscle endopeptidases and their inhibitors in meat tenderness. *Trends in Food Science and Technology*, 13:400-421.
- SIERRA V., GUERRERO L., FERNÁNDEZ-SUÁREZ V., MARTÍNEZ A., CASTRO P., OSORO K., RODRÍGUEZ-COLUNGA M.J., COTO-MONTES A., OLIVÁN M. (2010). Eating quality of beef from biotypes included in the PGI "Ternera Asturiana" showing distinct physicochemical characteristics and tenderization pattern. *Meat Science* 86: 343-351.
- SIERRA V., FERNÁNDEZ-SUÁREZ V., CASTRO P., OSORO K., RODRÍGUEZ-COLUNGA M.J., VEGA-NAREDO I., GARCÍA-MACÍA M., COTO-MONTES A., OLIVÁN M. (2011). Tenderización post-mortem de la carne de los distintos biotipos amparados por la IGP "Ternera Asturiana". *Archivos de Zootecnia* 60: 333-336. ■