



Preparación de muestras para el cálculo de la fuerza de cizalla-compresión.

La calidad organoléptica de la carne (VII)

Especial referencia a la especie ovina

Carlos Sañudo Astiz
Facultad de Veterinaria. Zaragoza

TEXTURA-DUREZA

La textura es un conjunto de sensaciones distintas, de ellas la dureza-terneza es la más importante ya que en la carne cocinada explicaría 2/3 de las variaciones de la textura.

La terneza se podría definir como la facilidad con la que una carne se deja masticar, se puede descomponer en tres sensaciones al consumidor: una inicial o facilidad a la penetración y corte, otra más prolongada que sería la resistencia que ofrece a la ruptura a lo largo de la masticación y otra final que daría la sensación de residuo más o menos importante. Parece ser que los consumidores sólo son capaces de detectar diferencias de terneza más allá de un 15%.

Como cualidad de la calidad global sería fundamental ya que sólo se pueden apreciar las otras características a partir de un umbral mínimo de ter-

neza. Además tiene una gran importancia ya que incide directamente en la formación del precio de los distintos trozos de una canal, siendo las regiones más caras aquellas que tienen, por ser más tiernas, mayor aptitud para métodos de cocinado rápidos, es decir de su capacidad para freirse.

Otras características de textura como la firmeza, sensaciones táctiles, etc. están íntimamente relacionadas a la capacidad de retención del agua, pH, estado de engrasamiento y a las características del conjuntivo y de la fibra muscular.

Estas dos últimas determinarían el grano de la carne, es decir del tamaño de los haces musculares, dando una textura «basta» cuando estos haces son grandes y están rodeados de abundante conjuntivo y fina en el caso contrario.

Existe una cierta interacción entre textura (homogeneidad de la estructu-

ra) y gusto, relacionada con el umbral de reconocimiento del mismo: «gusto físico» de Izutsu y Wani (1985).

Factores que la determinan

La terneza de la carne está relacionada directamente a las estructuras protéicas de los tejidos conjuntivo y muscular, existiendo una mayor sensibilidad-importancia hacia el conjuntivo que hacia la fibra muscular.

TEJIDO CONJUNTIVO

El tejido conjuntivo contiene esencialmente dos proteínas fibrilares: el colágeno y la elastina, siendo el colágeno el principal responsable de la «dureza de base» de la carne ya que casi no se ve afectado por la maduración.

La cantidad, composición y el número y naturaleza de las uniones intermoleculares del colágeno influyen

directamente en la dureza de la carne. Todo ello está ligado a factores relacionados con el individuo y el trozo en cuestión.

Colágeno

Representa el 25% aproximadamente de las proteínas totales del organismo de los vertebrados y entre un 5 y 15% de las proteínas musculares.

Tiene un contenido muy importante en glicina (1/3 de los aminoácidos) y en prolina e hidroxiprolina¹ (1/4 del total).

Se sintetiza por los fibroblastos bajo la forma de colágeno soluble o tropocolágeno. La molécula de tropocolágeno está formada por una triple hélice de cadenas polipeptídicas estabilizadas por uniones intra e intermoleculares de estabilidad térmica variable.

La proporción de estas uniones juega un papel primordial en las propiedades texturales de la carne y difieren mucho de un músculo a otro.

Durante muchos años se pensaba que sólo existía una única forma de colágeno, la más abundante, conocida ahora bajo el nombre de tipo I. Se distinguen en la actualidad 5 tipos distintos, I, II, III, IV y V².

Se ha encontrado una relación positiva entre la proporción de colágeno tipo tres y la dureza de la carne (Rosset *et al.*, 1984) aunque también se conoce que este tipo es más sensible a

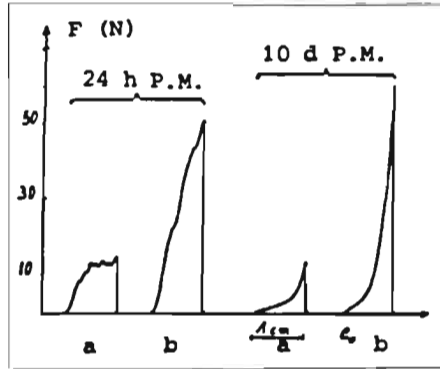


Fig. 10.

la proteólisis (Monin, 1989) siendo más sensibles a las proteasas endógenas los músculos que posean una relación tipo I/tipo III más elevada. A lo largo de la maduración, habría una cierta despolimerización por acción de la β-glucuronidasa lo que aumentaría su solubilidad.

El envejecimiento del tejido conjuntivo es debido al incremento del número de uniones de las moléculas de tropocolágeno a nivel de las zonas donde se entrecruzan, lábiles en las primeras edades se van haciendo con la edad cada vez más estables.

Elastina

Es una proteína fibrosa muy elástica en forma de fibras, presente especialmente en el tejido conjuntivo intramuscular.

Su estructura química es diferente a la del colágeno ya que es pobre en hidroxiprolina y contiene dos compues-

tos inhabituales: la desmosina y la isodesmosina derivados de la lisina.

Durante la cocción la elastina se retrae más que el colágeno pero no se gelatiniza, sería por ello una causa importante de la dureza, pero afortunadamente se encuentra en pequeñas cantidades en el músculo: menos del 6% aunque en algún caso llega hasta el 10%; el músculo semitendinoso es el que tiene una mayor cantidad de elastina llegando a cifras del 35%. No obstante, estas variaciones juegan un papel pequeño en la variabilidad global de la ternera.

MIOFIBRILLA

En capítulos anteriores se hace una revisión de la instauración del rigor mortis y de la maduración de la carne. Ambos fenómenos influirán notablemente en la dureza³, sobre ellos actuarán fundamentalmente factores tecnológicos *post-mortem* y de forma natural el tiempo de maduración.

En el ganado ovino, y en otras especies, faltan estudios que analicen el período de maduración necesario para alcanzar el óptimo de las características sensoriales de la carne. Esta especie es en España generalmente consumida con 24-48 horas *post-mortem*; la poca dureza relativa de la carne ovina junto con la juventud de los animales puede hacer que no se creen mayores problemas en su consumo. Condiciones que serían impensables para los bovinos.

Así, en el ganado ovino y relacionando temperaturas con días de maduración observamos los siguientes valores de ternera (1-9) (cuadro XXXIV).

Se aprecia en estos resultados cómo la carne experimenta un ablandamiento casi lineal en todas las temperaturas a lo largo de la maduración⁴. Se observa como cuando el músculo está con sus inserciones íntegras aumenta la ternera por impedirse el acortamiento.

Los ablandamientos relativamente mayores se producen en las pruebas con el músculo aislado a 0 °C y con el músculo en la canal a -4/0 °C y 0 °C. Lo que coincidía con un pH medio durante la maduración más alto y consiguientemente con una mayor facilidad para la actuación del CAF (óptimo neutro).

Cuadro XXXIV				
Concepto	Temperaturas	Días de maduración		
		1	4	7
Músculo aislado (L. Dorsi)	0 °C	4,9	5,9	7,4
	4 °C	3,6	4,8	5,9
	10 °C	5,0	6,3	6,9
	20 °C	4,9	5,8	6,9
Músculo en la canal (L. Dorsi)	-4/0 °C	4,3	6,0	7,1
	0 °C	4,4	5,7	7,1
	2/4 °C	5,3	6,3	7,2

Beltrán, 1988.

Cuadro XXXV				
Ovino (largo dorsal)				
Concepto	Espesor de grasa subcutánea (mm)			
	7,6	4,0	2,3	1,0
Dureza al corte (kg)	4,9a	5,6ab	6,4b	7,7c

Smith *et al.*, 1976.

GRANO DE CARNE

Estaría relacionado tanto con el grado de contracción de las miofibrillas como con la importancia del endomisio y fundamentalmente del perimisio. Los músculos que precisan mayor precisión funcional, menor potencia, tienen fascículos más pequeños, dando una textura más fina.

Los animales culones con hipertrofia muscular, tienen también un grano grueso, aunque no por ello su carne es más dura ya que no va acompañado este incremento de tamaño del consiguiente desarrollo del conjuntivo.

El diámetro de la fibra muscular aumenta desde el nacimiento hasta la edad adulta: 40-50µ a las 10 semanas y 60-70µ a los 9 años, variando también de unos músculos a otros, siendo el psoas (solomillo) el músculo con grano más pequeño.

GRASA

La grasa intra e intermuscular contribuye de forma efectiva a la firmeza de la carne, su solidificación la aumenta y ayuda a que los cortes expuestos a la venta mantengan un grosor uniforme y una forma fija durante su manipulación y almacenamiento.

Igualmente una mayor cantidad de grasa intramuscular da una mayor de ternera (cuadro XXXV).

Métodos de medida

Los métodos para medir la ternera de la carne los podemos dividir en instrumentales, sensoriales e indirectos, estos últimos medirían características relacionadas con la dureza de la carne.

Según las indicaciones propuestas por el grupo de trabajo para el estudio de la carne bovina (Boccard *et al.*, 1981) sería deseable estandarizar deter-

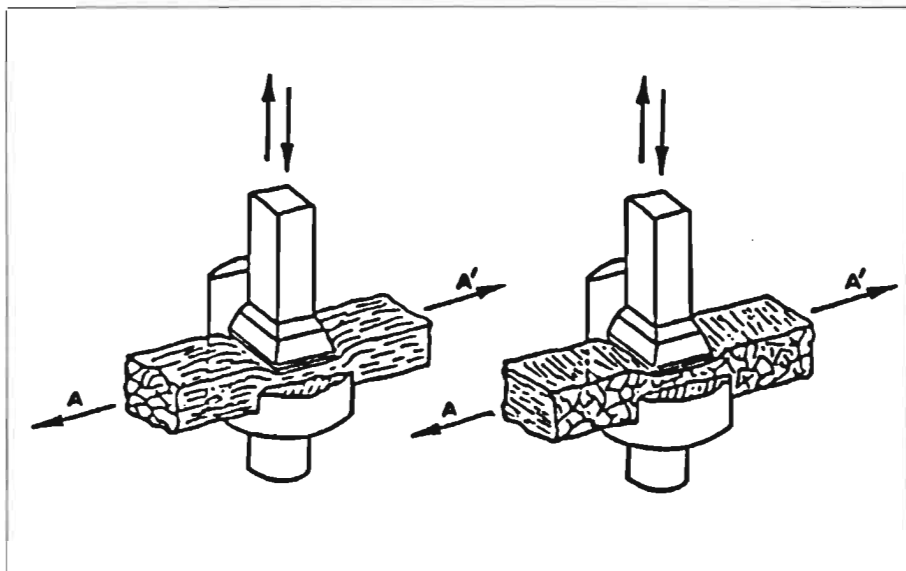


Fig. 11.

minadas condiciones pre y post sacrificio para evitar «influencias externas no deseables» sobre la ternera:

- Transporte y condiciones de pre-sacrificio.
- Sacrificio y conservación de las canales.
- Conservación de los músculos (2 °C ± 1 durante 10-16 días envasados al vacío, recordemos que es para bovino).
- Preparación de la muestra antes de la realización de la prueba: empleando filetes de 2,5 cm; si se les somete a un cocinado previo hacerlo durante 40 min. a 75 °C al baño María, en sacos individuales.
- Tipos de aparatos recomendados y sistema de preparación de la muestra.

MÉTODOS INSTRUMENTALES

Nos sirven para valorar las propiedades mecánicas de la carne gracias a aparatos apropiados. El consumidor experimenta durante la masticación una gran cantidad de sensaciones, entre ellas estaría la resistencia del producto

a las fuerzas aplicadas. No obstante, la complejidad no ya de las sensaciones, sino tan solo de las diversas fuerzas que intervienen en la masticación (fuerzas y direcciones multivariables) hacen que sean poco reproducibles mecánicamente, y aunque están relacionadas (medidas sensoriales) con las medidas instrumentales, como veremos más adelante, serían dos sistemas de medida complementarios, no sustitutivos.

Los métodos básicos serían, según la fuerza que se aplique, los siguientes:

- *Fuerza de comprensión.* Tras su aplicación el producto queda entero pero ocupa un volumen menor.
- *Fuerzas de cizallamiento.* Con las que el producto queda partido en dos, o varios trozos, por deslizamiento de una parte sobre la otra.
- *Fuerzas de fileteado.* Con las que el producto queda dividido en filetes o porciones pero las partes quedan en su posición original.
- *Fuerzas de tensión.* Con las que el producto es estirado por aplicación de una fuerza sobre su superficie exterior.
- *Fuerzas de comprensión-cizallamiento.* En las que el producto es sometido a la acción combinada de fuerzas que primero comprimen y después cizallan.
- *Fuerzas de penetración.* En las que el producto es sometido a compresiones puntuales sin que se altere manifiestamente su volumen.

Realmente es difícil en ocasiones decir que un test utiliza un único tipo

Cuadro XXXVI

Factor de variación	Tipo de músculo	Animal	Edad	Sexo	
Solubilidad del colágeno	F sig	NS	32,2 ***	17,9 ***	25,9 ***
Tasa de colágeno	F sig	12,9 ***	2,2 *	NS	6,1 **

Talmant *et al.*, 1986.

OVINO-CAPRINO



Con el sistema Instron se mide la resistencia miofibrilar, fuerza de la primera ruptura y la fuerza máxima que traduciría las propiedades del conjuntivo.

de fuerza ya que lo más común es que sean varios los tipos utilizados a la vez, en la carne las fuerzas de compresión-cizallamiento en conjunto son las más utilizadas.

Diferentes estudios han realizado síntesis bibliográfica de estos métodos (Vosey, 1976; Rosset *et al.*, 1984; Kamoun, 1986) pasamos a describir los fundamentales.

Test basados en el principio del cizallamiento

– *Warner-Bratzler*. Es un método antiguo pero que sigue siendo de obligada referencia. Consiste en una lámina que posee un orificio triangular, sobre la que se pone la mues-

tra de sección circular, que desliza entre dos «cuchillos» a velocidad constante. La fuerza se hace en sentido perpendicular a las fibras musculares. Actualmente la célula de cizallamiento se instala sobre máquinas de ensayo universal del tipo Instron, que eliminan los problemas de los antiguos dinamómetros de resorte.

Se mide con las curvas fuerzas-desplazamiento de este sistema (Instron) la resistencia miofibrilar (pendiente de la curva), fuerza a la primera ruptura (MF) y la fuerza máxima (CF) que traduciría las propiedades del conjuntivo.

– *Aparato cizallador Inra de Sale*. Se- mejante al anterior, pero trabaja en

condiciones mejor definidas ya que permite medir el espesor inicial de la muestra.

– *Prensa de Kramer*. Opera en un sistema de láminas múltiples (10) guiadas sobre una caja rectangular. Tres fuerzas se ponen en juego sucesivamente: Compresión, cizallamiento y estrusión.

– *Tensómetro de Mirinz*. Utilizado en Nueva Zelanda.

En general estos métodos suponen una operación muy compleja debido a que el músculo es un producto muy heterogéneo. Donde las interacciones de las propiedades de las miofibrillas y del tejido conjuntivo son continuas e influenciadas a su vez por el espesor de la muestra (Touraille y Sale, 1977).

En la *fig. 10* se observa la forma tipo del diagrama del músculo de bovino crudo: (*a* músculo tierno y *b* músculo duro).

Para el músculo duro se observa después de la fase de compresión unas mesetas más o menos marcadas en las que la fuerza del cizallamiento fluctúa enormemente, lo que se corresponde con rupturas en la trama del conjuntivo y a la acción miofibrilar, al final se observa un pico más agudo propio del cizallamiento del conjuntivo residual.

Para el músculo blando se encuentra dicha meseta a un nivel mucho más bajo, lo que correspondería a la ruptura general del medio.

Las diferencias entre las curvas a 24 h y 10 días de maduración nos hablarían de la incidencia del factor miofibrilar: más importante a las 24 h y en los músculos más tiernos.

Test de penetración

Son útiles por su simplicidad. Según el tamaño de la sonda se haría una lectura relativa a la comprensibilidad de la muestra, o a la fuerza necesaria para romper la cohesión de las fibras musculares.

– *Punzón de Segars et al*. Punzón circular de 1 cm de diámetro⁶.

– *Tensómetro de Armous*. Portátil de 10 agujas de 3 mm de diámetro que se deben introducir 5 cm en la carne (mide la fuerza necesaria para ello).

– *Tensómetro de cuchillo rotativo*. Mide la profundidad de penetración

Cuadro XXXVII
Ovino

Dureza al corte	Suffolk x Merino		Suffolk x 50% Finesa/ 50% Southdown		
Largo dorsal	4,0a		3,4b		
Semimembranoso	4,8		4,7		
Semitendinoso	3,5		3,2		
Dureza al corte	Romanov x Rasa	Rasa Aragonesa	Roya Bilbilitana	Ojinegra Teruel	Lacha
Cabeza larga del triceps	5,60bc	5,41ab	4,16a	6,66cd	7,42d

Solomon *et al.*, 1980. Sañudo *et al.*, 1986

en la carne de un cuchillo rotativo a presión constante.

Test de masticación-aplastamiento'

Intentan aproximarse a la masticación.

– Texturómetro dentadura y el General Food Texturometer (G.P.T.)

El primero, de gran dificultad interpretativa, utiliza unas mandíbulas humanas completas fijadas por un sistema articular. El segundo, más simple, utiliza un solo «diente» de forma y tamaño variables, unido a un útil de compresión cilíndrica.

– *Tensómetro de Volodkevich*, simula la acción de los incisivos durante la masticación. Serían dos superficies redondeadas: una fija, y otra móvil que se desplaza hacia la anterior.

Test de picado y extrusión

Medirían la energía total utilizada para cortar la carne en trozos pequeños.

Cuadro XXXVIII				
Fuerza al corte		Peso vivo 44	(kg) 54	Efecto
Biceps femoral	Machos	3,06	3,40	Sexo NS
	Castrados	3,09	2,94	
Semimembranoso	Machos	4,51	4,73	*
	Castrados	4,19	4,42	

Purchas et al., 1971.

Text de extensión

Miden la fuerza de ruptura por extensión. Esta fuerza se puede hacer en el sentido de las fibras musculares o perpendicularmente a ellas, interesando en este caso preferentemente al tejido conjuntivo.

Test de compresión

Miden la resistencia de la carne a la compresión uniaxial con útiles de formas variadas, por lo general circulares o cuadrangulares, de tamaño mayor que la muestra, pues si no sería más un test de penetración.

Podremos variar las condiciones de compresión especificando entre otras cosas la configuración de la compresión (fig. 11): longitudinal, en la que la deformación libre es paralela al eje de las fibras, y transversal, en la que esta deformación es perpendicular.

En general se pueden clasificar los aparatos basados en el principio de la compresión en dos grupos:

- *Compresión lineal* en la que el útil de compresión está animado por un movimiento rectilíneo uniforme.
- *Compresión sinusoidal*. Recientemente un aparato basado en este sistema ha sido desarrollado en Francia (Lepetit y Sale, 1985).

BOCCHI

SYSTEM SpA



... Antigua tradición y continua investigación para resultados siempre en vanguardia.

● Líneas industriales de tratamiento térmico y torrefacción de copos

● Instalaciones de torrefacción para ... avena, cebada, maíz, etc...

Eliminación total de los factores antinutricionales y anulación de la urcasa en las semillas de soja...

... Mínimos costes de transformación

BOCCHI

SYSTEM SpA

Cuadro XXXIX			
	Edad (semanas)		
	17	22	27
Dureza (Tensómetro de Macfarlane)	17	25	26

Woodhams *et al.*, 1965.

METODOS SENSORIALES

Sería el examen de la dureza-textura por los órganos de los sentidos.

Consiste en la apreciación individual, por un cierto número de jueces reunidos en el seno de un mismo jurado, por comparación, descripción o juzgamiento individual de las características de dureza-textura de un producto determinado.

En el capítulo siguiente se profundizará más en este método.

Entre los métodos sensoriales e instrumentales, especialmente con el Warner-Bratzler, se encuentra correlaciones del orden de 0,7⁸, es decir que la fuerza del cizallamiento explicaría alrededor del 50% de la dureza percibida por los consumidores cuando ingieren la carne cortada paralelamente a las fibras. Si la carne está cortada perpendicularmente a las fibras, de forma que el consumo se realice paralelamente a las mismas, los tests de masticación-aplastamiento son mejores.

METODOS INDIRECTOS

Consisten en caracterizar el estado físico-químico de las estructuras de la carne que le confieren sus propiedades de textura-dureza.

Índice de fragmentación de las miofibrillas. Relacionado con la maduración de la carne, el índice de fragmentación sería directamente proporcional a la terneza.

Longitud de los sarcómeros. Tendría parecidos principios de aplicación que el método anterior. Si el anterior sería responsable de aproximadamente un 50% de las variaciones de terneza, éste

explicaría tan solo un 10% de esas variaciones.

Concentración de diversos iones. Relacionados con la terneza, tales como el Zn y Ca.

Determinación de la hidroxiprolina. Relacionada con la cantidad de conjuntivo.

Medida del grado de maduración. Evaluando la intensidad de la proteólisis valorando la aparición de determinados péptidos con pesos moleculares específicos.

Solubilidad y tensión térmica isométrica del colágeno. Valorando el grado de entrecruzamiento e importancia de las uniones intermoleculares y su solubilidad en condiciones de calentamiento predeterminadas.

Digestión enzimática de la carne.

Factores que influyen en su variación

INTRINSECOS

Tipo de músculo-individuo

La localización anatómica es el primer factor de variación de la tasa de colágeno (se admiten como más tiernos a los del tercio posterior), existiendo más variación por el factor músculo que por el factor individuo⁹. Cuando consideramos la solubilidad del colágeno el factor animal es más importante (cuadro XXXVI).

La tasa de colágeno es más elevada en los músculos de contracción lenta que en los de contracción rápida.

Igualmente las características cualitativas del colágeno varían mucho entre músculos.

Existe una cierta interacción músculo-edad. Entre ciertos músculos no existen diferencias de terneza en animales jóvenes y sí en adultos. Y músculo-sexo, así las distancias entre músculos tiernos y duros son mayores en las hembras que en los machos.

El diferente grado de grasa de infiltración entre músculos puede también ayudar a comprender estas diferencias.

Lo mismo que los diferentes tipos de fibras que los constituyen: a un mayor % de fibras rojas, mayor acortamiento y por lo tanto mayor dureza.

Dentro del mismo músculo la dureza varía: aumenta a partir del extremo pélvico en el semimembranoso, es casi uniforme en el biceps y semitendinoso, y disminuye del centro a los extremos en el largo dorsal¹⁰.

En el ganado ovino el orden de terneza (de mayor a menor) sería:

- Semitendinoso, recto femoral, vasto lateral, semimembranoso (Jeremiah *et al.*, 1971).
- Infraespinoso, semitendinoso, supraespinoso, triceps braquial, biceps femoral, largo dorsal y semimembranoso (McCrae *et al.*, 1971).
- Infraespinoso, largo dorsal, vasto lateral, semimembranoso, semitendinoso, serrato cervical y pectoral profundo (Sañudo, 1980).

La velocidad de maduración está igualmente relacionada con el músculo en cuestión, ésta aumenta con la v² de contracción del músculo.

Especie

La dureza, como cualidad sensorial, es especialmente importante en los bovinos; los ovinos, porcino y aves serían especies con una problemática mucho menor.

Raza

Parecen existir diferencias aunque éstas no son relativamente muy importantes, Dransfield *et al.* (1979) afirman que el grado de enfriamiento de la canal es un factor mucho más determinante que el factor raza (cuadro XXXVII).

Los músculos de los animales tipo cebú tienen la carne más dura que los de tipo europeo y en estos, por su mayor engrasamiento, las razas británicas son más tiernas que las europeas conti-

Cuadro XL					
Edad (meses)	Raza				
	Romanov x Rasa		Lacha		
	3	5	1	3	5
Dureza (Lib/cm ²)	5,60	4,28	8,59	7,42	7,09

Sañudo *et al.*, 1986.

OVINO-CAPRINO

mentales, algo parecido ocurría con los porcinos tipo graso y de raza Duroc comparados con los cerdos magros blancos.

Sexo

No parece que este efecto sea especialmente importante. En los animales jóvenes 70-90 días, Sañudo *et al.* (1986), no encuentran diferencias significativas entre machos y hembras. En adultos los moruecos parecen ser significativamente más duros que las ovejas.

Entre animales enteros y castrados,

los animales enteros son algo más duros (cuadro XXXVIII).

En bovinos el colágeno de los machos es menos soluble y lo tienen en mayor cantidad, por lo que serían más duros que las hembras.

Edad

Como ya se ha comentado, el contenido en colágeno varía bastante poco con la edad de los animales, por contra su estado de reticulación (número de entrecruzamientos covalentes) aumenta durante el crecimiento haciéndose

las fibras colágenas más robustas, y por lo tanto la carne más dura.

No obstante, existe un período de tiempo determinado en el que los cambios del tejido conjuntivo son especialmente rápidos. Así en el ganado bovino entre los 9 y 13 meses aumentaría notablemente el desarrollo relativo (70%) de la trama de colágeno (la masa muscular lo hace en un 40-42%). Durante este período, debido al incremento de la cantidad de colágeno nuevo, hay un gran aumento de su solubilidad que es idéntica a los 9 y 16 meses (Touraille, 1982).

Así pues, entre los 9 y 16 meses la combinación de efectos cuantitativos y cualitativos conlleva una estabilidad importante en la dureza de la carne. Estudios similares faltan en ovino en donde podría ocurrir algo parecido (cuadro XXXIX).

La incidencia de la grasa, incremento de la grasa con la edad, puede ser importante en la valoración de la terneza, así nosotros hemos observado un aumento de la terneza desde el mes de edad a los 5 meses en ganado ovino, lo que puede ser debido fundamentalmente a ese aumento del engrasamiento (cuadro XL).

Igualmente con la edad disminuye la velocidad de ablandamiento, así el tiempo necesario para obtener la terneza máxima a 4 °C es de 4-5 días en el caso del animal joven y de 10-11 días en el caso de la vaca¹¹. En ovino sería necesario hacer más trabajos en este sentido (como el de Jaime *et al.*, 1989).

Peso

Directamente relacionado con la edad y con el estado de engrasamiento, el efecto del peso sobre la terneza da resultados contradictorios.

Para algunos autores la terneza aumenta con el peso, para otros disminuye (cuadro XLI).

EXTRINSECOS

Alimentación

Se podría analizar el efecto de la alimentación bajo diferentes puntos de vista.

Cuadro XLI				
	Peso sacrificio (kg)			
	45,4	54,4	63,5	72,6
Fuerza al corte (kg)	2,7	3,0	3,2	3,5

Sents *et al.*, 1982.

Cuadro XLII			
Bovino			
Dureza	Lote con harina de alfalfa		Lote con harina de soja
Libras	31,9		29,9
Dureza	Pienso	Forraje más pienso (acabado)	Forraje sin acabado
Kg	13,1	12,2	12,9

Santolaria, 1990. Alberti *et al.*, 1991.

Cuadro XLIII			
Dureza (kg)	Pasto	Concentrado	PPAG
Semimembranoso	4,04a	4,67	5,53b
Biceps femoral	2,85	2,90	3,26

Purchas *et al.*, 1979.

Cuadro XLIV				
	Control	Revalor	Maturex	Revalor + Maturex
Terneza	5,88	4,39	6,59	5,17

Renner *et al.*, 1989.

Cuadro XLV			
Dureza (kg/cm²) en ovinos de 5 meses			
	Testigos	Experimentales (ayuno total)	Tranquilizados
Largo dorsal	2,48	1,77	2,07
Semimembranoso	2,07	2,02	2,15
Pectoral prof.	5,04	4,20	4,17

Brazal y Boccard, 1977.



Informática y Servicios para la Agricultura
LIDER EUROPEO EN SOFTWARE AGRARIO

ESPECIALISTAS EN PROGRAMAS
INFORMATICOS PARA EL CAMPO,
APORTAMOS SOLUCIONES DE
GESTION TECNICA Y ECONOMICA

ISAGRUPO:
Premio FIMA '92

Análisis de agricultores en grupo.

Banco de datos con análisis
multicriterio de resultados (ensayos).

ISALACT

Gestión técnico-económica de
explotaciones de vacuno lechero.

ISACONTA:

Contabilidad general y analítica.



ISAGRI

Deseo recibir información sobre sus soluciones para:

- SAT-COOP Ganadería Asesor técnico
 Prescriptor Investigación Forrajes
 Fruticultura Hortalizas Otros

Nombre:
Apellidos:
Dirección:
Prov./ Cod: Tel: ()

Remitir, llamar o enviar Fax a:

ISAGRI - Informática y Servicios para la Agricultura
Avda. V. Blasco Ibáñez, 194 - 46022 VALENCIA.
Tel: (96) 356 08 65 Fax: (96) 356 08 64

Contenido de energía de la ración

El aumento del nivel de alimentación conduce a una mejora de la terneza, lo que estaría relacionado con un descenso de la tasa de conjunto, un veteado más abundante, un pH último ligeramente más elevado y un aumento de las fibras musculares blancas (Monin, 1989).

Igualmente un aumento de la energía aumentará el estado de engrasamiento y el peso canal; ambos factores reducen los problemas de acortamiento por el frío por lo que son beneficiosos para la terneza.



Aparato de Warner-Bratzler.

Restricción alimenticia

Tendría poco efecto sobre la terneza.

Naturaleza de la alimentación

En general en los rumiantes la influencia de la naturaleza de la ración sobre la terneza es escasa.

Diversos trabajos en los que se cambia el tipo de forraje o se utilizan acabados a base de cereales más o menos largos así lo atestiguan, siempre y cuando las dietas sean isoenergéticas¹² (cuadro XLII).

En el ganado ovino la utilización en la dieta de ácidos grasos poliinsaturados protegidos aumenta la dureza (cuadro XLIII).

Aditivos

La suplementación de determinadas vitaminas puede tener efectos variados sobre la terneza. La vitamina E la aumentaría y la A la disminuiría a partir de determinadas dosis.

Se pueden utilizar determinadas sustancias, inyectadas antes del sacrificio, de origen vegetal o fúngico que ablandan la carne.

Anabolizantes

El empleo de anabolizantes tiene

una acción negativa sobre la terneza en bovinos al aumentar el contenido en colágeno (cuadro XLIV).

En el ganado ovino nosotros no hemos encontrado influencia de implantes de testosterona-estradiol sobre la dureza.

Estrés pre-sacrificio

Ya se ha comentado repetidamente la gran influencia que tienen las condiciones previas al sacrificio: tiempo de ayuno, condiciones de transporte, interacciones sociales entre individuos de lotes diferentes, método y «calidad» del sacrificio, e incluso el tratamiento térmico durante el proceso de faenado, para el desarrollo del pH en la carne y las relaciones que éste guarda con la dureza (Purchas, 1990).

La especie ovina, por su naturaleza menos estresable, no presenta los graves y aparentes problemas de porcinos y bovinos, de todas formas el riesgo y las individualidades susceptibles a sufrir trastornos sugieren no dejar de estudiar en esta especie la problemática de las carnes con pHs anormales (cuadro XLV).

Tiempo de maduración

La carne cruda en pre-rigor es bastante tierna, se va endureciendo progresivamente a medida que se completa el rigor y a partir de entonces

OVINO-CAPRINO

aumenta su blandura con la prolongación del período de maduración.

Este tiempo de maduración-aumento de la terneza está íntimamente ligado a la aceptabilidad de los consumidores ($r=0,80$) (Aurier, 1989) (cuadro XLVI).

Es curioso señalar que los consumidores no serían capaces de distinguir diferencias de terneza más allá del 15% y que, en todo caso, cualquiera que sea la diferencia habrá siempre del orden de un 40% de los consumidores que no la percibirán. Puede ser que por estar condicionados por la propia metodología de las encuestas de consumo.

Factores tecnológicos diversos ligados a la conservación

La necesidad de conservar la carne (maduración obligada y estructura del mercado) la somete inevitablemente al desarrollo de gérmenes de contaminación. Con el fin de evitar estas proliferaciones microbianas se crea la obligatoriedad de refrigerarla lo más rápido posible.

Desgraciadamente este enfriamiento provoca una contracción de la carne¹⁵ y cuando la rigidez cadavérica se instala produce incrementos notables de dureza. Este fenómeno, que se conoce con el nombre «cold shortening», es especialmente importante en los bovinos y ovinos, y mucho menos en el cerdo.

En el caso de congelación precoz, en pre-rigor, de la carne se produce un fenómeno parecido al anterior que se denomina «thaw-rigor», con mayores durezas en la descongelación rápida.

Para evitar estos problemas se utilizan técnicas como:

– *Modificar la posición de suspensión de las canales.* Evitando el acortamiento en los músculos manteniéndolos en posición estirada¹¹ (cuadro XLVII).

– *Condiciones de enfriamiento.* La temperatura ideal para el establecimiento de la rigidez cadavérica se sitúa entre 14 y 20 °C, manteniendo la canal por encima de 10-12 °C¹⁵ durante las primeras 10-12 horas sería un método de prevenir el golpe por frío.

– *Estimulación eléctrica.* Que actuaría disminuyendo rápidamente el contenido en ATP del músculo amortiguando la contracción, y también produciría alteraciones de la estructura a nivel de las miofibrillas, y creando una nueva relación pH/

temperatura¹⁶ favorable a las reacciones enzimáticas de la maduración.

– *Congelación-descongelación.* La reducción del tiempo de congelación produce un retraso en alcanzar una ternera aceptable.

Cuadro XLVI			
	Tiempo de maduración (días)		
	1	4	14
Preferencia (0-5)	3,3	3,4	3,9
Terneza (0-100)	55	58	69

Cuadro XLVII				
	Músculo libre		Músculo en la canal	
	% acortamiento	Fuerza de corte	% acortamiento	Fuerza de corte
Semimembranoso	26	53	21	40
Biceps femoral	31	72	10	33
Semitendinoso	32	72	1	29
Triceps braquial	27	68	-7	20

McCrae et al., 1971.

Cuadro XLVIII		
	Ovino (semitendinoso)	
	% acortamiento	Fuerza al corte
Estimulación eléctrica + enfriamiento	10,6a	5,0a
Estimulación eléctrica + enfriamiento rápido	13,1ab	5,6b
No estimuladas + enfriamiento lento	15,7b	6,3c
No estimuladas + enfriamiento rápido	19,6c	6,4c

Rashid et al., 1983.

Cuadro XLIX	
Temperaturas a las que se producen los principales cambios en las proteínas	
Concepto	°C
Proteínas sarcoplásmicas	40-60
Proteínas miofibrilares:	
Desnaturalización	30-70*
Coagulación	60-80
Pérdidas de solubilidad	<70
Colágeno	60-80
Cambios estructurales	40-80
Cambios de terneza	>40
Cambios de flavor (desarrollo)	>70

* Valores más extremos para la tropomiosina y troponina. (Elaboración propia de diversos autores).

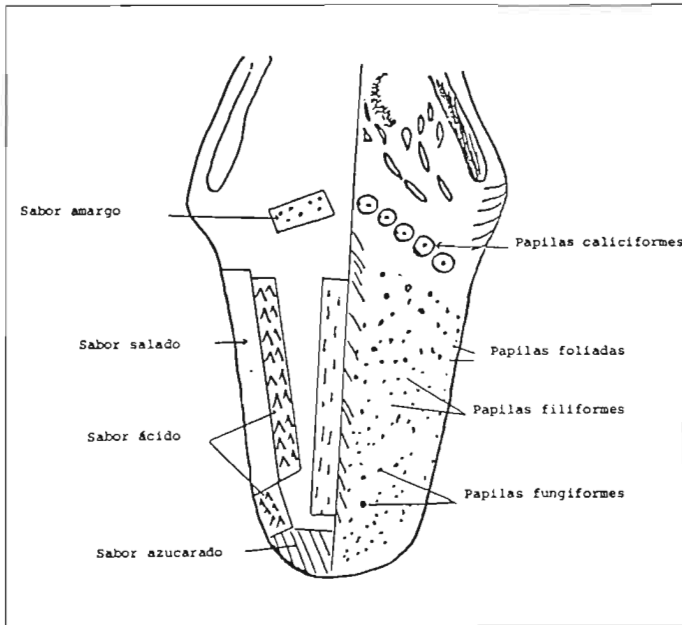


Fig. 12.

La descongelación lenta parece ser beneficiosa sobre la dureza.

En general la congelación entraña una disminución de la terneza¹⁷, pero varios ciclos sucesivos de congelación-descongelación pueden mejorarla (un solo ciclo no haría nada).

— **Combinación de factores.** Tendría acciones muy diversas, como se expone en el cuadro XLVIII.

— **Temperatura-Cocinado.** EL cocinado es la última etapa de la transformación de la carne antes del consumo, se traduce por importantes modificaciones de las propiedades físico-químicas de las proteínas y por lo tanto de su terneza (cuadro XLIX).

El cocinado puede provocar o bien un endurecimiento o bien un ablandamiento de la carne, todo estará en función de la temperatura, tiempo y naturaleza del trozo implicado.

En general, habrá una acción de ablandamiento del tejido conjuntivo (transformación del colágeno en gelatina) y un aumento de la dureza de las proteínas miofibrilares que coagularán¹⁸ y siempre una disminución del volumen por una liberación de jugo.

Las temperaturas de cocinado (tem-

peratura en el corazón del músculo) serían los reflejados en el cuadro L.

Ablandamiento artificial

Existen diversos métodos que pueden, con resultados variables, ayudar a producir un ablandamiento artificial de la carne:

- **Mecánicos.** Agujas o láminas que penetran en el músculo.
- **Presión.**
- **Presión combinada** con calor.
- **Procesos químicos** de maduración, como salmueras o ácidos débiles como el vinagre o el limón.
- **Utilización de enzimas** como la papaína, ficina, bromelina, proteasas de aspergillus, proteasas de origen animal y colagenasas y elastasas, aplicadas sobre la carne mezcladas con sal, en soluciones aplicables a carnes liofilizadas, o inyectadas de 10 a 30 min. antes del sacrificio de los animales directamente en la yugular.

Métodos estos con muchos problemas de aplicación y legislación por resolver.

Notas

- ¹ Multiplicando su contenido en hidroxiprolina por 7,5 se puede calcular el contenido en colágeno de cualquier producto a base de carne.
- ² El tipo II no se encuentra en el músculo, es propio del cartilago hialino y de los discos intervertebrales.
- ³ Existe una correlación de 0,9 entre longitud del sarcómero y dureza.
- ⁴ Todo el tiempo que transcurra actuaría positivamente en la terneza, tendría como límite la putrefacción. No obstante, a partir de un momento dado la ganancia de terneza por efecto de la maduración llegaría a un límite debido a la resistencia de la trama conjuntiva.
- ⁵ Y por lo tanto el grano de la carne.
- ⁶ Habría también fuerzas de compresión y cizallamiento.
- ⁷ Podrían ser también clasificados como de compresión lineal.
- ⁸ En el ganado ovino Beltrán (1988) encuentra una correlación de 0,6.
- ⁹ La tasa de colágeno varía en proporción de 1 a 4 entre el psoas y el pectoral.
- ¹⁰ Los resultados de Ceña *et al.*, (1991) ilustran lo dicho en el párrafo anterior y ayudan a justificar esta valoración de la dureza: % de fibras oxidativas y glicolíticas en el largo dorsal de la especie ovina:
— Oxidativas: Craneal: 66,3; Medio: 68,0; Caudal: 65,4.
— Glicolíticas: Craneal: 33,7; Medio: 32,0; Caudal: 34,6.
- ¹¹ Estos resultados son controvertidos.
- ¹² Otros autores señalan que el acabado a pienso aumenta la terneza por un mayor engrasamiento y una mayor longitud de los sarcómeros.
- ¹³ Lo que es debido a un aumento de la concentración de iones Ca²⁺ en el sarcoplasma, lo que desencadena la contracción. En todo caso es un fenómeno controvertido: Para Jaime *et al.*, (1989) un enfriamiento suficientemente rápido produciría un ablandamiento.
- ¹⁴ Parece que ser la suspensión pelviana sería, también en ovino, la mejor, aunque se modifica la presentación de la canal y la forma de los músculos.
- ¹⁵ Regla 10-10, no descender de 10 °C en las primeras 10 horas.
- ¹⁶ Existe un descenso del pH por aceleración de la glucogenolisis.
- ¹⁷ Sobre este punto hay una cierta controversia.
- ¹⁸ La temperatura de cocinado óptima para la terneza estaría entre 50 y 60 °C o más allá de 80 °C. Entre 60 y 80 °C aumenta la resistencia del componente miofibrilar sin que exista disminución de la resistencia del conjuntivo. Un aumento del tiempo de cocción aumenta el grado de desnaturalización de las proteínas miofibrilares y las pérdidas de agua y por lo tanto la dureza, sin embargo se produce una gelatinización del colágeno, serían métodos utilizables en trozos con abundante conjuntivo. El cocinado por inmersión en un cuerpo graso aumentaría la dureza en relación al cocinado en horno.

Cuadro L

Concepto	«Sangrante»	«Al punto»	«Bien cocida»
Color	Rojo-rosa	Rojo-gris	Gris-marrón
Horno	60 °C	70 °C	77-80 °C
Grill	40 °C	60 °C	65-70 °C

Bovino, Laakkonen, 1973.