

> Efectos de una fase de pre-masaje (secuencia de impactos de presión) en la elaboración de productos cárnicos cocidos de músculo entero

> Effects of a pre-massaging stage (sequence of pressure impacts) in the manufacture of cooked whole muscle meat products

| Marta Xargayó, Llorenç Freixanet, Josep Lagares, Eva Fernández, Peter Jaeger-Ponet
Departamento Tecnológico METALQUIMIA, S.A. | Technology Department of METALQUIMIA, S.A.

| RESUMEN

La aplicación de una secuencia de impactos de presión (pre-masaje) al músculo cárnico tiene un efecto notable e innovador sobre el comportamiento de la carne a lo largo del proceso de elaboración de productos cárnicos cocidos. A fin de cuantificar este efecto y poderlo aplicar en una línea de producción, se realizaron una serie de pruebas a nivel de laboratorio, planta piloto y planta industrial. Para las pruebas de laboratorio, se recogieron muestras del músculo *Biceps femoris* en diferentes fases del proceso y se prepararon cortes histológicos, a fin de observar el efecto del pre-masaje a nivel celular. Posteriormente, se pasó a una segunda fase en planta piloto, para definir el sistema de aplicación de la presión sobre la carne. Finalmente, se prepararon una serie de pruebas en diferentes plantas industriales, para comprobar el efecto de la presión aplicada secuencialmente en diferentes productos comerciales. Se tomaron como referencia los siguientes parámetros: tiempo de masaje, rendimiento, ligado muscular y loncheado, por ser los atributos con mayor incidencia en la calidad y coste del producto. Los resultados obtenidos en las pruebas descritas en este artículo, demuestran que el efecto del pre-masaje es muy positivo y eficaz sobre todos los parámetros mencionados, y puede ser aplicado a la mayoría de los procesos cárnicos elaborados con músculos enteros. Las características de la fibra muscular varían de una especie a otra y, en cada producto, será necesario ajustar la intensidad de la presión para lograr el efecto deseado.

| INTRODUCCIÓN

El objetivo de todo fabricante suele ser siempre el de mejorar la calidad de los productos y bajar los costes de producción. Gracias a la evolución de la tecnología, estos objetivos se han ido consiguiendo, y no obstante los avances fueron muy rápidos al principio de la industrialización de las líneas de producción de embutidos, a medida que se ha ido perfeccionando el proceso, la mejora del mismo se hace más difícil.

El proceso de elaboración de productos cárnicos cocidos, en términos generales, se compone desde hace tiempo de las mismas fases: inyección, tenderización, masaje, embutición, cocción y enfriamiento. El objetivo final de dicho proceso es obtener una elevada retención de agua y un buen ligado muscular. Uno de los puntos clave para alcanzar dichos objetivos es conseguir una buena extracción y solubilización de las proteínas musculares, principalmente la fracción de proteínas miofibrilares, que representan un 50% del total de las proteínas cárnicas y que son las responsables de la estructura muscular. Estas proteínas, una vez solubilizadas, forman el exudado con efecto de cola entre los músculos y

| ABSTRACT

The application of a sequence of pressure impacts (pre-massaging) to the meat muscle has a notable and innovative effect on the way the meat responds during the course of the manufacturing process for cooked meat products. In order to quantify this effect and be able to apply it in a production line, a series of tests were conducted at the laboratory, pilot plant and industrial level. For the laboratory tests, samples of the *Biceps femoris* muscle, at different stages of the process, were taken and histological slices were prepared, in order to study the effect of pre-massaging at the cellular level. Subsequently, further testing was done in a pilot plant to define the system of pressure application to the meat. Finally, a series of tests were prepared in various industrial plants to study the effect of pressure applied sequentially to a number of commercial products. The following parameters were taken as reference: massaging time, yield, muscle binding and sliceability, since these are the factors that influence product quality and cost. The results obtained in the tests described in this article demonstrate that pre-massaging has a very positive and efficient effect on all the above-mentioned parameters and can be applied to most manufacturing processes for whole muscle meat products. The characteristics of muscle fibre vary from one kind of meat to another and from one product to another, so that the intensity of pressure must be adjusted in order to achieve the desired effect.

| INTRODUCTION

The objective of all manufacturers is to continually improve product quality and lower production costs. Thanks to the evolution of technology, these objectives have become more and more attainable. However, technological advances took place very quickly in the early days of industrialized processing lines for cooked meat products, and as processing techniques have been perfected, it is becoming increasingly difficult to improve upon them.

The manufacturing process for cooked meat products, in general terms, has consisted for some time now, of the same basic steps: Injection, tenderization, massaging, stuffing, cooking and cooling. The final objective of this process is to obtain increased water holding capacity and good binding of muscles. One of the key factors in reaching these objectives is to achieve proper extraction and solubilization of muscle proteins, in particular the myofibrillar proteins, which represent 50% of all meat proteins and are responsible for muscle structure. These proteins, once solubilized, form an exudate that acts as glue between the muscles and hold water, since they form a three-dimensional web of filaments.

retienen agua, debido a que forman un retículo tridimensional de filamentos.

Aparte del efecto químico de los ingredientes de la salmuera (aumentan el pH y la fuerza iónica del medio posibilitando la apertura de las cadenas y la extracción), la solubilización de las proteínas dependerá de un efecto mecánico realizado a través de la tenderización y el masaje. La tenderización es el efecto mecánico de producir multitud de cortes en el músculo, aumentando la superficie de extracción. El masaje a través de movimientos de golpeo y/o de fricción ayudará a la absorción y distribución de la salmuera, a la extracción y solubilización de las proteínas y sobre todo a la distribución de las mismas sobre la superficie del músculo. El grado de tenderización y la combinación de tiempo e intensidad de masaje darán lugar a un rendimiento y ligado muscular determinado.

I UNIDAD DE PRE-MASAJE

Para aumentar el rendimiento en un producto, o bien disminuir el tiempo de masaje, no basta tener en cuenta que aumentando el grado de tenderización y/o la intensidad del masaje se consigue dicho objetivo. Hay una serie de limitaciones dadas por la calidad del producto. Tanto la tenderización como el masaje, si se aplican en exceso, pueden llegar a destruir la estructura de la carne, perdiéndose la apariencia de fibra muscular en el corte. Si el número de cortes es muy elevado, se rompen los músculos y pueden aparecer manchas de diferente color en el producto. Un exceso de masaje puede dar lugar a la formación de pasta entre músculos, debido a un exceso de proteína coagulada, a parte de destruir la morfología de la pieza.

Para conseguir los objetivos mencionados al principio de este artículo, se buscó un sistema que actuase a nivel de miofibrillas pero que no se detectase en la fibra muscular y, por tanto, ni la apariencia del corte ni la textura se vieran afectadas.

Este proceso consiste en aplicar secuencialmente impactos de presión (60-100 Kg/cm²) sobre el músculo cárnico. Este procedimiento ablanda la carne, provocando un estiramiento y separación de las células y aumentando los espacios libres interfibrilares, dando lugar a una mejor y más rápida absorción de la salmuera, disminución del tiempo efectivo de masaje y un aumento del ligado muscular.

I EFECTO DEL PRE-MASAJE SOBRE LAS FIBRAS Y MIOFIBRILLAS MUSCULARES

El efecto del pre-masaje, basado en la aplicación de impactos de presión sobre la masa cárnica, es la rotura del tejido muscular a nivel celular, concretamente de la membrana celular, facilitando de este modo la salida del líquido citoplasmático que contiene proteínas miofibrilares, hacia el espacio intercelular.

Está ampliamente aceptado que el aumento de la fuerza iónica del medio, provocada por la acción del cloruro sódico y de los fosfatos, facilita la extracción de las proteínas miofibrilares. Con la aplicación de impactos de presión sobre las células, rompiendo las membranas, la extracción se realiza de forma más rápida y eficaz.

Comparando las fotografías 1-4, se puede observar la diferencia del espacio intercelular y la disposición de las

In addition to the chemical effect of brine ingredients (which increase the pH and ionic strength of the medium by facilitating the opening of chains and extraction), protein solubilization will depend on a mechanical effect carried out through tenderization and massaging. Tenderization is the mechanical action of producing multiple cuts in the muscle, thereby increasing the surface area for extraction. Massaging by means of pounding and/or rubbing action will help brine absorption and distribution, protein solubilization and extraction and, above all, the distribution of these proteins on the muscle surface. The degree of tenderization and the combination of massaging time and intensity will result in a determined yield and muscle binding.

I PRE-MASSAGING UNIT

To increase product yield, or to reduce massaging time, simply increasing the degree of tenderization and/or intensity of massaging will not be enough to achieve said objective. There are a series of limitations imposed by product quality. Both tenderization and massaging, if applied in excess, can destroy the meat structure, with a resulting loss of visible muscle fibre in the slice. If the number of cuts is excessive, the muscles get torn and discoloured areas may appear in the product. An excess of massaging may cause a pasty substance to form between muscles, due to an excess of coagulated protein, as well as destroying the morphology of the piece.

In order to achieve the objectives mentioned at the beginning of this article, a system was devised that would act on the myofibrillae but not be detected in the muscle fibre and, consequently, would not affect the appearance of the slice or product texture.

This process consists in sequentially applying impacts of pressure (60-100 Kg/cm²) to the meat muscle. This treatment process softens the meat, causing a stretching and separation of cells and increasing the interfibrillar free spaces, resulting in better and faster brine absorption, a reduction of effective massaging time and increased muscle binding.

I EFFECT OF PRE-MASSAGING ON MUSCLE FIBERS AND MYOFIBRILLAE

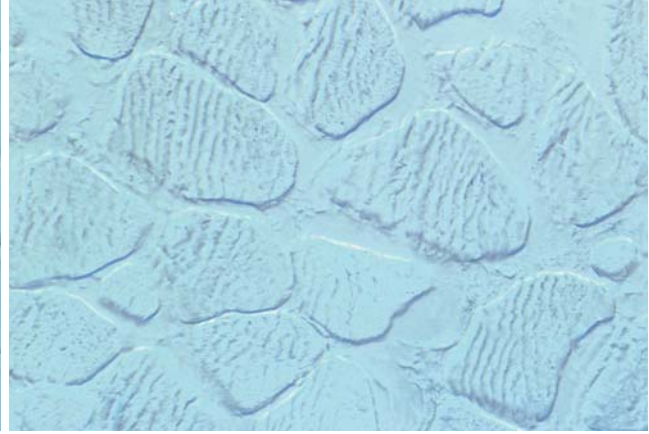
The effect of pre-massaging, based on the application of pressure impacts to the meat mass, is the breaking up of muscle tissue at the cellular level, in particular the cell membrane, which facilitates the release of the cytoplasmic liquid containing myofibrillar proteins into the intercellular space.

It is widely accepted that an increase in the ionic strength of the medium, produced by the action of sodium chloride and phosphates, facilitates extraction of myofibrillar proteins. By applying pressure impacts to the cells, which breaks up the membranes, extraction is carried out more quickly and efficiently.

By comparing photographs 1-4, it can be observed the difference in the intercellular space and arrangement of cells in the unprocessed meat (1 and 3) and in the meat after undergoing injection and a pre-massaging process (2 and 4). In the latter photograph the surface of the fibres appears cracked and the fibres have lost their polyhedral shape to become more rounded.



1. Carne sin procesar. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X
1. Unprocessed meat. Nomarsky Interferential Contrast Staining. 500X



2. Carne después de inyección, tenderización y pre-masaje. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X
2. Meat after injection, tenderization and pre-massaging. Nomarsky Interferential Contrast Staining. 500X

células en la carne sin ningún tratamiento (1 y 3) y en la carne después de ser inyectada y pasar por un tratamiento de pre-masaje (2 y 4). En esta última fotografía la superficie de las fibras aparece agrietada y éstas pierden la forma poliédrica para volverse más redondeadas.

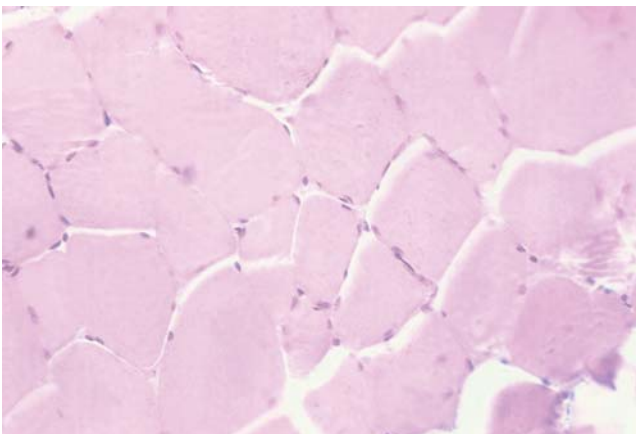
El masaje tiene una función similar, o sea rotura de las células musculares y posterior extracción y solubilización de las proteínas al espacio intercelular. Si la unidad de pre-masaje rompe las células desde el inicio del proceso, el tiempo de masaje necesario se ve reducido, ya que una buena parte del trabajo mecánico ya se ha realizado. El hecho de que tenga lugar al principio del proceso, y no a lo largo del mismo, puede reducir no solamente el tiempo de masaje, sino también el tiempo de maduración.

En las fotografías 5 y 6 se observa la diferencia en el espacio intercelular final entre un músculo cárnico después de pasar por las fases de inyección, tenderización y masaje (fotografía 5), y carne que ha pasado además por una fase de pre-masaje (fotografía 6). También se puede observar el cambio del espacio intercelular en la fotografía 6 respecto a las fotografías 2 y 4, donde aún no se ha aplicado masaje. El líquido intercelular inicial se ha distribuido por acción del masaje, reabsorbiéndose una parte dentro la célula, mientras que el resto se distribuye hacia la superficie del músculo cárnico (exudado), donde las proteínas solubilizadas del mismo podrán realizar el ligado muscular. El líquido reabsorbido contiene las proteínas miofibrilares que han retenido el agua presente en el espacio intercelular. El líquido que permanece

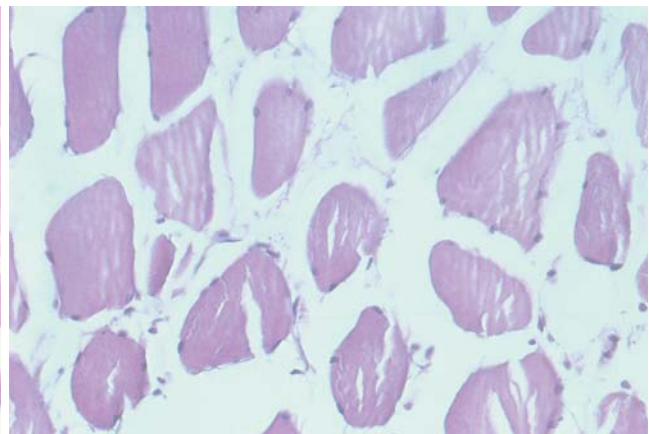
The massaging process has a similar function, the breaking up of muscle cells and the subsequent extraction and solubilization of proteins into the intercellular space. If the pre-massaging unit begins breaking up the cells right from the start of the process, the necessary massaging time is reduced, since a great part of the mechanical work has already been performed. Having this work carried out at the start of the process, rather than throughout the process, can reduce not only massaging time, but also maturation time.

In photographs 5 and 6 one can observe the difference in the final intercellular space in a meat muscle after having undergone injection, tenderization and massaging (photograph 5), as compared to meat that has undergone, in addition, a pre-massaging phase (photograph 6). One can also observe the change in the intercellular space in photograph 6 in relation to photographs 2 and 4, in which massaging has not yet been applied. The initial intercellular liquid has been distributed by means of the massaging action, part of it having been reabsorbed into the cell and the rest distributed towards the meat muscle surface (exudate), where the solubilized proteins will be able to produce muscle binding. The reabsorbed liquid contains the myofibrillar proteins that have held the water present in the intercellular space. The liquid remaining between the cells will be in optimum conditions to hold the water that could otherwise be lost during the cooking process, thanks to coagulation of the proteins.

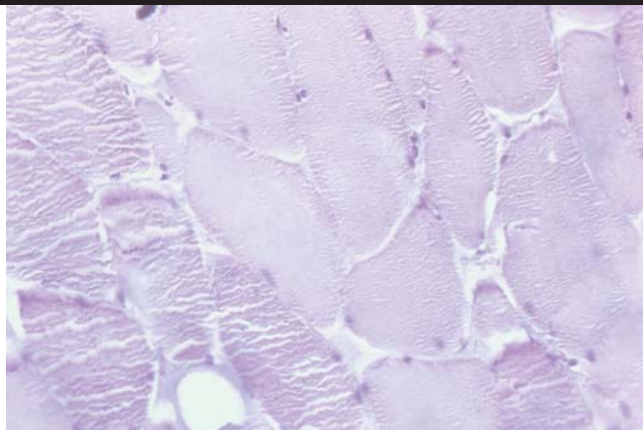
The difference in the intercellular space existing during the course of the cycle is what explains the differences in yield, effective massaging time and muscle binding that have



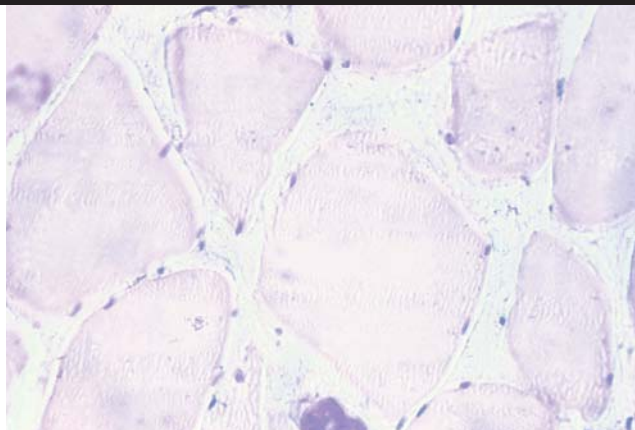
3. Carne sin procesar. Tinción Hematoxiline-Eosina. 500X
3. Unprocessed meat. Hematoxiline-Eosine Staining. 500X



4. Carne después de inyección, tenderización y pre-masaje. Tinción Hematoxiline-Eosina. 500X
4. Meat after injection, tenderization and pre-massaging. Hematoxiline-Eosine Staining. 500X



I 5. Carne después del proceso de inyección, tenderización y masaje. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X
I 5. Meat after the process of injection, tenderization and massaging. Nomarsky Interferential Contrast Staining. 500X



I 6. Carne con el proceso de la fotografía n° 5, más la unidad de masaje. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X
I 6. Meat processed in the same way as photograph n° 5, with the addition of the pre-massaging unit. Nomarsky Interferential Contrast Staining. 500X

entre las células estará en óptimas condiciones para retener el agua que se pueda ir perdiendo durante la cocción, debido a la coagulación de las proteínas.

La diferencia en el espacio intercelular a lo largo del ciclo, explica las diferencias en rendimiento, tiempo de masaje necesario y ligado muscular, que se han observado en las pruebas comerciales. La estructura muscular no ha sufrido más agresión que en el proceso normal (más cortes o hendiduras) y se ha disminuido la acción agresiva del masaje, con lo cual el aspecto del producto y la masticabilidad han mejorado.

I DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y EFECTO SOBRE EL MÚSCULO CÁRNICO

Material y Métodos

Se diseñaron una serie de ensayos en planta piloto para definir cómo tenía que ser aplicada una determinada presión sobre la carne para que diera el efecto más apropiado.

Se inyectó un producto de elaboración estándar, con carne de pierna de cerdo post rigor-mortis (48 horas) y dividida en 4 músculos. Se inyectó una salmuera apropiada para conseguir un producto merma cero (sin merma de cocción) a un porcentaje del 50% con una inyectora de efecto atomizador. Después de inyectar, se pasó por una fase de tenderización con sables de 12 mm de diámetro y forma de estrella. El tiempo de masaje estándar para este producto era de tres horas y media con efecto tumbling, realizado en un reactor refrigerado.

Antes del masaje, la carne se dividió en 5 lotes, a los cuales se aplicó una presión de 85 Kg/cm² (definida como estándar en las pruebas histológicas de laboratorio) en diferentes secuencias y tiempos de aplicación. El tratamiento de cada lote fue el siguiente:

- Lote N° 1- Control: Proceso estándar (Inyección + Tenderización) sin pre-masaje
- Lote N° 2: Proceso estándar + Un impacto de presión aplicado durante 1 segundo
- Lote N° 3: Proceso estándar + Un impacto de presión aplicado durante 6 segundos
- Lote N° 4: Proceso estándar + Cuatro impactos de presión aplicados durante 1 segundo
- Lote N° 5: Proceso estándar + Ocho impactos de presión aplicados durante 1 segundo

been observed in the commercial tests. The muscle structure has not suffered any more aggression than in normal processing (no greater number of cuts or fissures) and the aggressive action of massaging has been diminished, so that product appearance and chewiness have been improved.

I DESCRIPTION OF THE PROCESS AND ITS EFFECT ON THE MEAT MUSCLE

Material and Methods

A series of pilot plant tests were designed to determine how a specific pressure should be applied to the meat in order to achieve the most desirable effect.

A product of standard preparation was injected, with the meat of a post-rigor mortis pork leg (48 hours) quartered into 4 muscles. An appropriate brine for obtaining a cook-in product was injected at level of 50% with a spray injector. After injection, the sample underwent tenderization using star-shaped needles 12 mm in diameter. The standard massaging time for this product was three and a half hours of tumbling, carried out in a refrigerated reactor.

Before massaging, the meat was divided into 5 batches, to which a pressure of 85 kg/cm² (defined as standard in the histological laboratory tests) was applied in various sequences and application times. The processing of each batch was as follows:

- Batch N° 1 – Control: Standard process (Injection + Tenderization) without pre-massaging
- Batch N° 2: Standard process + One pressure impact applied for 1 second
- Batch N° 3: Standard process + One pressure impact applied for 6 seconds
- Batch N° 4: Standard process + Four pressure impacts applied for 1 second
- Batch N° 5: Standard process + Eight pressure impacts applied for 1 seconds

Subsequently, the massaging stage, divided into two cycles with a resting period of 16 hours between each cycle, was carried out. In order to determine the massaging time needed for each batch, pieces with various massaging times were stuffed.

Stuffing was done manually with impermeable thermo shrinkable bags before going on to a vacuum stage of 8

Posteriormente, se procedió a la fase de masaje, dividida en dos ciclos con un reposo de 16 horas entre cada ciclo. Para determinar el tiempo de masaje necesario en cada lote, se embutieron piezas con diferentes tiempos de masaje.

La embutición se realizó manualmente con bolsa impermeable y termo-retráctil, pasando después a una fase de vacío de 8 minutos y posterior clipado en cámara de vacío. La cocción fue en horno con vapor saturado, a temperatura constante de 72°C hasta llegar a una temperatura de 69°C en el centro de la pieza.

Para la determinación de las propiedades de textura, se utilizó un analizador de textura modelo TA-XT2, con el que se midió la fuerza de compresión y la cohesión de las lonchas (definida como la capacidad del producto de mantenerse compacto, de no romperse).

Resultados

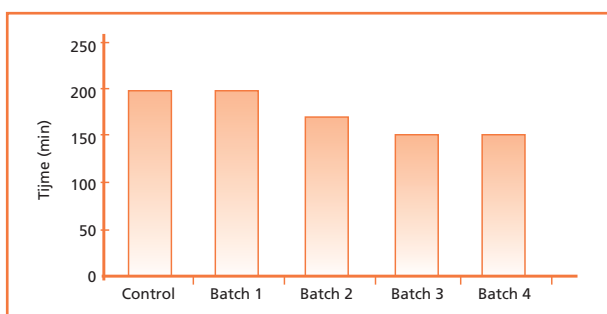
Como puede observarse en los resultados que se muestran en la tabla 1, el efecto de la presión tiene una mayor efectividad si se realiza a base de varias aplicaciones (impactos) que si se aplica con un solo impacto, aunque éste sea de mayor duración. Si se aumenta demasiado el número de aplicaciones o impactos se llega a romper el músculo cárnico y aunque mejora el ligado muscular, se pierde calidad en el aspecto del corte porque se ven menos definidos y más troceados los músculos.

El tiempo de masaje total disminuye en diferente grado según el tipo de aplicación, pero a partir del lote N° 2 es notable en todos los casos, llegando a un 29% en los lotes N° 3 y 4. Como ya se ha comentado en el apartado anterior, puede ser debido a una mayor rotura de las membranas y por tanto mayor extracción de proteínas.

Asimismo, se detectó una mejora en la uniformidad del color a partir del lote N° 2, debido a una mejor distribución de la salmuera y por tanto, mayor y más rápido contacto de los ingredientes nitrificantes con la mioglobina.

Con el ablandamiento de la carne, el color aparece más uniforme en toda la pieza, eliminando el problema que a veces se detecta en las zonas próximas a los nervios que, al ser más duras, dificultan el acceso de la salmuera.

Como muestran los resultados de la tabla 1, la cohesión y por tanto el ligado muscular, aumenta con el número de impactos aplicados a la carne, debido a un aumento en la rotura de las membranas celulares y por tanto mayor extracción de las proteínas miofibrilares que forman el exudado.



Gráfica 1: Tiempo de masaje efectivo
Graphic 1: Effective massaging time

minutes and subsequent clipping in a vacuum chamber. Cooking took place in a wet steam oven, at a constant temperature of 72°C until reaching a core temperature of 69°C.

For the determination of texture properties of the products, a texture analyser model TA-XT2 was used. Parameters measured were compression force and cohesion of the slices (defined as the quality of remaining compact, not breaking).

Results

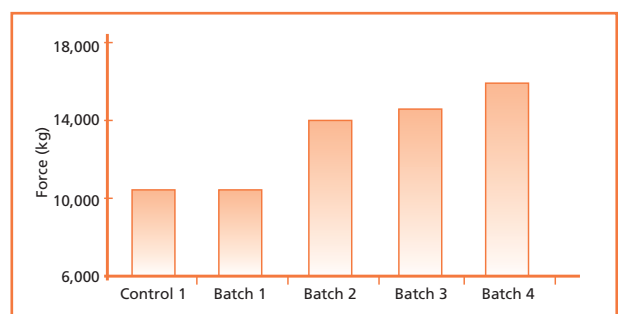
As can be seen in the results shown in table 1, the application of pressure has greater effectiveness when carried out on the basis of various applications (impacts) than when a single impact is applied, even if the single impact is of greater duration. If the number of applications or impacts is increased too much, the meat muscle gets torn and, although muscle binding is improved, quality is diminished in the appearance of the slice due to less visible definition and more separation of the muscles.

The total massaging time is reduced by different degrees according to the type of application, but starting from batch N° 2 it is significant in all cases, reaching 29% in batches N° 3 and 4. As was mentioned in the above section, this may be due to greater breaking up of the membranes and, consequently, increased protein extraction.

TABLA 1: RESULTADOS PRUEBAS PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA
TABLE 1: TEST RESULTS FOR APPLICATION OF THE SYSTEM

TEST	MASSAGING TIME (min)	COHESION (Kg)	SLICE APPEARANCE
Control	210	10.603	Normal
Batch 1	210	10.712	Normal
Batch 2	180	13.943	Better texture than Batch 1
Batch 3	150	14.767	Better texture than Batch 1
Batch 4	150	16.014	Excessively torn

An improvement in color uniformity was likewise detected starting from batch N° 2, due to better brine distribution and, consequently, greater and faster contact of the nitrifying ingredients with the myoglobin.



Gráfica 2: Medida de la cohesión muscular por compresión
Graphic 2: Compression measurement of muscle cohesion



Fig. 7. Cabezal con placa móvil
Fig. 7. Head with displaceable plate

EFFECTO DE LA UNIDAD DE PRE-MASAJE EN PRUEBAS INDUSTRIALES

Para proceder a las pruebas industriales se diseñó una unidad de pre-masaje según los resultados de las pruebas de planta piloto, de modo que pudiera incorporarse a una línea de producción sin interrupción del proceso ni del flujo de la carne.

La unidad de pre-masaje consta de cuatro cabezales móviles con una placa de puntas de diferentes formas poliédricas (fotografía 7). El movimiento de los cabezales es por cilindros hidráulicos, siendo regulable el tiempo de bajada de cada uno de ellos. La carne avanza por una cinta móvil entre las placas de la parte inferior.

La presión aplicada a cada impacto es regulable, para poder adaptarla a los diferentes tipos de dureza de carne (cerdo, vaca y pavo) y al tamaño de la misma.

La unidad de pre-masaje se ubica en línea, a la salida de la inyectora-tenderizadora, pasando la carne de una máquina a otra directamente.

Como el efecto de los impactos de presión es a nivel celular, tiene que ser aplicable a todo tipo de productos, dando preferencia a un u otro parámetro estudiado según las características y necesidades del producto. Para comprobar que el efecto de la unidad de pre-masaje es universal, se hicieron pruebas en diferentes países, respetando las exigencias propias de cada uno. Los parámetros estudiados fueron los mismos que en las pruebas de planta piloto, o sea reducción del tiempo de masaje, ligazón muscular, loncheado y aumento del rendimiento.

Reducción del tiempo de masaje efectivo

El tiempo de masaje efectivo depende de las características de la máquina empleada y por tanto varía de unas a otras. La reducción del tiempo de masaje es interesante en todos los casos, porque permite utilizar la misma máquina para más lotes de producción, aumentando la rentabilidad de la unidad. Por otra parte, también disminuye el número de unidades necesarias, reduciéndose la inversión y el espacio necesario para la ubicación de las mismas.

Material y Métodos

Para evaluar la efectividad de la unidad de pre-masaje, se tomaron como base de pruebas cuatro productos de diferentes características:

With softening of the meat, the color appears more uniform throughout the entire piece, eliminating the problem that can sometimes be detected in areas near the nerves which, since they are tougher, hinder brine access.

As the results of table 1 demonstrate, the compression force, and therefore muscle binding, increase with the number of impacts applied to the meat, due to an increased breaking up of the cell membranes and, consequently, greater extraction of the myofibrillar proteins that form the exudate.

EFFECT OF THE PRE-MASSAGING UNIT IN INDUSTRIAL TESTS

In order to proceed to industrial testing, a pre-massaging unit was designed based on the results of the pilot plant tests, in such a way that the unit could be incorporated into a production line without interrupting the processing cycle or the meat flow.

The pre-massaging unit consists of four displaceable heads with a plate incorporating pointed members of various polyhedral shapes (Photograph 7). The heads, each with adjustable stroke time, are operated by hydraulic cylinders. A conveyor feeds the meat between the plates at the lower part of the unit.

The pressure applied at each impact is adjustable, to allow for adaptation to varying degrees of toughness in different meats (pork, beef and turkey) as well as varying sizes of the meat to be processed.

The pre-massaging unit is incorporated into a processing line, at the output end of the injector-tenderizer, with the meat going directly from one machine to the other.

Since the effect of the pressure impacts is at a cellular level, the unit is applicable to all kinds of products, with preference given to one or another studied parameter according to the product's characteristics and requirements. In order to demonstrate that the effect of the pre-massaging unit would be universal, tests were conducted in a variety of countries, each with their own particular conditions and demands. The studied parameters were the same as in the pilot plant testing: reduction of massaging time, improved muscle binding and sliceability and increased yield.

Reduction of effective massaging time

Effective massaging time depends on the characteristics of the machine used, and so varies from one to another. Reduction in massaging time is beneficial in all cases, since the same machine can be used for more production batches, thereby increasing profitability of the unit. Also, fewer units are needed, which lowers the investment cost and reduces the amount of space needed for the equipment.

Material and Methods

In order to evaluate effectiveness of the pre-massaging unit, four products with varying characteristics were selected as a basis for testing:

- Product N° 1: Extra Cooked Ham in Spain, injected at 15% using cook-in system (115% yield). Process similar to the

- Producto N° 1: Jamón Cocido Extra en España, inyectado un 15% y sin merma de cocción (rendimiento 115%). El proceso fue parecido al estándar descrito en las pruebas de planta piloto: Jamón entero y con piel, inyección con inyectora a presión constante con efecto atomizador, tenderización con sables de 12 mm y masaje en reactor pulmonar refrigerado. Embutición en bolsa termo-retráctil y cocción al vapor con temperatura constante de 72°C hasta llegar a 69°C al centro de la pieza. El tiempo efectivo de masaje es de 200 minutos, dividido en dos ciclos y con reposo de 20 horas entre ellos.
- Producto N° 2: Paleta Cocida Primera en España, inyectado un 35% y sin merma de cocción (rendimiento 135%). El proceso normal es el siguiente: Paleta entera, inyección con inyectora a presión constante con efecto atomizador, tenderización con rodillos de cuchillas y masaje en reactor pulmonar refrigerado. Embutición y cocción igual al producto N° 1. El tiempo efectivo de masaje es de 235 minutos, dividido en dos ciclos y con reposo de 20 horas entre ellos.
- Producto N° 3 y 4: Jamón de pechuga de pavo en Estados Unidos, producto muy característico de este mercado, cuyo consumo está aumentando en la mayoría de los países. Aunque la inyección de este tipo de productos varía del 15 % al 60%, se tomaron como inyecciones más representativas, al 23% (producto N° 3) y al 54% (producto N° 4). El proceso es el mismo para los dos productos y es parecido al jamón de cerdo, o sea inyección con una inyectora de efecto atomizador, tenderización con sables de diámetro 3 mm, masaje al vacío (diferente modelo del utilizado en los productos N° 1 y 2 y mucho menos efectivo), embutición en bolsa termo-retráctil y cocción al vapor. El tiempo efectivo de masaje en el producto N° 3 es de 180 minutos y en el N° 4, de 360 minutos. En los dos casos se realiza un solo ciclo y el período de reposo antes de cocción es de 5 a 8 horas.

Cada una de las pruebas se dividió en dos lotes (A y B). Los lotes A de cada producto sirvieron de controles, y se elaboraron siguiendo el proceso estándar para cada uno de ellos. Los lotes B pasaron por la unidad de pre-masaje (los parámetros de presión y tiempo se ajustaron según muestra la tabla 2) y, al igual que en las pruebas de planta piloto, se calculó el tiempo de masaje efectivo necesario para obtener un producto sin merma de cocción.

Resultados

En los resultados se observa una notable disminución del tiempo efectivo de masaje en lotes B de todos los productos, variando el porcentaje según el tipo de carne y de inyección.

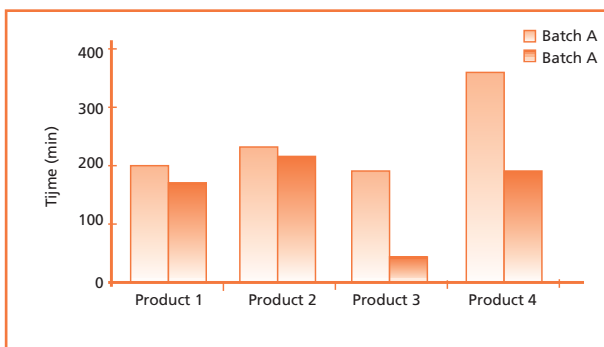


Gráfico 3: Reducción del tiempo de masaje
Graphic 3: Reduction in massaging time

- standard one described in the pilot plant tests: Whole skin-on ham, injection with a constant pressure spray injector, tenderization with needles 12 mm in diameter and massaging in a refrigerated pulmonary reactor. Stuffing in thermo shrinkable bag and steam cooking at a constant temperature of 72°C until reaching a core temperature of 69°C. Effective massaging time is 200 minutes, divided into two cycles with a resting period of 20 hours in between.
- Product N° 2: Premium Cooked Shoulder in Spain, injected at 35% using cook-in system (135% yield). The normal process is as follows: Whole shoulder, injection with a constant pressure spray injector, tenderization with roller knives and massaging in a refrigerated pulmonary reactor. Stuffing and cooking the same as product N° 1. Effective massaging time is 235 minutes, divided into two cycles with a resting period of 20 hours in between.
- Product N° 3 and 4: Turkey breast in the United States, a product very typical of this market, whose consumption is on the rise in most other countries. Although injection of this product type varies from 15% to 60%, injections considered to be most representative were used, 23% (product N° 3) and 54% (product N° 4). The process is the same for both products and is similar to that of pork ham: injection with a spray injector, tenderization with needles 3 mm in diameter, vacuum massaging (unlike the model used in products N° 1 and 2, and much less effective), stuffing in thermo shrinkable bag and steam cooking. Effective massaging time in product N° 3 is 180 minutes and in N° 4, 360 minutes. In both cases the product undergoes a single cycle, and the resting period before cooking is from 5 to 8 hours.

Each of the tests was divided into two batches (A and B). Batches A of each product served as controls and were manufactured according to the standard process for each product. Batches B underwent processing in the pre-massaging unit (pressure and time parameters were adjusted as shown in table 2) and, as was done in the pilot plant tests, the effective massaging time needed to obtain a cook-in product was calculated.

Results

It can be observed in the results, a significant reduction in effective massaging time in batches B of all products, the percentages varying according to the type of meat and injection.

The time reduction is much more notable in the turkey breast products, since they contain a higher protein percentage and the proteins are more easily extracted from this meat type, and also because the massaging unit used was less effective than that used for the first two products.

Tabla 2: Reducción del tiempo de masaje
TABLE 2: REDUCTION OF MASSAGING TIME

PRODUCT	PRE-MASSAGING TREATMENT		MASSAGING TIME (min)	MESSAGE TIME REDUCTION
	PRESSURE (Kg/cm ²)	TIME		
Product N° 1 -Batch A	-	-	200	-
Product N° 1 -Batch B	80	0.75	160	20%
Product N° 2- Batch A	-	-	235	-
Product N° 2- Batch B	85	0.75	165	29.8%
Product N° 3- Batch A	-	-	180	-
Product N° 3- Batch B	70	0.65	45	72.7%
Product N° 4- Batch A	-	-	360	-
Product N° 4- Batch B	70	0.65	180	50%



I 8. Unidad de pre-masaje
I 8. Pre massage Unit

En los productos a base de pechuga de pavo, la reducción del tiempo es mucho más apreciable, por tratarse de una carne con mayor porcentaje de proteínas y de más fácil extracción, y también a la utilización de una unidad de masaje menos efectiva que en los dos primeros productos. Estas pruebas demuestran que el aumento del espacio intercelular observado en los corte histológicos, favorece una mayor retención de agua por parte de las proteínas miofibrilares. En los lotes B de productos N° 1 y 2, se notó una mejora en la textura de la carne, siendo valorado por los panelistas como de textura más cárnica, seguramente debido a una disminución del tiempo de masaje.

El ablandamiento de la masa muscular y, sobretodo, del tejido conjuntivo, posibilita la pérdida de rigidez de la carne y reduce la retracción producida durante la cocción, dando lugar a la disminución del porcentaje de piezas con puntas de merma. Este hecho no se observó en los productos elaborados con carne de pechuga de pavo, porque se trata de una carne blanda y con poco tejido conjuntivo.

Aumento del ligado muscular y rendimiento en el loncheado del producto

La presencia de productos loncheados está aumentando cada año en los mercados y cada día son más los fabricantes que se inclinan por este tipo de proceso. Los productos destinados al loncheado en máquinas de alta velocidad (400-800 cortes/minuto) tienen que tener un diseño especial incidiendo, entre otros aspectos, en la ligazón entre los músculos, que debe ser reforzada intensamente para evitar que la violencia del corte a alta velocidad rompa el producto.

Al observarse un aumento del ligado muscular en las pruebas de planta piloto, se optó por relacionar las pruebas de cohesión realizadas en el analizador de textura con el porcentaje de lonchas defectuosas en una línea de alta velocidad.

Material y Métodos

Se tomó como muestra el producto N°2 de la prueba anterior, o sea Paleta Cocida Calidad Primera. Después de cocción se separaron piezas de cada lote para proceder al ensayo. El loncheado se efectuó en una loncheadora automática a una velocidad de 500 cortes por minuto. De las lonchas cortadas se descartaron todas aquellas que correspondían a inicios y finales de las piezas, de forma que los rechazos

These test results demonstrate that the increase in intercellular space observed in the histological slices gives rise to greater water holding on the part of the myofibrillar proteins. In batches B of products N° 1 and 2, an improvement in meat texture was observed, being classified by the panellists as a more meaty texture, undoubtedly due to the reduction in massaging time.

The softening of the muscle mass and, above all, of the connective tissue allows the meat to lose rigidity and reduces the retraction produced during cooking, resulting in a lower percentage of pieces with areas of cooking loss. This phenomenon was not observed in the turkey breast products, since this is a softer meat with little connective tissue.

Increased muscle binding and yield in sliced products

The market demand for sliced products is increasing all the time, and more and more processors are opting for production of this product type. Products destined for slicing in high-speed machines (400-800 slices/minute) must have a special design that facilitates, among other aspects, the binding between muscles, which must be strongly reinforced in order to withstand the intensity of high-speed slicing and prevent the product from getting torn.

Since an increase in muscle binding was observed in pilot plant testing, the results of the cohesion tests conducted in a texture analyser were compared with the percentage of defective slices obtained from a high-speed processing line.

Material and Methods

Product N°2 of the previous test, Premium Cooked Shoulder, was chosen to be used as a sample. After cooking, pieces from each batch were taken and kept separate in preparation for the testing. Slicing was done in an automatic slicer at a speed of 500 slices per minute. All slices obtained from the two ends of the pieces were eliminated, so that the rejected slices recorded in table 3 refer only to the slices torn in the machine due to insufficient muscle binding.

Cohesion in the cooked ham slices was determined, as in the pilot plant tests, by means of a TA-XT2 texture analyser equipped with a 50 mm cylindrical probe with a 25 kg load cell. Testing was conducted on 200 homogeneous rectangular slices from each batch, in order to determine the compression force needed to compact the sample by 40%.

Results

In table 3, the influence of the pre-massaging unit on reducing the percentage of defective slices can be observed. The pilot

TABLA 3: AUMENTO LIGADO MUSCULAR
TABLE 3: INCREASED MUSCLE BINDING

PRODUCT	COHESION (Kg)	% DEFECTIVE SLICES
Product N° 2 -Batch A	11.430	2.5 %
Product N° 2- Batch B	14.560	0.5 %

recogidos en la tabla 3, son únicamente aquellos que correspondan a lonchas rotas en la máquina por un insuficiente ligado muscular.

La cohesión de las lonchas en el jamón cocido se determinó, al igual que en las pruebas de planta piloto, por medio de un analizador de textura TA-XT2, equipado con una sonda cilíndrica de 50 mm con célula de carga de 25 Kg. Se verificó sobre 200 cortes homogéneos rectangulares de cada partida la fuerza necesaria en compresión para compactar la muestra un 40%.

Resultados

En la tabla 3, se puede apreciar la influencia de la unidad de pre-masaje en la disminución del porcentaje de lonchas defectuosas. Ya se había observado en las pruebas de planta piloto, que gracias al aumento de la extracción de proteínas, se produce un aumento del ligado muscular, lo cual se confirma con la prueba de loncheado automático en una línea de producción industrial. También es probable que al desaparecer zonas duras debido a un mayor ablandamiento del tejido conjuntivo, y obtener un nivel de dureza más homogéneo en toda la pieza, se consiga romper menos el producto en el momento de realizarse el corte y, por tanto, disminuya el % de lonchas defectuosas.

Aumento del rendimiento en el producto final

Este parámetro se evaluó con productos distintos a los de las pruebas anteriores, por tener, en la mayoría de los casos, el rendimiento limitado por la legislación. Para obtener mayor información sobre el efecto de la unidad de pre-masaje con todo tipo de carne, se optó por realizar las pruebas con carne bovina, por tener un comportamiento muy distinto al de la carne de cerdo. En general se trata de una carne más dura, con menor poder de absorción de salmuera y menor capacidad de retención de agua. Estas pruebas se realizaron en una planta de Estados Unidos, al ser un país con un elevado consumo de productos elaborados con carne vacuna.

Material y Métodos

Se preparó un producto elaborado con músculos del cuarto posterior, pulidos de grasa y tejido conjuntivo y se siguió el siguiente proceso: inyección de 35% con inyectora de efecto atomizador, un solo ciclo de masaje de 90 minutos con efecto tumbling en un reactor refrigerado, y cocción clásica, o sea con merma, por exigencias del fabricante. El rendimiento final que se obtiene en producciones estándar, después de cocción y enfriamiento, es del 108-112 % sobre 100 Kg de carne inicial.

En esta ocasión, se evaluó también el efecto de la unidad de pre-masaje sobre la carne antes de inyectar, por tratarse de carne muy dura y músculos más grandes. Por la misma razón se hicieron pruebas con intensidades de presión más elevadas de las que permite la carne de cerdo o de pavo. La partida de carne se dividió en cuatro grupos con las siguientes características:

- Control: Inyección + Masaje
- Lote 1: Unidad de Pre-Masaje (Presión = 70 Kg/cm² y tiempo de 0,8 segundos) + Inyección + Masaje
- Lote 2: Inyección + Unidad de Pre-Masaje (Presión = 70 Kg/cm² y tiempo de 0,8 segundos) + Masaje
- Lote 3: Inyección + Unidad de Pre-Masaje (Presión = 100 Kg/cm² y tiempo de 1,5 segundos) + Masaje

plant tests had already demonstrated that, thanks to increased protein extraction, muscle binding was improved, and this fact was confirmed by the automatic slicing test in an industrial processing line. It is also likely that, with the disappearance of tough areas due to greater softening of the connective tissue, and with a greater degree of homogeneous compactedness obtained throughout the entire piece, less product tearing occurs during the slicing process, thereby reducing the % of defective slices.

Increased yield in the final product

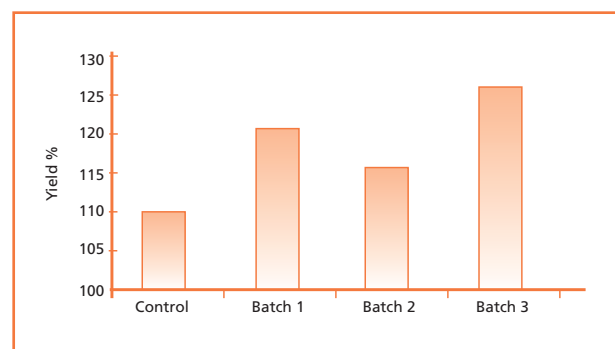
This parameter was evaluated with products different from the ones used in the tests described above, because of the limitations on yield imposed by legislation in most cases. In order to obtain more information regarding the pre-massaging unit's effect on all types of meat, testing was conducted with beef meat, since it responds to processing very differently than pork meat does. In general, beef is tougher, with less brine absorption power and less water holding capacity. These tests were carried out in a processing plant in the United States, since this country has high consumption of beef products.

Material and Methods

The product prepared was made from hindquarter muscles, trimmed of fat and connective tissue, and underwent the following process: 35% injection with a spray injector, a single massaging cycle of 90 minutes with tumbling in a refrigerated reactor, and cooking with the classic cook-in method demanded by the manufacturer. The final yield obtained in standard productions, after cooking and cooling, is from 108-112% on 100 Kg of green meat.

In this test, the effect of the pre-massaging unit on the meat was also evaluated before injection, because the meat type being processed is very tough and composed of larger muscles. For the same reason, the testing was conducted with greater pressure intensities than those that can be applied to pork or turkey meat. The meat sample was divided into four groups with the following characteristics:

- Control: Injection + Massaging
- Batch 1: Pre-Massaging Unit (Pressure = 70 Kg/cm² and head down stroke time of 0.8 seconds) + Injection + Massaging.
- Batch 2: Injection + Pre-Massaging Unit (Pressure = 70 Kg/cm² and head down stroke time of 0.8 seconds) + Massaging.
- Batch 3: Injection + Pre-Massaging Unit (Pressure = 100 Kg/cm² and head down stroke time of 1.5 seconds) + Massaging.



Gráfica 4: Variación del rendimiento sobre 100 Kg de carne inicial
Graphic 4: Yield variation on 100 Kg green meat

Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en el gráfico 4, donde se observa un elevado aumento del rendimiento final del producto a medida que aumenta la presión de los impactos aplicados a la carne. En cuanto al tiempo de masaje efectivo, se utilizó el mismo que en el control, porque no se observó un aumento en la velocidad de absorción de la salmuera. Mientras que en la carne de cerdo, la intensidad de presión utilizada no suele ser superior a 90 Kg/cm² porque se rompe la estructura cárnica, con carne bovina se pudo llegar a una intensidad de 100 Kg/cm² sin que afectara el producto, dando lugar a un mayor aumento del rendimiento final del producto. Otro aspecto interesante de estas pruebas es que a igualdad de presión, la carne tratada con la unidad de pre-masaje antes de inyección dio mayor rendimiento que la carne tratada después de inyectar. Este hecho no afecta la línea de producción porque la unidad puede ser instalada antes o después de la inyectora sin que se pierda continuidad en la línea.

I CONCLUSIONES

En todas las pruebas industriales realizadas con una unidad de pre-masaje, que consiste en la aplicación de impactos de presión mediante placas conducidas por cilindros hidráulicos, se ha observado una mejora en la calidad y en el rendimiento de los productos. El tiempo de masaje efectivo se puede reducir, en la mayoría de los casos, entre un 20 y un 30%, trabajando con productos a base de carne de cerdo. Con productos elaborados con pechuga de pavo, esta reducción puede llegar al 73%. El aumento del ligado muscular, debido a una mayor extracción de proteínas, da lugar a una disminución del rechazo por lonchas defectuosas en las líneas de loncheado de alta velocidad. Y finalmente, se ha observado que en productos donde la retención de agua es difícil (productos con carne de vacuno), el aumento del rendimiento final puede llegar a ser de hasta 16 puntos respecto al producto elaborado sin unidad de pre-masaje.

Results

The results obtained are shown in graph 4, in which it can be observed how the final product yield increases greatly as the pressure of the impacts applied to the meat is increased. As regards effective massaging time, it was left the same as in the control, since there was no evidence of increased brine absorption speed. While with pork meat the pressure intensity used does not usually exceed 90 Kg/cm², since that would damage the meat structure, with beef it was possible to reach an intensity of 100 Kg/cm² without affecting the product, resulting in a greater increase in final product yield.

Another interesting aspect of these test results is that, at equal pressure, the meat processed with the pre-massaging unit before injection gave a better yield than the meat processed with the unit after injection. This fact does not affect the production line, since the unit can be installed before or after the injector without interrupting the continuity of the line.

I CONCLUSIONS

In all the industrial tests carried out with the pre-massaging unit, which consists in the application of pressure impacts by means of plates driven by hydraulic cylinders, an improvement in product quality and yield was observed. Effective massaging time can be reduced, in most cases, by 20 to 30% when working with products based on pork meat. With products made from turkey breast this reduction can reach 73%. The increase in muscle binding, due to greater protein extraction, results in a reduction in defective slices in high-speed slicing lines. Finally, the tests demonstrated that with products in which water holding is difficult (beef products) the increase in final yield can reach up to 16 points in comparison with products processed without the pre-massaging unit.

BIBLIOGRAFÍA BIBLIOGRAPHY

- CANTONI, C.: Il prosciutto cotto. *Eurocarni* 4 (1998), 58-71.
 KOLODZIEJSKA, Z.; SIKORSKI, Z.E.; LEWANDOWSKA, T.; and NIECIKOWSKA, C. Fragmentation of myofibrils, limited proteolysis and water holding capacity of meat. *Dje Nahrung* 30 (1986) 3-4, 383-390.
 MULLER, W.D. Tecnología de los productos curados cocidos. *Fleischwirtsch* 1/1990, 66-70.
 SIEGEL, D.G., THENO, D.M., and SCHMIDT, G.R., 1978. Meat massaging: the effect of salt, phosphates and massaging on the presence of specific skeletal muscle protein in the exudate of a sectioned and formed ham. *J. Food Sci* 43, 3327-330.
 SIEGEL, D.G., THENO, D.M., SCHMIDT, G.R and NORTON, H.W. Meat massaging: the effects of salt, phosphate and massaging on cooking loss, binding strength and exudate composition in sectioned and formed ham. *J Food Sci* 43 (1978) 331.
 THENO D.M., SIEGEL D.G., and SCHMIDT G.R., 1978. Meat massaging: effects of salt and phosphates on the ultrastructural composition of cured porcine muscle.
 TYSZKIEWICZ, I.; KLOSSOWSKA, B.; WIECZOREK, U and JAKUBIEC-PUKA, A. Mechanical tenderisation of pork meat: Protein and water release due to tissue damage. *J food Sci* 73 (1997), 179-185.
 XARGAYÓ, M. Proceso de fabricación jamón y paleta cocidos (III). *Procesos* 5 (1990), 18-22.
 XARGAYÓ M., LAGARES J., FREIXANET L., FERNANDEZ E. Embutición de la carne a músculo entero. *Procesos* 8 (1995), 43-47.

AGRADECIMIENTOS ACKNOWLEDGMENTS

Nos gustaría agradecer a los ingenieros Narcís Lagares y Josep M^o Brugué del Departamento de Ingeniería de METALQUIMIA, S.A por toda la ayuda y colaboración prestada para la confección de este artículo; así como al Dr. Sergi Bonet del Departamento de Biología de la Universidad de Ciencias de Girona, por su ayuda en la obtención de los cortes histológicos, y a Mr. Brian Dowd, de Nu-Meat Technology por su colaboración en las pruebas industriales realizadas en Estados Unidos. We would like to thank engineers Narcís Lagares and Josep M^o Brugué of METALQUIMIA, S.A Engineering Department for their help and collaboration in preparing this article; as well as Dr. Sergi Bonet of the Biology Department at the Girona University of Sciences, for his assistance in obtaining the histological slices, and Mr. Brian Dowd for his collaboration in the tests conducted in the United States.

DIRECCION DE LOS AUTORES ADDRESS OF THE AUTHORS

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