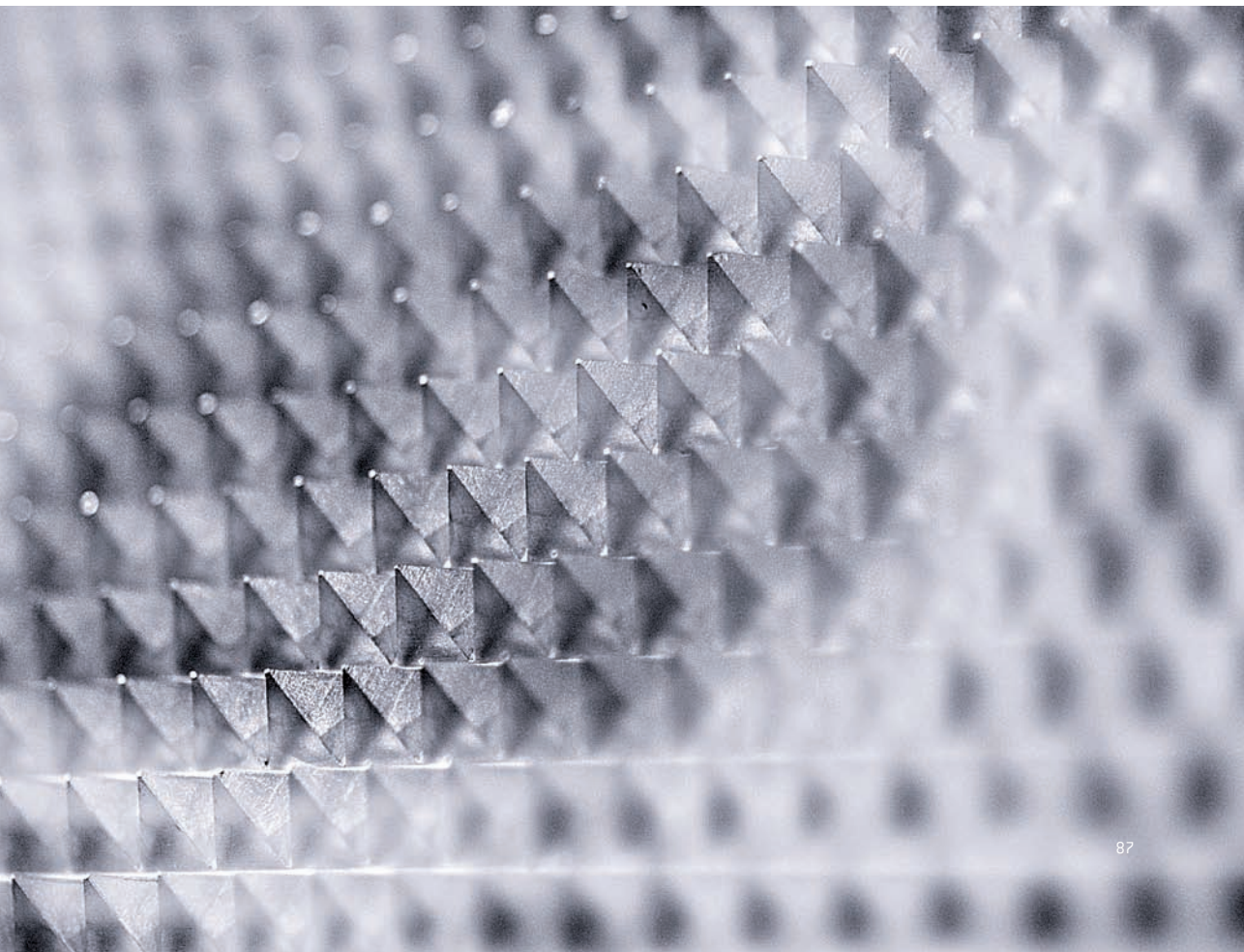


Efectos de una fase de pre-masaje (secuencia de impactos de presión) en la elaboración de productos cárnicos cocidos de músculo entero

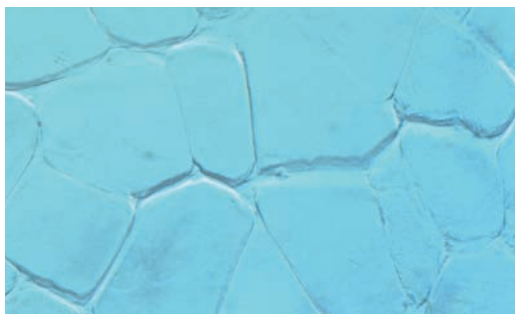
Marta Xargayó, Llorenç Freixanet, Josep Lagares, Eva Fernández, Peter De Jaeger-Ponnet



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

▼ Foto 1: Carne sin procesar. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X.



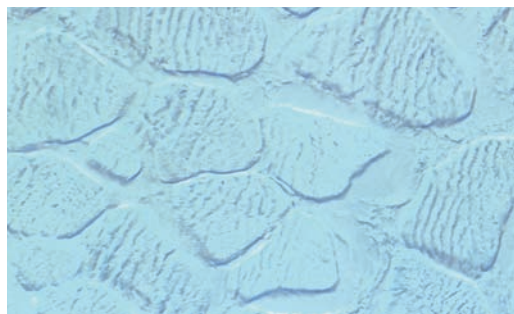
especie a otra y, en cada producto, será necesario ajustar la intensidad de la presión para lograr el efecto deseado.

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

▼ Foto 2: Carne después de inyección, tenderización y pre-masaje. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X.

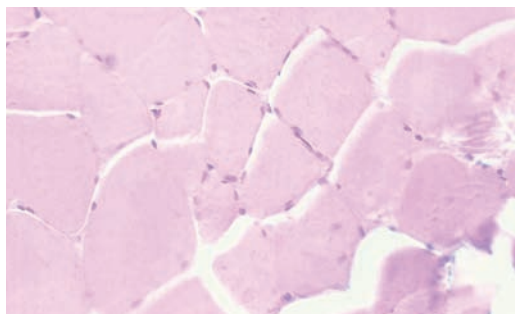


Aparte del efecto químico de los ingredientes de la salmuera (aumentan el pH y la fuerza iónica del medio posibilitando la apertura de las cadenas y la extracción), la solubilización de las proteínas dependerá de un efecto mecánico realizado a través de la tenderización y el masaje. La tenderización 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.

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

Foto 3: Carne sin procesar. Tinción Hematoxilina-Eosina. 500X .



la formación de pasta entre músculos, debido a un exceso de proteína coagulada, a parte de destruir la morfología de la pieza.

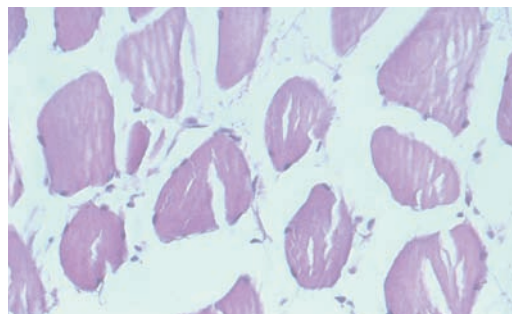
Para conseguir los objetivos mencionados al principio de este artículo, se buscó un sistema que actuase a nivel de miofibrillas pero que no se detectase en la fibra muscular y, por tanto, ni la apariencia del corte ni la textura se vieran afectadas.

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.

EFFECTO 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.

▼ Foto 4: Carne después de inyección, tenderización y pre-masaje. Tinción Hematoxilina-Eosina. 500X.



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 células en la carne sin ningún tratamiento (Nº1 y 3) y en la carne después de ser inyectada y pasar por un tratamiento de pre-masaje (Nº 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.

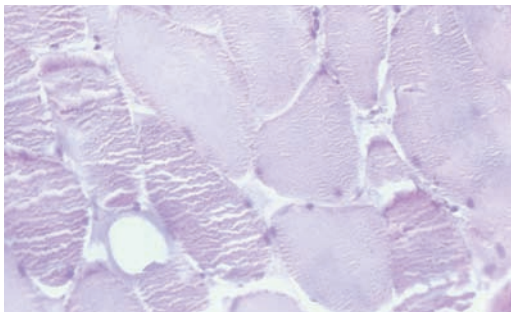
En las fotografías 5 y 6 se observa la diferencia en el espacio intercelular final entre un músculo

cárnico después de pasar por las fases de inyección, tenderización y masaje (fotografía nº 5), y carne que ha pasado además por una fase de pre-masaje (fotografía nº 6). También se puede observar el cambio del espacio intercelular en la fotografía nº 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 de 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.

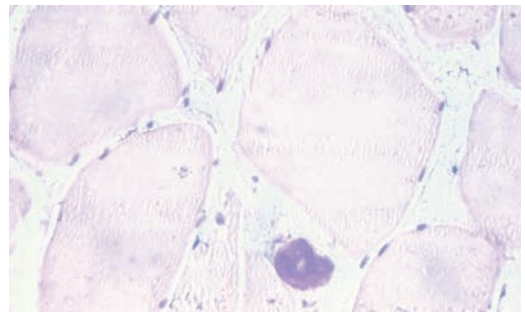
El líquido reabsorbido contiene las proteínas miofibrilares que han retenido el agua presente en el espacio intercelular. El líquido que permanece entre las células estará en óptimas condiciones para retener el agua que se pueda ir perdiendo durante la cocción, debido a la coagulación de las proteínas.

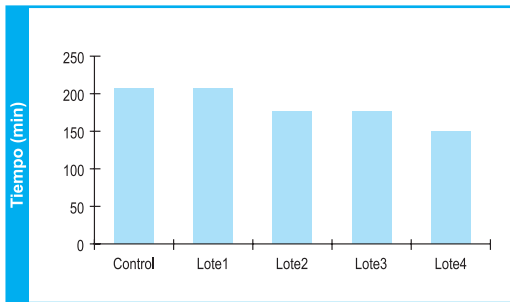
La diferencia en el espacio intercelular a lo largo del ciclo, explica las diferencias en rendimiento, tiempo de masaje necesario y ligado muscular que se han observado en las pruebas comerciales. La estructura muscular no ha sufrido más agresión que en el proceso normal (más cortes o hendiduras) y se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

▼ Foto 5: Carne después del proceso de inyección, tenderización y masaje. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X.

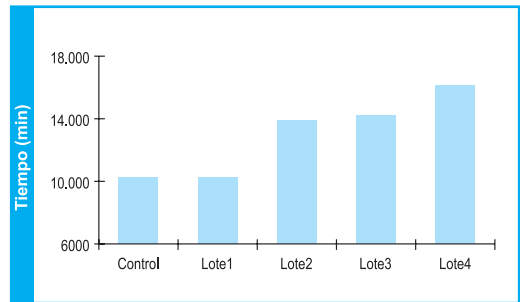


▼ Foto 6: Carne con el proceso de la fotografía nº 5, más la unidad de pre-masaje. Tinción de Contraste interferencial de Nomarsky. 500X.





▲ Gráfica 1: Tiempo de masaje efectivo.



▲ Gráfica 2: Medida de la cohesión muscular por compresión.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO Y EFECTO SOBRE EL MÚSCULO CÁRNICO

Materiales 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 Nº 1:** Control: Proceso estándar (Inyección + Tenderización) sin pre-masaje.
- **Lote Nº 2:** Proceso estándar + Un impacto de presión aplicado durante 1 segundo.

- **Lote Nº 3:** Proceso estándar + Un impacto de presión aplicado durante 6 segundos.
- **Lote Nº 4:** Proceso estándar + Cuatro impactos de presión aplicados durante 1 segundo.
- **Lote Nº 5:** Proceso estándar + Ocho impactos de presión aplicados durante 1 segundo.

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° 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 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.

TABLA 1: ANÁLISIS PRUEBAS PARA LA APLICACIÓN DEL SISTEMA

PRUEBA	TIEMPO DE MASAJE (min)	COHESIÓN (kg)	APARIENCIA DE LA LONCHA
Control	210	10.603	Normal
Lote 1	210	10.712	Normal
Lote 2	180	13.943	Mejor que la textura de Lote1
Lote 3	150	14.767	Mejor que la textura de Lote1
Lote 4	150	16.014	Excesivamente desgarrada

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 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

▼ **Foto 7: Cabecsal con placa móvil.**



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.

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 n° 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 uno 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

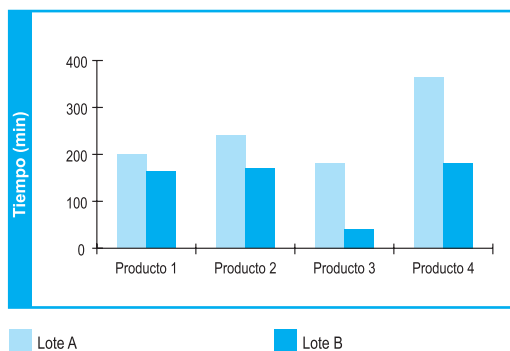
El tiempo de masaje efectivo depende de las características de la máquina empleada y por tanto varía de unas a otras. La reducción del tiempo de masaje es interesante en todos los casos, porque permite utilizar la misma máquina para más lotes de producción, aumentando la rentabilidad de la unidad. Por 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:

- **Producto Nº 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 Nº 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

TABLA 2: REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE MASAJE				
PRODUCTO	PRE-MASAJE		TIEMPO DE MASAJE (min)	REDUCCIÓN DE TIEMPO DE MASAJE
	PRESIÓN (kg/cm ²)	TIEMPO		
Producto Nº 1 - Lote A	-	-	200	-
Producto Nº 1 - Lote B	80	0,75	160	20%
Producto Nº 2 - Lote A	-	-	235	-
Producto Nº 2 - Lote B	85	0,75	165	29,8%
Producto Nº 3 - Lote A	-	-	180	-
Producto Nº 3 - Lote B	70	0,65	45	72,7%
Producto Nº 4 - Lote A	-	-	360	-
Producto Nº 4 - Lote B	70	0,65	180	50%



▲ Gráfica 3: Reducción del tiempo de masaje.

igual al producto Nº 1. El tiempo efectivo de masaje es de 235 minutos, dividido en dos ciclos y con reposo de 20 horas entre ellos.

- **Producto Nº 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 Nº 3) y al 54% (Producto Nº 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 Nº 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.

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 debido 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, sobre todo, 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



▲ Foto 8: Unidad de pre-masaje.

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 la 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 recogidos en la Tabla 3, son únicamente aquellos que corresponden 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%.

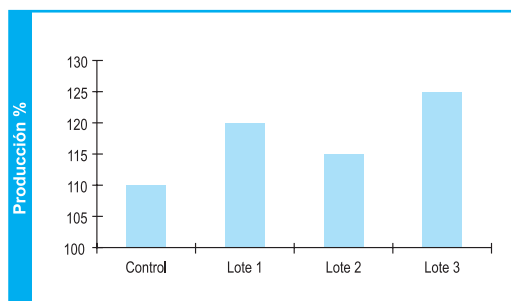
Resultados

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

TABLA 3: AUMENTO LIGADO MUSCULAR

PRODUCTO	COHESIÓN (kg)	% LONCHAS DEFECTUOSAS
Producto Nº 2 - Lote A	11.430	2.5%
Producto Nº 2 - Lote B	14.560	0.5%

▼ Gráfica 4: Variación del rendimiento sobre 100 kg de carne inicial.



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.

Materiales 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

Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en el Gráfico N° 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 la 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.

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.

BIBLIOGRAFÍA

- 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). (1990).
- XARGAYÓ M., LAGARES J., FREIXANET L., FERNANDEZ E. Embutición de la carne de músculo entero. (1995).

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría agradecer a los ingenieros Narcís Lagares y Josep M^a 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 de la Universidad 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.