

> Optimización del rendimiento del loncheado por medio de la tenderización

> *The impact of tenderization on increased slicing yield*

| **Marta Xargayó, Josep Lagares, Eva Fernández, Daniel Borrell, Daniel Sanz**
Departamento Tecnológico de METALQUIMIA, S.A. | Technology Department of METALQUIMIA, S.A.

NEW

| RESUMEN

El rendimiento de las líneas de loncheado se ha convertido en poco tiempo en una cuestión clave para los fabricantes de productos cárnicos. La calidad de la carne tiene gran influencia en el rendimiento y aunque sería aconsejable la clasificación de la misma, el aumento de este tipo de productos hace difícil su práctica en la mayoría de las empresas. Por ello, se está investigando continuamente cómo reducir las mermas de loncheado a través del proceso, sin que afecte el aspecto del corte ni las características organolépticas del producto.

En este artículo se estudia la influencia del tipo e intensidad de tenderizado en dos productos de calidades distintas. Los resultados demuestran que con el aumento del grado de tenderizado se consigue una mayor rentabilidad en las líneas de loncheado, pero que también puede llegar a afectar el corte del producto, por lo que será necesario buscar el equilibrio entre rendimiento y calidad en cada caso. Con estos resultados, se intenta demostrar hasta dónde se puede llegar con cada tipo tenderizado y su efecto sobre diferentes aspectos del producto final.

| INTRODUCCIÓN

Uno de los principales cambios a los que se ha enfrentado la industria cárnica en los últimos diez años ha sido el vertiginoso desarrollo de los productos loncheados-empaquetados. Cambios en la forma de vida, una mayor oferta de producto, mejora de la calidad, presentaciones más cuidadas, aumento de los canales de libre servicio, etc., han contribuido a que la cuotas de mercado aumenten cada año hasta cifras de dos dígitos según los productos y zonas. Mientras que las estadísticas muestran aumentos moderados o incluso disminución de algunos productos cárnicos, los únicos datos en alza son los que se refieren a los productos loncheados-empaquetados, con lo cual casi la totalidad de las empresas se han visto obligadas a adaptar los procesos y equipos a estas nuevas necesidades.

En el caso de los productos de músculo entero cocido, la industrialización de los loncheados ha dado lugar a la aparición de una serie de problemas, que si bien antes también existían, ahora se han visto incrementados. Zonas con ligado débil, agujeros de aire, músculos que se rompen o desmenuzan, darán lugar a lonchas no aptas para ser empaquetadas, disminuyendo los porcentajes de rendimiento de las líneas. Cuando esta operación se realizaba en el mostrador con máquinas manuales, estos defectos eran parcialmente contrarrestados por la persona que realizaba la operación. Pero cuando este trabajo lo realiza una máquina que puede llegar a producir 2.000 cortes/minuto, cualquier defecto en

| ABSTRACT

The yield obtained in slicing lines has quickly become a key question for manufacturers of meat products. Meat quality strongly influences yield, and though classification of the meat would be advisable, the increase of this type of products makes this practice difficult for most meat processors. This is why research is continually being conducted as to how to reduce slicing loss by means of the process, without affecting the appearance of the slice or the organoleptic characteristics of the product.

This article examines the impact of the type and intensity of tenderization on two products of differing qualities. The results demonstrate that greater yield is obtained in slicing lines when the degree of tenderization is intensified, but also that this may affect product slicing, so that an equilibrium must be found between yield and quality in each case. These results attempt to demonstrate up to what point each type of tenderization can be applied and its impact on different aspects of the finished product.

| INTRODUCTION

One of the major changes the meat industry has had to face in the past ten years has been the rapid development of sliced-packaged products. Changes in life style, greater product supply, improved quality, more attention to product presentation, increased channels of free service, etc have contributed to increasing market share with every passing year up to two-digit figures depending on the products and zones. While statistics show moderate increases or even decreases of some meat products, the only rapidly rising figures are those which refer to sliced-packaged products, so that nearly all meat processors have had to adapt their processes and machinery to meet this new demand.

In the case of whole muscle cooked products, the industrialization of slicing has given rise to a series of problems, which although already existed in the past have now greatly increased. Areas with weak binding, air holes, muscles that break or crumble will result in slices unsuitable for packaging, reducing the percentages of yield of the lines. When this operation was carried out at the meat counter with manual equipment, these defects were partially counteracted by the person doing the slicing. But when this work is done by a machine that may produce up to 2,000 slices/minute, any defect in the product will result in the rejection of a large quantity of slices.

Yield in the slicing phase depends principally on two factors:

- Muscle cohesion
- Muscle firmness/consistency

el producto provocará el rechazo de una gran cantidad de lonchas.

El rendimiento en la fase de loncheado depende principalmente de dos factores:

- Cohesión entre los músculos
- Firmeza/consistencia del músculo

Cohesión muscular

La cohesión de los músculos tiene lugar gracias a las proteínas miofibrilares que se han extraído durante el proceso de fabricación y que se hallan en la superficie del músculo. Estas proteínas forman el exudado y debido a su capacidad de gelificación realizan un efecto de cola entre los músculos. Está ampliamente demostrado en la literatura que a más cantidad de proteínas extraídas, mejor estabilidad entre los músculos y por tanto mejor lonchabilidad.

La extracción de las proteínas miofibrilares se consigue a través de dos efectos:

- **Acción química:** Composición de la salmuera. La presencia de sal y fosfatos aumenta el pH y la fuerza iónica del medio dando lugar a la abertura de las cadenas de proteínas, facilitando su extracción.
- **Acción mecánica:** mediante el tratamiento mecánico se relaja la estructura muscular y se rompen células, con lo que las membranas se hacen más permeables y aumenta la movilización de las proteínas hacia la superficie del músculo. El grado de abertura de la estructura muscular determinará la cantidad final de proteínas presentes en el exudado. Esta abertura de la estructura se realiza a través de la tenderización, pre-masaje y masaje. La tenderización es el efecto mecánico de producir multitud de cortes en el músculo cárnico para aumentar la superficie y así facilitar la extracción y solubilización durante el masaje. Además, se obtiene un ablandamiento del músculo que permite una mejor adaptación a los moldes de cocción. En un estudio realizado por Wieczorek y Jakubiec-Puka (1997) demostraron que las roturas a lo largo de las fibras y miofibrillas, ambos en la región de la línea Z y entre las bandas A e I, causadas por diferentes tipos de tenderización, indicaban una descomposición de la integridad de la estructura contráctil resultando en un aumento de las proteínas disponibles para la formación de la cohesión muscular.

Tenderización, pre-masaje y masaje están estrechamente relacionados y no todos los productos necesitan de igual acción mecánica, sino que estará en función del resto del proceso y sobre todo de la presentación y calidad final del propio producto. La acción mecánica aplicada a un producto entero que será loncheado a mano será menos intensa que la aplicada a un producto que se destinará a una línea de loncheado automático.

La acción química y la mecánica están estrechamente ligadas y son necesarias en cualquier producto, pero cuando la acción química es débil por cuestiones legislativas o de mercado, es necesario intensificar y adaptar la acción mecánica para compensar parte de las consecuencias negativas que se podrían producir en la calidad del producto.

Muscle cohesion

Cohesion of the muscles takes place thanks to the myofibrillar proteins which have been extracted during the manufacturing process and which are found on the surface of the muscle. These proteins form the exudate and, due to their gelling capacity, act as a glue between the muscles. It has been widely demonstrated in the pertinent literature that the greater number of proteins extracted, the greater the stability between muscles and therefore the better the sliceability.

Extraction of myofibrillar proteins is achieved through two actions:

- **Chemical action:** Brine composition. The presence of salt and phosphates increases the pH and the ionic strength of the medium, giving rise to the opening of the protein chains and facilitating their extraction.
- **Mechanical action:** Application of the mechanical process causes relaxation of the muscle structure and breaking up of the cells, making the membranes more permeable and increasing mobilization of the proteins up toward the surface of the muscle. The degree to which the muscle structure is opened will determine the final quantity of proteins present in the exudate. This opening of the structure is done by means of tenderization, pre-massage and massage. Tenderization is the mechanical action of producing multiple cuts in the meat muscle in order to increase the surface area and thereby facilitate extraction and solubilization during the massaging phase. Softening of the muscle is also obtained, making the meat more adaptable to the cooking moulds. A study carried out by Wieczorek and Jakubiec-Puka (1997) demonstrated that breakage along the fibers and myofibrils, both in the region of Z line and between A- I bands, caused by different types of tenderization, indicated a decomposition of the integrity of the contractile structure resulting in an increase in proteins available for muscle formation and cohesion.

Tenderization, pre-massage and massage are closely inter-related, and not all products require the same mechanical action. This will depend on the rest of the process and, above all, on the presentation and final quality of the product itself. The mechanical action applied to a whole muscle product to be sliced by hand will be less intense than that applied to a product destined for an automatic slicing line.

Chemical action and mechanical action are closely related and necessary in all products, but when the chemical action is weak due to legislative or market questions, the mechanical action must be intensified and adapted in order to compensate for some of the negative consequences that may result in the product's quality.

Muscle firmness and consistency

From a technological point of view, meat quality is usually measured in terms of meat that is PSE (pale soft and exudative) or RSE (red soft exudative) and directly affects the yield in industrial slicing, since the lack of protein functionality gives rise to a soft texture of the fibers that present less resistance to the knives, causing breakage of the muscle and therefore resulting in slices that are unacceptable for the consumer.

Firmeza y consistencia del músculo

Desde el punto de vista tecnológico, la calidad de la carne suele medirse según sea la incidencia de carne PSE (pale soft and exudative) o RSE (red soft exudative) e incide directamente en el rendimiento del loncheado industrial, debido a que la falta de funcionalidad de las proteínas da lugar a una textura blanda de las fibras que presentan menor resistencia a las cuchillas, produciéndose roturas del músculo y por lo tanto de las lonchas que resultan inaceptables para el consumidor. Según datos disponibles de diversos mataderos, el porcentaje de carne PSE/RSE no parece tener tendencia a disminuir, aunque las estadísticas difieren según la procedencia, hallándose datos de algunos mataderos de hasta el 16-20% de incidencia en jamones, dando lugar a elevadas pérdidas económicas. La genética de los animales (presencia del gen halotano, predisposición al síndrome del estrés porcino), el tratamiento recibido antes y después del sacrificio y la estacionalidad determinarán la mayor o menor presencia de este defecto. En el sur de Europa, donde durante el verano se puede llegar a temperaturas superiores a 35°C, se ha comprobado un aumento considerable del porcentaje de PSE durante los meses más calurosos. También parece haber una relación directa con la carne más magra que es la que se utiliza para productos loncheados (García-Rey et al., 2005; Oliver et al., 2001, Buege 1998)

Lo más aconsejable sería analizar la carne y separar los músculos defectuosos, pero la elevada incidencia de PSE no hace viable este procedimiento, salvo para calidades muy determinadas. De este modo, los fabricantes se ven obligados a utilizar una carne que ya saben que les dará problemas, buscando la forma de poder minimizar los efectos negativos. En los productos de baja inyección, donde la carne representa más del 80% de la composición final, la calidad de la carne es determinante para el rendimiento del loncheado, mientras que en productos de inyección más elevada, pierde influencia a favor del proceso y tecnología utilizada.

A través de algunos aditivos, aparte de los ya mencionados sal y fosfatos, como son carragenatos y gomas vegetales, se puede endurecer y/o "plastificar" ligeramente la textura del músculo, pero no resultan suficientes para compensar la falta de firmeza de la carne por sí solos. Sin embargo, sí que se ha observado que la acción mecánica de tenderización mencionada anteriormente tiene un efecto positivo en este tipo de carne, dado que gracias al aumento de la superficie de contacto entre músculos se logra que la textura sea menos quebradiza.

El objetivo de este trabajo es estudiar cuál es la forma de tenderización más efectiva para diferentes productos, teniendo en cuenta tanto el rendimiento de loncheado como el aspecto del corte, utilizando carne comercial sin selección de músculos, para poder estandarizar los procesos de la forma más real posible.

I DISEÑO EXPERIMENTAL

Para poder comprobar el efecto de la tenderización sobre el rendimiento de loncheado en productos cocidos de músculo entero, se diseñaron dos pruebas en las que se elaboraron dos productos de tipo comercial con diferentes tipos y grados de tenderización.

Se usaron cuatro tipos de tenderización diferentes:

According to the data available from different slaughter houses, the percentage of PSE/RSE meat does not appear to be diminishing, although the statistics vary depending on their origin, with data from some slaughter houses of up to 16-20% occurrence in ham, resulting in high economic losses. The genetic makeup of the animals (presence of the halotane gene, predisposition to porcine stress syndrome), the treatment received before and after slaughter and seasonal factors will determine the presence of this defect. In the south of Europe, where summer temperatures can rise above 35°C, a considerable increase in the percentage of PSE has been detected during the hottest months. There also appears to be a direct relation with the leaner meat that is used for sliced products (García-Rey et al. 2005; Oliver et al. 2001; Buege 1998).

The most advisable practice would be to analyze the meat and separate out the defective muscles, but due to the high incidence of PSE this is not a viable procedure, except for specific quality products. Therefore, processors have no choice but to use meat they know will cause problems, trying to find a way to minimize the negative effects. In low-injection products where meat content represents more than 80% of the final composition, meat quality is a determining factor in slicing yield, while in more highly injected products, this is not as important as the process and technology used.

By means of certain additives, aside from the above-mentioned salt and phosphates, such as carrageenan and vegetable gums, muscle texture can be slightly hardened and/or "plastified", however this alone will not be sufficient to compensate for the meat's lack of firmness. It has been observed that the mechanical action of tenderization does have a positive effect on this type of meat, because the texture is less fragile due to an increased surface of contact between muscles.

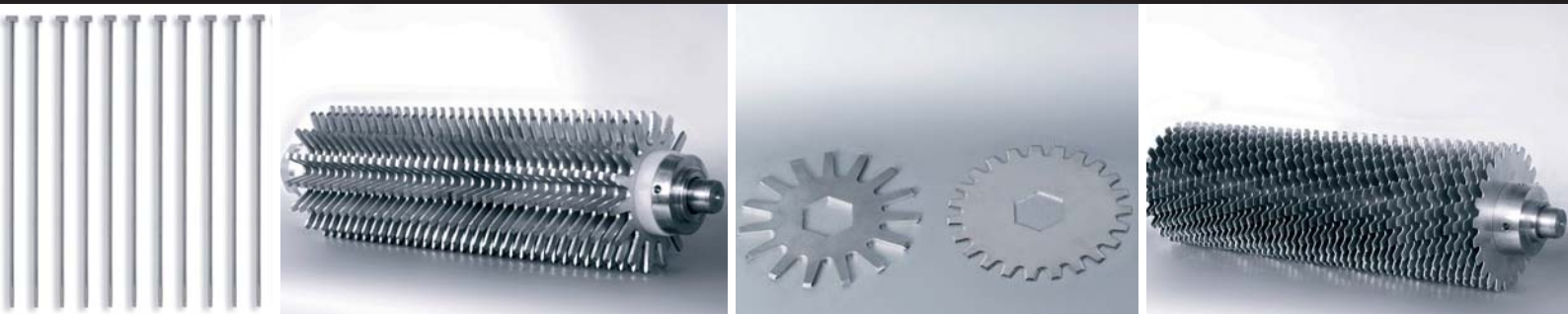
The object of this work is to study which kind of tenderization is most effective for different products, with both slicing yield and appearance of the slice in mind, using commercial meat without muscle selection, in order to standardize the processes in the most real way possible.

I EXPERIMENTAL DESIGN

In order to study the effect that tenderization has on slicing yield in whole muscle cooked products, two tests were designed with which to produce two commercial-type products with different types and degrees of tenderization.

Four different types of tenderization were used:

- **Blade head:** Consists of a head incorporated to the injector. It has 336 blades of 5 mm in diameter that deeply penetrate the meat, softening it without producing tearing or separation of muscles. This type of tenderization was used for all types of products for many years, but with the increasing growth of sliced products its use has been shifting to whole products, since cuts are produced only on one side of the muscle (Photo 1).
- **Dual-roller tenderizer:** consists of two counter-cutting rollers through which the meat is forced, producing cuts on both sides of the muscle, while simultaneously applying pressure on the entire piece. The shape of the rollers and the separation between them will determine the degree of tenderization. The machine used for the tests was a Filogrind



l Foto 1: Sables de 5 mm, rodillos de púas, detalle del rodillo de púas y cuchillas y rodillos de cuchillas
l Photo 1: Blades of 5 mm, roller prongs, detail of roller prongs and knives, and roller knives

- **Cabezal de sables:** Consiste en un cabezal incorporado a la inyectora. Consta de 336 sables de 5 mm de diámetro que penetran profundamente en la carne ablandándola sin producir desgarros ni separación de músculos. Este tipo de tenderización se utilizó para todo tipo de productos durante muchos años, pero desde el aumento de los productos loncheados su uso se está desplazando a productos enteros debido a que solamente realiza cortes en una sola cara del músculo (Foto1).

- **Tenderizadora de dos rodillos:** consiste en dos rodillos contracortantes a través de los cuales se fuerza el paso de la carne, produciéndose cortes en ambos lados del músculo, a la vez que se aplica una compresión en toda la pieza. La forma de los rodillos y la separación entre ambos determinarán el grado de tenderizado. Para las pruebas se utilizó el modelo Filogrind 360, de Metalquimia, S.A., con dos tipos de rodillos:

- **Rodillos de púas:** alternativa al cabezal de sables porque produce cortes profundos sin llegar a romper el músculo, pero con forma del sable más aguda y realizando cortes en ambos lados. Se utiliza en productos loncheados de baja inyección, donde se busca mantener el músculo lo más entero posible (Foto 1)

- **Rodillos de cuchillas:** cuchillas dentadas y afiladas que realizan muchos cortes seguidos produciendo un cierto desgarramiento del músculo según sea la separación entre los rodillos. Este tipo de tenderización es el que realiza mayor extracción de proteínas, pero también es el que puede afectar más la apariencia del corte (Foto1).

- **Tenderizadora de 4 rodillos:** parecida a la tenderizadora descrita en el párrafo anterior, pero con doble juego de rodillos para aumentar el nivel de corte y compensar al máximo las deficiencias en la calidad de la carne y también compensar la falta de tiempo de maduración en procesos de fabricación cortos. El modelo utilizado fue Filogrind 360 Twin, de Metalquimia, S.A con cuatro rodillos de cuchillas (Foto 2).

En las dos pruebas el único factor variable fue la tenderización, mientras que los demás parámetros del proceso (inyección, masaje, embutición, cocción...) se mantuvieron constantes en cada prueba. Como ya se ha comentado anteriormente, no se seleccionó la carne ni por procedencia ni por presencia de PSE, por lo que se trata de la misma carne que la industria utilizaría para una producción estándar. Finalmente, se recopilaron todos los datos, prestando especial atención al rendimiento de loncheado, así como a la textura y a la apariencia del producto final.

Prueba 1: Influencia de la tenderización en productos de baja inyección.

Para este ensayo se escogió una inyección del 20% en representación de un producto de calidad que se puede

model 360, manufactured by Metalquimia, S.A., with two types of rollers:

- **Rollers with prongs:** alternative to the blade head because deep cuts are produced without tearing the muscle, but with a sharper blade and making cuts on both sides. Used for low-injection sliced products in which the muscle should be kept as whole as possible. (Photo 1)

- **Rollers with knives:** sharp serrated knives that produce quick multiple cuts and a certain degree of muscle tearing, depending on the separation between rollers. This type of tenderization is the one that results in greater protein extraction, but is also the one that may have greater impact on the appearance of the slice. (Photo 1).

- **4-roller tenderizer:** similar to the tenderizer described in the above paragraph, but with a double set of rollers to increase the degree of cutting and to provide maximum compensation for the deficiencies in quality of the meat and also compensation for the lack of maturation time in processes of short duration. The model used was a Filogrind 360 Twin, manufactured by Metalquimia, S. A., with four rollers with knives (Photo 2).

In the two tests the only variable factor was tenderization, while all the other parameters of the process (injection, massage, stuffing, cooking...) were maintained as constants in each test. As mentioned above, no selection of meat was made in regard to its origin or the presence of PSE, to replicate the standard production within industry. Finally, all data were compiled, paying special attention to slicing yield, as well as texture and the physical appearance of the finished product.

Test 1: Impact of tenderization on low-injection products.

For this test an injection of 20% was selected, representing a quality product that can be found in many countries. The hams used were from pigs slaughtered in an industrial slaughter house. They were deboned, dividing each ham into the four major muscle groups and leaving a degree of trimming in accordance with sliced products. For each batch 55 hams were prepared, with an average weight after trimming of 7.2 kg, and left for 48 hours in a chilling room until after rigor mortis.

The hams were injected with a Movistick spray injector, model 120/3000, Metalquimia, S.A. (Spain), before proceeding on to tenderization, which was carried out with three different systems that are usually applied by the industry:

- Batch 1 (T1): head with blades of 5 mm was used for the control batch (Photo 3)
- Batches 2 and 3: roller tenderizer, Filogrind model 360,

encontrar en diversos países. Se usaron jamones de cerdos sacrificados en un matadero industrial. Se deshuesaron separando cada jamón en los cuatro grupos musculares principales y dejando un grado de pulido acorde a los productos loncheados. Se prepararon 55 jamones para cada lote con un peso medio después de pulir de 7,2 kg, dejándolos 48 horas en cámara hasta superar el rigor mortis.

Los jamones se inyectaron con una inyectora de efecto "spray" (modelo Movistick 120/3000, Metalquimia, S.A. (España) y después se procedió a la tenderización con tres sistemas diferentes, que se suelen utilizar en la industria:

- Lote 1 (T1): cabezal de sables de 5 mm se utilizó como lote control (Foto 3)
- Lotes 2 y 3: tenderizadora de rodillos, modelo Filogrind 360, Metalquimia, S.A. (España) con un juego de rodillos de púas separados 0 mm (T2a) y -10 mm (T2b - Foto 3)
- Lotes 4 y 5: tenderizadora con un juego de rodillos de cuchillas separados 0 mm (T3a - Foto 3), y - 10 mm (T3b)

Tras la inyección y la tenderización se procedió al masaje de la carne en un reactor refrigerado y al vacío, modelo THM PX 500, Metalquimia, S.A. (España). Al tratarse de un producto de baja inyección y con tendencia al endurecimiento de los músculos durante el reposo, se prefirió repartir el tiempo total de masaje en dos fases, realizando el primero después de las fases de inyección-tenderización, y el segundo antes de la embutición para ablandar y facilitar la adaptación de los músculos durante la embutición automática. El tiempo de masaje total fue de 180 minutos al vacío, con combinación de efecto violento y suave a diferentes revoluciones. El tiempo de reposo fue de 16 horas a 5°C.

Después del segundo masaje se procedió a la embutición con una embutidora continua para músculo entero, modelo Twinvac PC9, Metalquimia, S.A. (España), que permite embutir piezas grandes sin destruir su morfología y poder obtener un corte lo más natural posible. Las piezas se colocaron en cestas multimoldes de formato de 190 x 120 x 1000 mm y se cocinaron en marmita de agua caliente, siguiendo un ciclo escalonado con 2 horas iniciales a 60°C de temperatura exterior, aumentando a continuación a 72°C hasta llegar a 69°C en el centro de las piezas.

Rendimiento loncheado: Después de dos días de enfriamiento y estabilización del producto, se dejaron 2 horas en cámara de congelación y se procedió al rebanado en una loncheadora automática Weber 602, a 500 rpm, a un grueso de 1,5 mm, calculándose al final de cada pieza el rendimiento alcanzado. Al final de cada lote se realizó el promedio del rendimiento de todas las piezas loncheadas.



! Foto 2: Tenderizadora de cuatro rodillos, Filogrind Twin, Metalquimia, S.A.
! Photo 2: Four-roller tenderizer, Filogrind Twin, Metalquimia, S.A.

Metalquimia, S.A. (Spain) with a set of roller prongs separated by 0 mm (T2a) and -10 mm (T2b- Photo 3)

- Batches 4 and 5: tenderizer with a set of roller knives separated by 0 mm (T3a- Photo 3) and -10 mm (T3b).

After injection and tenderization, the meat was massaged in a refrigerated vacuum reactor, Thermomat model PX 500, Metalquimia, S.A. (Spain). Because a low-injection product has a tendency to harden during the resting period, total massaging time was divided into two phases, the first one carried out after the injection and tenderization phases, and the second before stuffing in order to soften and facilitate adaptation of the muscles during automatic stuffing. The total massaging time was 180 minutes under vacuum, with a combination of tumbling and gentle action at different speeds. The resting period was 16 hours at 5°C.

After the second massage, stuffing was carried out with a whole muscle automatic continuous vacuum stuffer, Twinvac model PC9, Metalquimia, S.A. (Spain), which allows for stuffing large pieces without destroying their morphology and obtaining the most natural cut possible. The pieces were placed in multi-mould baskets with a format of 190 x 120 x 1000 mm and cooked in a hot water cooker, following a step-by-step cycle with the first 2 hours at an exterior temperature of 60°C, which was then increased to 72°C until a temperature of 69°C was reached in the core.

Slicing yield: After two days of chilling and stabilization of the product, it was left for 2 hours in the freezer before proceeding on to slicing in a Weber 602 automatic slicer, at 500 rpm, at a thickness of 1,5 mm. The yield was calculated after completion of each piece. At the end of each batch, the average slicing yield of all the pieces was calculated.

Cohesion of the slices was evaluated by means of a Tensile Test undertaken in samples of 25 x 60 x 1.5 mm obtained from adjacent slices of cooked ham using a crosshead speed



! Foto 3: Lotes T1 (Sables), T2b (Púas, a -10 mm) T3a (Cuchillas, a 0 mm)
! Photo 3: Batches T1 (Blades), T2b (Prongs, at -10 mm) T3a (Knives, at 0 mm)



! Foto 4: Test de tensión mediante el Texture Analyser TA.TX2 (Stable Micro System Ltd)
! Photo 4: Tensile test with the Texture Analyser TA.TX2 (Stable Micro System Ltd)



Cohesión de las lonchas: Se evaluó por medio del Test de Tensión en muestras de 25 x 60 x 1,5 mm contiguas, utilizando una velocidad de cruceta de 1 mm/seg. Todas las medidas se realizaron usando el Texture Analyser TA.TX2 (Stable Micro System Ltd) con células de carga de 25 kg. El análisis de la curva fuerza-tiempo lleva a la extracción de la máxima fuerza (Kg f), o sea la resistencia a la tensión del material. Se realizaron cinco réplicas para cada lote. (Foto 4)

Análisis del aspecto del corte: Se lonchearon 4 piezas de cada partida y fueron analizadas visualmente por un panel constituido por ocho catadores familiarizados con estos productos. De cada muestra se evaluó: entereza de las piezas, uniformidad color y aceptabilidad general del corte, utilizando una escala de valores con 10 puntos (10 = máxima integridad del músculo, color natural y uniforme, etc). La evaluación es comparativa entre las muestras, sin indicación del grado de aceptabilidad del producto por sí mismo.

Resultados y discusión

Test	Rendimiento loncheadora	Cohesión lonchas (tensil force kg f)	Análisis visual del corte
T1	90,2%	0,05	9,7
T2 a	94,7%	0,07	9,4
T2 b	95,3%	0,07	9,1
T3 a	95,6%	0,08	8,9
T3 b	96,5%	0,09	7,8

! Tabla 1: Análisis productos prueba 1

En la tabla 1 se pueden ver los resultados obtenidos de las diferentes combinaciones. Tal como se preveía, el rendimiento de loncheado aumenta a medida que se realizan más cortes en la carne por permitir que haya más superficie de contacto entre músculos. En la mayoría de las opciones se han obtenido resultados aceptables, excepto en el caso de la tenderización por sables, donde los resultados están demasiado alejados de la media esperada para este tipo de productos.

Dado que se dejó el tiempo y tipo de masaje fijo para no introducir otras variables, en los casos donde el rebanado es muy parecido, es probable que se pudiera compensar un tipo u otro de tenderización con más tiempo de masaje, lo que equivale a decir más tiempo de extracción proteica y mayor ablandamiento. En cambio en el caso del lote T1, con tenderización por un solo lado del músculo, no parece posible que un cambio en el masaje pudiera dar resultados cercanos a las demás pruebas porque la carne estaba demasiado dura para adaptarse correctamente al formato del molde, y la extracción de proteínas fue bastante inferior a los otros productos. Se observan pocas diferencias entre los resultados de los lotes T2b y T3a, porque aunque se trate de rodillos diferentes, la separación de los mismos puede compensar la forma de la cuchilla.

of 1 mm/seg. All the measurements were carried out using a Texture Analyser TA.TX2 (Stable Micro systems Ltd) with a 25 kg load cell. The analysis of the curve force-time leads to the extraction of maximum force (kg f) that is the tensile strength of the material. Five replications were carried out for each sample (kind) of cooked ham. (Photo 4)

Analysis of slice appearance: 4 samples from each batch were sliced and visually analyzed by a panel made up of eight experts familiar with such products. For each sample, the following characteristics were evaluated: integrity of the pieces, color uniformity and general acceptability of the slice. A 10-point value scale was used (10 = maximum muscle integrity, natural and uniform color, etc). The evaluation is comparative between the samples, without indicating the degree of acceptability of product itself.

Results and discussion

Test	Slicing yield	Slice cohesion (tensile strength kg f)	Visual analysis of the slice
T1	90.2%	0.05	9.7
T2 a	94.7%	0.07	9.4
T2 b	95.3%	0.07	9.1
T3 a	95.6%	0.08	8.9
T3 b	96.5%	0.09	7.8

! Table 1: Test 1 product analysis

The results obtained from the different combinations can be observed in Table 1. As was expected, slicing yield increased as more cuts were made in the meat to allow for more surface contact between muscles. In most of the options the results obtained were acceptable, except in the case of blade tenderization where the results are too far off the desired average for this type of products.

Given that the duration and type of massage was kept constant in order not to introduce other variables, in the cases of very similar batches, compensation could probably be obtained with one type of tenderization or another with more massaging time, which is the same as saying longer protein extraction time and greater softening of the meat. In contrast, in the case of batch T1, with tenderization applied to only one side of the muscle, it does not seem possible that a modification of the massage could give results similar to those of the other batches, since the meat was too tough to adapt itself correctly to the format of the mould, and protein extraction was quite inferior to the other products. Little difference is observed between the results from batches T2b and T3a, because although different rollers were used, the separation between them can compensate for the type of knife.

The Tensile Test reflects the same tendency as evidenced by

El Test de Tensión sigue la misma tendencia que el rendimiento del loncheado, presentando valores muy alejados en el caso del tenderizador de sables (T1), mientras que se observa poca diferencia entre los lotes T2a, T2b y T3a.

En el análisis visual del corte, se aprecia que el mejor corte se obtiene con la tenderización por sables (T1) porque es el que daña menos la estructura muscular, pero debido al bajo rendimiento en el loncheado resulta poco conveniente. Por otra parte, una tenderización muy fuerte, con rodillos de cuchillas muy cerradas (T3b) daña demasiado los músculos para este tipo de productos, donde se busca un aspecto más natural. En estas muestras también se observó menor uniformidad de color debido a los cortes producidos, a la presencia de músculos pequeños formados por el exceso de efecto mecánico, y a la presencia de pequeñas áreas más rojas. Las demás opciones presentan resultados muy parecidos y se consideran totalmente aceptables para un producto de alta calidad, pero se observa una ligera preferencia por los rodillos de púas (T2a, T2b) porque no dejan ningún tipo de marcas y los músculos quedan enteros, dando una mayor sensación de naturalidad. Los rodillos de cuchillas muy cerrados (T3b) podrían ser útiles cuando la calidad de la carne sea inferior al estándar o para productos de mayor rendimiento.

La preferencia por T2a, T2b o T3a puede depender de muchos factores y tendrá que ser estudiado con detalle para cada producto, siendo necesarios resultados estadísticos de rentabilidad en el loncheado para poder determinar con exactitud cuál de ellos es el más apropiado.

Prueba 2: Influencia de la tenderización en productos de alta inyección

Para este ensayo se escogió un producto inyectado al 100%. Se usaron paletas de cerdos sacrificados en el mismo matadero que la Prueba 1 y se deshuesaron manteniendo entera la pieza, dejando un grado de pulido acorde a un producto de alto rendimiento destinado a una línea de loncheado. Se prepararon 84 paletas para cada lote con un peso medio después de pulir de 2'9 kg, dejándolos 48 horas en cámara hasta superar el rigor mortis.

Se utilizó la misma inyectora que en la Prueba 1 y se prepararon dos lotes con diferente sistema de tenderización:

- Lote 1 (T4): Tenderizadora de rodillos, modelo Filogrind 360, Metalquimia, S.A. (España) con un juego de rodillos de cuchillas separados -10 mm. Después de los resultados obtenidos en la Prueba 1 y dadas las características del producto, se decidió no realizar ningún lote con más separación entre rodillos, porque el objetivo principal era aumentar al máximo la cohesión muscular (Foto 5)
- Lote 2 (T5): Tenderizadora de cuatro rodillos, modelo Filogrind 360 TWIN, Metalquimia, S.A. (España) con doble juego de rodillos de cuchillas fijos y separados 0 mm cada uno (Foto 5)



! Foto 5: Lote T4 (Dos rodillos de cuchillas a -10 mm) y T5 (cuatro rodillos de cuchillas a 0 mm)
! Photo 5: Batch T4 (Two roller knives at -10 mm) and T5 (four roller knives at 0 mm)

the slicing yield, presenting values very far off the mark in the case of the blade tenderizer (T1), while little difference is observed between batches T2a, T2b and T3a.

In the visual analysis of the slice, it can be seen that a better slice is obtained with blade tenderization (T1) because it results in the least damage to muscle structure, but it is not convenient due to the low slicing yield obtained. On the other hand, very intense tenderization, with tightly closed roller knives (T3b), causes too much damage to the muscles for this type of products, in which a more natural appearance is desired. These samples also showed less uniformity of color due to the cuts produced, the presence of small muscles resulting from an excess of mechanical action, and the presence of small redder areas. The other options gave very similar results and are considered totally acceptable for a high-quality product. But a slight preference for roller prongs (T2a, T2b) can be observed, because they leave no marks at all and the muscles remain in one piece, making them appear more natural. Tightly closed roller knives (T3b) could be useful when meat quality is below standard or for high-yield products.

A preference for T2a, T2b or T3a may depend on many factors and will have to be studied in detail for each product, requiring statistical results of slicing yield in order to determine with exactitude which of the options is most suitable.

Test 2: Impact of tenderization on high-injection products

A product injected at 100% was chosen for this test. The pork shoulders used were obtained from the same slaughter house as in Test 1 and were deboned, keeping the piece whole, leaving a degree of trimming in accordance with a high-yield product destined for a slicing line. For each batch 84 shoulders were prepared, with an average weight after trimming of 2.9 kg, and left for 48 hours in a chilling room until after rigor mortis.

The same injector was used as in Test 1, and two batches were prepared with different tenderization systems:

- Batch 1 (T4): Roller tenderizer, Filogrind model 360, Metalquimia, S.A. (Spain) with a set of roller knives separated by -10 mm. After the results obtained in Test 1 and given the characteristics of the product, it was decided that no batch would be made with greater separation between rollers, because the main objective was a maximum increase in muscle cohesion. (Photo 5)
- Batch 2 (T5): 4-roller tenderizer, Filogrind model 360 TWIN, Metalquimia, S.A. (Spain) with a double set of fixed roller knives, both with a separation of 0 mm. (Photo 5)

The massage was carried out in the same reactor as in Test

El masaje se realizó en el mismo reactor de la prueba 1, pero al tratarse de un producto de alta inyección, se realizó un masaje con elevada acción mecánica ya que para conseguir un buen loncheado es imprescindible que la salmuera sea absorbida lo más rápidamente posible, para evitar la formación de pasta intermuscular que crearía zonas de diferente textura y más quebradizas. El tiempo de masaje total fue de 180 minutos y se realizó en un solo ciclo tras la inyección - tenderización. En este caso, no se creyó necesario realizar un segundo ciclo antes de embutición porque la carne era suficientemente blanda y moldeable. El tiempo de reposo fue de 14 horas a 5°C.

La embutición se realizó en la misma embutidora para músculo entero, Twinvac PC9. Se utilizó un molde de corte más pequeño y cuadrado, 110 x 110 x 1000 mm, por ser el más utilizado en este tipo de productos. La cocción se efectuó en marmita de agua caliente, a una temperatura exterior constante de 75°C, hasta llegar a 71°C en el centro de las piezas.

Los análisis realizados para determinar la calidad de las lonchas fueron los mismos que en la prueba 1. Pero debido a la textura y al formato del producto, el estudio de la cohesión de las lonchas se realizó con una loncha entera (ver foto). Por ello, las muestras y la escala de valores no serán completamente comparables entre pruebas, pero sí dentro de una misma prueba.

Resultados y discusión

Test	Rendimiento loncheadora	Cohesión lonchas (tensil force kg f)	Análisis visual del corte
T4	94,6%	0,16	9,1
T5	96,5%	0,18	8,7

Tabla 2: Análisis productos prueba 2

Al igual que en la Prueba 1, se observa que el aumento del trabajo mecánico se traduce en un aumento del rendimiento en el loncheado, pero en este caso afectando menos el aspecto del corte. La tenderización con doble rodillo da lugar a multitud de cortes que permiten un mayor contacto entre los músculos. En un principio, se pensaba que dos rodillos de cuchillas con separación -10 mm, o sea que se entrecruzan, deberían dar resultados parecidos a cuatro rodillos más separados entre sí. Pero se observó que en el caso de la prueba T5, se producen cortes menos profundos pero mucho más numerosos y en todas direcciones, lo que parece dar lugar a una cohesión mucho más segura. En este caso, la profundidad del corte quizás no sea tan necesaria como en la Prueba 1, porque en el momento de embutir la carne es mucho más blanda por contener más agua y pasar por una fase de masaje más intensa. En la Prueba 1, una de las causas de disminución del rendimiento es la dureza de la carne, que si es excesiva no permite que los músculos se adapten al molde. Por eso, la profundidad del corte es tan importante como la cantidad de cortes realizados.

La prueba de cohesión de las lonchas demuestra un alto grado ligado entre los músculos. Como ya se comentó en un apartado anterior, en los productos de alta inyección, donde el contenido de carne en el producto final es menor y la presencia de algunos aditivos mayor, los defectos de la carne quedan minimizados, con lo cual la falta de consistencia de la carne a la presencia de carne PSE tienen mucha menos repercusión que en productos de baja inyección. Pero el alto grado de tenderizado y un masaje más fuerte han sido factores clave para endurecer y cohesionar las piezas. La combinación de estos factores da lugar a que la cohesión sea mucho mayor aunque el producto sea más blando.

1, but since this was a high-injection product, the massage was with intense mechanical action. In order to obtain good sliceability, it is indispensable that the brine be absorbed as quickly as possible to prevent formation of inter-muscular paste, that would create areas with differing textures and more weakening of the muscle. Total massaging time was 180 minutes and was done in a single cycle after injection-tenderization. In this case it was not deemed necessary to apply a second cycle after stuffing because the meat was sufficiently soft and mouldable. The resting time was 14 hours at 5°C.

Stuffing was carried out in the same whole muscle stuffer, Twinvac PC9. The mould used was square and of smaller format, 110 x 110 x 1000 mm, the most commonly used for this type of products. Cooking was done in a hot water cooker, at a constant exterior temperature of 75°C, until reaching 71°C in the core.

The analyses conducted to determine quality of the slices were the same as in Test 1. Due to the texture and format of the product, the study of slice cohesion was carried out with a whole slice (see photo). Therefore, the samples and the scale of values will not be completely comparable between the two tests, but rather only within each individual test.

Results and discussion

Test	Slicing yield	Slice cohesion (tensile strength kg f)	Visual analysis of the slice
T4	94.6%	0.16	9.1
T5	96.5%	0.18	8.7

Table 2: Test 2 product analysis

As was the case in Test 1, it can be seen that an increase in mechanical action results in increased slicing yield, but in this case with less impact on the appearance of the slice. Tenderization with a double roller produces a multitude of cuts that result in greater contact between the muscles. It was initially thought that two roller knives with a separation of -10 mm, crisscrossing each other, should give results similar to four rollers more widely separated. It was observed in the batch T5 that the cuts produced were not as deep but much more numerous in all directions, which seems to result in a much more reliable cohesion. In this case, the depth of the cut is perhaps not as necessary as in Test 1, because at the time of stuffing the meat is much softer due to its higher water content and to having undergone a more intense massaging phase. In Test 1, one of the causes of reduction in yield is toughness of the meat, which if excessive will not permit the muscles to adapt to the mould. This is why cutting depth is just as important as the number of cuts produced.

The slice cohesion test demonstrates a high degree of binding between the muscles. As was mentioned in a section above, in high-injection products there is less meat content and greater presence of some additives in the finished product. This allows meat defects to be minimized, so that the lack of meat consistency or the presence of PSE meat has much less repercussion than they do on low-injection products. But the high degree of tenderization and a more intense massage are key factors in hardening and cohesion of the pieces. The combination of these factors results in much greater cohesion even when the product is softer.

The impact that the degree of tenderization has on slice acceptability is less than in low-injection products, where a

La influencia del grado de tenderizado en la aceptación del corte es menor que en productos de baja inyección, donde se espera ver definida la forma anatómica de los músculos. En productos de alta inyección también interesa que se observen músculos enteros porque será más apreciado por los consumidores, pero el sector del mercado donde va destinado este producto y el formato del molde (menor superficie de exposición) permite que el tamaño del músculo sea menor. Estos datos parecen indicar que mientras se observen músculos anatómicos y no trozos picados, lo que más interesa al fabricante es que el rendimiento sea lo más alto posible. Por eso sería recomendable poder realizar doble tenderizado y lograr un nivel de cohesión lo más elevado posible.

I CONCLUSIONES

La fase de tenderizado tiene gran influencia en la rentabilidad del proceso de loncheado de productos cárnicos cocidos de músculo entero, independientemente de las otras características del proceso. La realización de multitud de cortes permite un gran aumento de la superficie de contacto entre los músculos, y la rotura de las miofibrillas, con lo cual las posibles zonas débiles a las cuchillas debidas a la presencia de carne PSE/RSE, se distribuyen a lo largo de la pieza y disminuye la formación de lonchas defectuosas por falta de cohesión o de consistencia del músculo. En cambio, la tenderización por sables que realiza cortes por un solo lado del músculo se demuestra insuficiente para un rendimiento aceptable de la línea, pero sigue siendo un tipo de tenderización óptimo para piezas enteras.

Tal como demuestran los resultados de aceptación, serán necesarias diversas pruebas para cada producto para encontrar el tipo e intensidad de tenderizado óptimo para cada producto, según sea la calidad final y sector del mercado donde vaya destinado. Los rodillos de púas parecen los más indicados para productos de baja inyección porque permiten mantener el aspecto natural del músculo. Mientras que los rodillos de cuchillas, y sobre todo con doble tenderización se demuestran muy eficaces en productos de mayor inyección.

visibly well-defined anatomical shape of the muscle is desired. In high-injection products it is also desirable for the muscles to appear whole, since this makes the product more attractive to the consumer, but the sector of the market to which this type of product is destined and the format of the mould (less viewing surface) allow the muscle size to be smaller. These data seem to indicate that as long as anatomical muscles are visible, and not ground to pieces, what is in the processor's best interest is for the yield to be as high as possible. Therefore, the best strategy would be to apply double tenderization and achieve the highest possible degree of cohesion.

I CONCLUSIONS

The tenderization phase has a major impact on yield in the slicing process of whole muscle cooked meat products, regardless of the other characteristics of the process. The application of a multitude of cuts greatly increases the surface of contact between muscles, and facilitates the breakage of myofibrils, so that the possible weak areas with little resistance to the knives due to the presence of PSE/RSE meat, are distributed throughout the entire piece, thereby diminishing the formation of defective slices caused by lack of muscle cohesion or consistency. In contrast, blade tenderization, in which cuts are produced on only one side of the muscle, proves to be insufficient for acceptable in-line yield, but continues to be an optimum type of tenderization for whole pieces.

As the acceptance results demonstrate, various tests will be required for each product in order to determine the type and intensity of tenderization that is optimum for each product, depending on the desired quality of the product and the sector of the market to which it is destined. Rollers with prongs appear to be the most suitable for low-injection products because they allow for keeping the natural appearance of the muscle intact. While rollers with knives, and above all with double tenderization, prove to be very effective in more highly injected products.

BIBLIOGRAFÍA BIBLIOGRAPHY

- Buege, D., Dr. Griffin, D. 1998. Variation in Pork Lean Quality. National Pork Board.
- De Lara, J. A. F., Soares, A. F., Ida, E. I., Olivo, R., Shimokomaki, M. 2003. Carnes PSE (Pale, Soft, Exudative) Em Suínos e Aves. Uma Abordagem Comparativa. Revista da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Vol. 37(1): 36-39.
- Franck, M., Svensson, M., von Seth, G., Josell, A., Figwer, Ph., Poirel, M. T., Monin, G. 2003. Effect of stunning conditions on occurrence of PSE defects in hams of *rn+/RN-* pigs. Meat Science, Vol. 64(4): 351-355.
- García-Rey, R.M., Quiles-Zafra, R., Luque de Castro, M.D. 2005. Effect of genotype and seasonality on pig carcass and meat characteristics. Livestock Production Science. Vol. 96 (2-3): 175-183.
- ISMEA 2006: Rapporto sui consumi alimentari in Italia.
- Marriott, N.G. Dr., Wes Schilling, M., Dr. Sebranek, J. 1998. Utilization of Pale, Soft and Exudative Pork. National Pork Board.
- Oliver, M.A., Gispert, M., Coll, C., Guardia, D., Diestre, A. 2001. Incidencia de carne PSE y DFD en canales comerciales de cerdo de cinco mataderos españoles: influencia de factores antes del sacrificio. Eurocarne, Vol. 100: 101-109.
- O'Neill, D.J., Lynch, P.B., Troy, D.J., Buckley, D.J., Kerry, J.P. 2002. Effects of PSE on the quality of cooked hams. Meat Science, Vol. 64(2): 113-118.
- Tyszkiewicz, I., Klossowska, B.M. 1996. Mechanical Tenderisation of Pork Meat: Protein and Water Release due to Tissue Damage. Journal of the Science of Food and Agriculture, Vol. 73(2): 179 - 185.

AGRADECIMIENTOS ACKNOWLEDGMENTS

Quisiéramos agradecer a los ingenieros Narcís Lagares y Josep M^a Brugué, del Departamento de Ingeniería de METALQUIMIA, S.A., toda su ayuda y colaboración prestada para la confección de este artículo. También nos gustaría agradecer a la Dra. Dolors Guardia del Laboratorio de Análisis Sensorial del IRTA (España) por su colaboración y ayuda prestada en el análisis de cohesión muscular, y a Mr. Manfred Unfried and Mr. Adam Hamling de Nu-Meat Technology, Inc (USA) por su colaboración en la determinación de las pruebas.

We would like to thank the engineers Narcís Lagares and Josep M^a Brugué, of the METALQUIMIA, S.A. Engineering Department, for all their help and collaboration in preparing this article. Our thanks also goes to Dr. Dolors Guardia of the IRTA Sensorial Analysis Laboratory (Spain) for her collaboration and assistance with the muscle cohesion analysis, and to Mr. Manfred Unfried and Mr. Adam Hamling of Nu-Meat Technology, Inc (USA) for his collaboration in the search of the test conditions.

DIRECCIÓN DE LOS AUTORES ADDRESS OF THE AUTHORS

Marta Xargayó · Josep Lagares · Eva Fernández · Daniel Borrell · Daniel Sanz
METALQUIMIA, S.A.

Technology Department · St. Ponç de la Barca s/n · 17007 Girona · SPAIN · info@metalquimia.com · www.metalquimia.com