

Spray Plus System[®], evolución de la inyección de productos cárnicos cocidos

Marta Xargayó, Josep Lagares, Eva Fernández, Jaume Gumà, Daniel Sanz, Josep M. Brugué

NUEVO



La calidad y la efectividad del proceso de inyección es un factor crítico en la elaboración de productos cárnicos, y por ello es el foco de continuas investigaciones con el objetivo de mejorar la distribución y la retención de la salmuera en la carne. En determinados productos este objetivo puede verse afectado por motivos anatómicos y/o morfológicos de las piezas de carne (piezas enteras con hueso), o bien por las características del proceso. Esto puede dar lugar a productos de calidad irregular y con rendimientos más bajos de los esperados.

En el presente artículo se analiza la evolución del efecto SPRAY o inyección por atomización, mediante la nueva tecnología SprayPlusSystem®, para optimizar la distribución y maximizar la retención de la salmuera en los productos cárnicos mencionados, en comparación con un sistema de inyección convencional (sin efecto SPRAY). Para ello se utilizan imágenes obtenidas por tomografía computerizada que permiten determinar la distribución de sal en diversas secciones consecutivas de una pieza entera de carne. Paralelamente se realiza un estudio comparativo de la retención de salmuera y rendimiento final en el proceso de fabricación de jamón con hueso inyectado y cocido. Los resultados muestran la efectividad de la nueva tecnología en ambos estudios, consiguiéndose una distribución más homogénea de la sal y una aumento del rendimiento después de cocción de hasta 4 puntos porcentuales.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las inyectoras multiagujas existentes en el mercado utilizan bombas continuas que impulsan la salmuera a través de agujas con entre 2 y 4 agujeros de 1 mm o más de diámetro, depositando la salmuera durante el recorrido de la aguja. Debido al diámetro de los agujeros, la salmuera fluye a través de ellos formando un chorro continuo y suave dentro de la carne, quedando pobremente distribuida y retenida. Estas máquinas suelen trabajar a una presión variable que normalmente no suele exceder los 4 kg/cm² y se

conocen como Inyectoras de Baja Presión.

En contraste con lo anterior, las inyectoras con efecto SPRAY o atomizador introducen una cantidad de salmuera dosificada volumétricamente, solamente cuando las agujas han penetrado completamente en la carne y se encuentran en reposo al final de su carrera descendente (Freixanet, Ll.). El efecto atomizador se consigue mediante una bomba de pistón volumétrico que comprime la salmuera a una presión de entre 6 y 12 kg/cm², en función del equipo, y la fuerza a pasar a través de microagujeros a gran velocidad, causando la dispersión del chorro de salmuera en miles de microgotas. Las dimensiones microscópicas de estas gotas junto a su alta velocidad hacen que se introduzcan profundamente entre las fibras cárnicas sin causar daños en la estructura muscular, y consiguiendo que un mayor volumen muscular esté cubierto con salmuera. Las agujas están específicamente diseñadas para lograr este efecto nebulizador, con un número variable de agujeros que va desde 9 hasta 20 según los modelos y cuyo diámetro es de 0,6 mm. El elevado número de agujeros permite aumentar de 3 a 6 veces los puntos de inyección respecto a las inyectoras convencionales. El resultado final es una mejora radical en la distribución de la salmuera en el seno del músculo cárnico.

Las ventajas principales del sistema de inyección por efecto Spray observadas a lo largo de los años son las siguientes:

- Elevada regularidad en el porcentaje inyectado entre piezas.
- Mínimo escurrido de salmuera posterior a la inyección.
- Distribución uniforme de la salmuera en el interior del músculo.

Inyección mediante la tecnología SPRAY PLUS SYSTEM®

La tecnología SprayPlusSystem® es una evolución de la inyección por efecto Spray en la que el recorrido que hacen las agujas puede ser mucho más amplio que el utilizado hasta el momento actual. Las agujas hacen el recorrido descendente habitual, y una vez

han llegado al final de su carrera se inicia la inyección de salmuera. A partir de un momento determinado del ciclo, regulable según sea la forma de la pieza a inyectar, el cabezal realiza un ligero retroceso mientras sigue inyectando a presión constante, aumentando así el área de penetración de la salmuera respecto a la inyección por efecto SPRAY convencional. De esta forma, una mayor cantidad de salmuera puede quedar retenida en la trama muscular, disminuyendo el escurrido posterior y la formación de bolsas en las aponeurosis y grasa intermuscular.

Hasta el momento, la optimización del sistema Spray se ha probado en productos con mayor dificultad de distribución de la salmuera, ya sea por morfología o por calidad. Pero en algunas ocasiones la dificultad viene dada porque se trata de procesar productos sin fase de masaje o en los que ésta es muy corta, con lo cual la distribución de la salmuera depende básicamente de la capacidad de la inyectora para distribuir uniformemente la salmuera. Estos productos se podrían resumir en dos grupos:

1) Piezas enteras con hueso (jamón, paleta) donde la distribución de salmuera en los músculos inferiores (cerca de la cinta de transporte) suele ser menor y poco uniforme. Por otra parte al estar los músculos rodeados de membrana (aponeurosis) y grasa, la salmuera tiende a quedar retenida en estas zonas. Esta salmuera se pierde más fácilmente durante la cocción y afea el aspecto del corte (efecto esponja).

2) Músculos enteros sin hueso que aunque no presentan el problema anterior, suelen tener una elevada presencia de PSE. En estos casos la carne es muy blanda y se rompe fácilmente durante el masaje. Para evitarlo es necesario reducir el tiempo/intensidad del masaje, disminuyendo uniformidad de la distribución final de salmuera en el músculo.

Pruebas realizadas

En este artículo se analiza el efecto de la nueva tecnología SprayPlusSystem® sobre el primer grupo de

productos, mientras que el segundo grupo se evaluará en un artículo posterior. Para ello se diseñaron una serie de pruebas comparativas entre el sistema de inyección convencional (Baja Presión) y una inyectora equipada con la tecnología SprayPlusSystem®:

Ensayo 1: Mejora de la distribución de la salmuera en jamón entero con hueso.

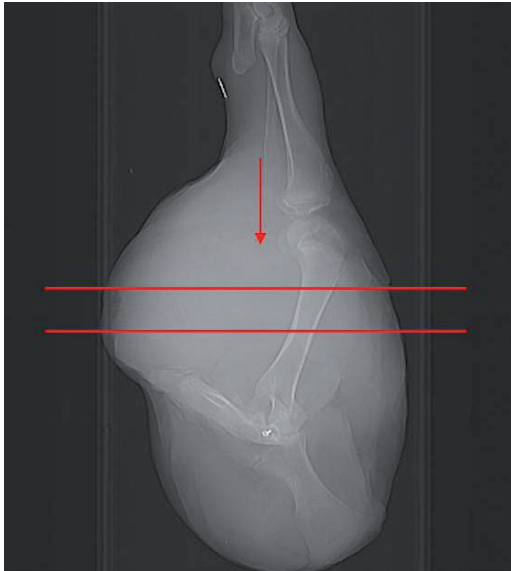
Ensayo 2: Disminución del escurrido en inyecciones de jamones con hueso (Virginia Ham).

Ensayo 1: Mejora de la distribución de la salmuera en la inyección de jamón entero

Para realizar esta comprobación se tomaron 12 piezas de jamón de cerdo entero (con hueso) y se inyectaron con las dos máquinas mencionadas: una inyectora convencional de baja presión (11) y otra inyectora Metalquimia, modelo MOVISTICK 3000 CR, equipada con tecnología "SprayPlusSystem®" (12). Las piezas se inyectaron alrededor de un 40%, con una salmuera cuya composición era Tripolifosfato sódico, sal, nitrato sódico, eritorbato sódico y agua. Después de la inyección se procedió rápidamente al análisis por tomografía computerizada.

Análisis de los jamones mediante Tomografía Computerizada (TC)

A continuación del proceso de inyección, se tomaron todas las piezas y se sometieron una a una a un TC (Tomografía Computerizada) para determinar la distribución de la salmuera en el interior de las mismas. El análisis TC fue realizado mediante un escáner modelo HiSpeed Zx/i de General Electric Healthcare (GE Healthcare-United Kingdom). El equipo se encuentra en las instalaciones del CENTA-IRTA (Centro de Nuevas Tecnologías y Procesos Alimentarios del Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias) en Monells (Girona - España). Los parámetros de escaneo definidos fueron los siguientes: 80 kV, 250 mA, tiempo de rotación de 2 s, 512 x 512 píxeles de tamaño de la imagen, 461 x 461 mm² de "displayed field of view" y el algoritmo de reconstrucción STD+. Se escanearon 10



▲ Fig. 1: Zona escaneada.

secciones consecutivas de 10 mm de grosor de la parte más gruesa de cada jamón (Figura 1). Cada píxel de la imagen representa un vóxel con un volumen de $10 \times 0.9 \times 0.9 \text{ mm}^3$. Las imágenes obtenidas directamente del TC tenían un formato DICOM. Mediante una aplicación desarrollada con el programa Matlab Version 7.7.0 (R2008b © The MathWorks, Inc.) se convirtieron las imágenes a formato TIFF y se aplicaron los modelos matemáticos para la predicción de los contenidos de sal en todos los puntos del jamón y obteniendo así las imágenes de distribución de sal (Fulladosa et al. 2010).

La aplicación de TC se basa en las diferentes atenuaciones de los rayos-X que producen los tejidos según su densidad, y cuya media permite obtener una matriz de atenuaciones llamados valores CT expresados como unidades Hounsfield [HU]. Estas matrices de valores se usan para crear una imagen con varios tonos de grises, en las cuales las zonas más brillantes significan mayor atenuación. Gracias a la alta densidad de la sal, se produce un marcado incremento de los valores de la atenuación en el músculo (Sorheim et al, 1987, 1989), lo cual permite cuantificar su distribución aplicando los modelos matemáticos antes mencionados.

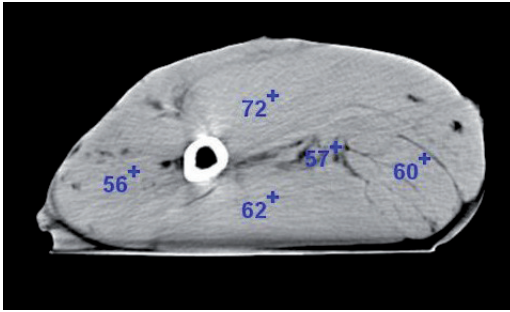
Muchos otros autores han demostrado correlaciones entre valores CT y concentraciones de sal en diferentes músculos de cerdo (Vestergaard et al., 2004).

Resultados

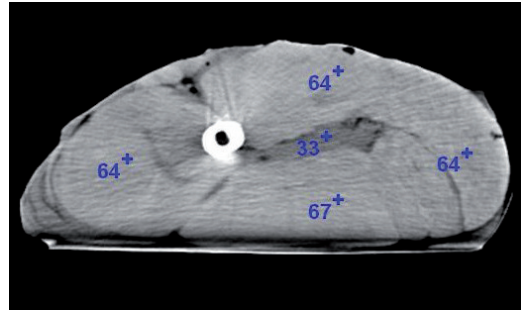
El resultado del escaneado de las piezas puede verse en las Figuras 2 y 3, donde se muestran cortes transversales de jamones inyectados con los dos sistemas de inyección. Una atenuación nula resulta en zonas negras y se corresponden con aire (agujeros). Una baja atenuación se observa como zonas oscuras y corresponde a zonas de grasa. Valores más altos de atenuación dan lugar a diferentes niveles de grises y muestran la difusión de la sal en el músculo. Una atenuación muy elevada da lugar a zonas blancas, que son los huesos y corteza. Los números que aparecen en las figuras corresponden a las unidades HU en zonas puntuales pero representativas de los diferentes músculos.

La Figura 2 corresponde a un jamón inyectado con la inyectora I1 de baja presión y la Figura 3, a una pieza inyectada con la inyectora I2, equipada con tecnología SprayPlusSystem® para mejorar la distribución y la retención de la salmuera.

A simple vista parece que la coloración “gris” es bastante uniforme en las dos imágenes, lo que llevaría a pensar que la sal se ha distribuido de forma bastante uniforme en los dos casos. No obstante, al cuantificar las unidades HU de los diferentes músculos, se constata que hay diferencias notables. En la Fig 2 se puede observar que la diferencia en HU entre el músculo superior o *Semimenbranosus* (SM) y el músculo inferior *Bicep femoris* (BF) es de 10 unidades. Y entre SM y el músculo lateral *Semitendinosus* (ST) es de 16 HU. Esto significa que la mayor parte de la salmuera se ha concentrado en la parte superior del jamón, quedando la parte inferior con menor inyección y por tanto, peor distribución de sal. Mientras que si observamos la Fig 3, la diferencia de unidades entre los mismos músculos es máximo de 3 unidades, lo que indicaría una mayor homogeneidad en la distribución de sal.



▲ Fig. 2: Inyectora sin efecto spray.



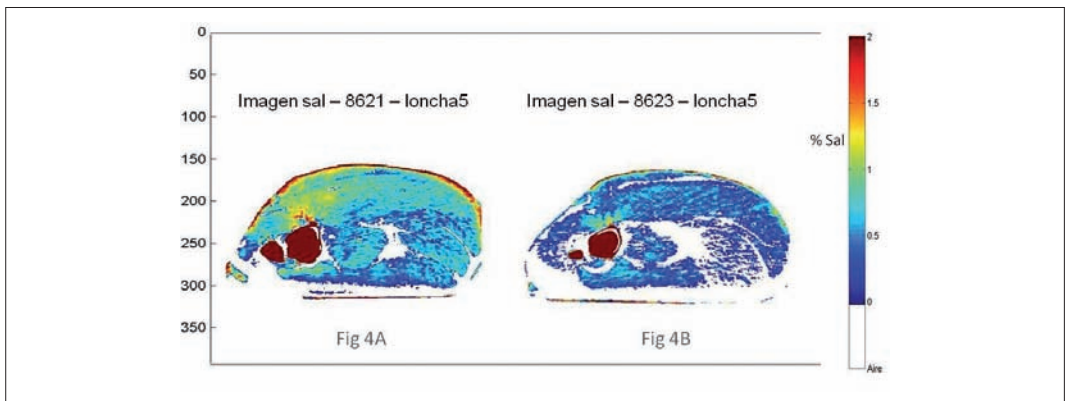
▲ Fig. 3: Inyectora con tecnología Spray Plus System [12]

Por otra parte, la zona central donde se halla la grasa que suele aparecer con el efecto “esponja” mencionado anteriormente, en el primer caso se observan 57 unidades HU, mientras que en la Fig 3 solamente 33. Eso significa que hay menos sal y por tanto menos salmuera retenida en esta zona de grasa. En la Fig 2 también se observan agujeros negros que, lo que indica, junto a los valores observados, una mala distribución. En la Fig 3 no se observan estos agujeros y toda la grasa presenta valores de atenuación parecidos, indicando una mayor homogeneidad en la distribución de sal, y por tanto una reducción del efecto “esponja”.

Estos mismos datos se observan y confirman en los diagramas de distribución de los mismos jamones:

En estas imágenes se puede observar la distribución

de sal según la distribución de color. Cuanto mayor es la uniformidad de color, mayor es la uniformidad de la distribución de sal. Las zonas blancas corresponden a la grasa de la pieza. La imagen 4A corresponde al mismo jamón de la Fig. 2 (Inyectora I1) mientras que la imagen 4B corresponde al de la Fig 3 (Inyectora I2). En la imagen 4A se observa una mayor concentración de sal en la parte más superior del jamón (coloración roja superficial y poco uniforme en el resto del músculo) al igual que se observaba en la Fig 2. Y también se puede apreciar una mayor concentración encima del hueso. Mientras que en la imagen 4B se observa una distribución mucho más uniforme en todos los músculos (coloración azul uniforme en toda la loncha), con lo cual se puede concluir que la inyección resulta en una distribución de sal más uniforme.



▲ Fig. 4: Diagramas de distribución de sal.

Ensayo 2 - Disminución del escurrido en altas inyecciones de jamones con hueso (Virginia Ham)

El Virginia Ham es un jamón cocido muy característico de Estados Unidos. Su proceso de elaboración apenas ha variado en los últimos años, pero sí las exigencias del público en cuanto a calidad y rendimiento final. Al ser un producto que se elabora sin masaje y con una merma de cocción alta durante la cocción, es preciso efectuar inyecciones relativamente altas (80-90 %) con el fin de obtener un producto con una textura jugosa y un rendimiento aceptable. Ya se ha comentado la tendencia de la salmuera a acumularse en las membranas y grasa que rodean el músculo. Esta salmuera está débilmente retenida y tiende a drenar fácilmente aumentando el escurrido del producto.

Para evaluar las cualidades de la nueva tecnología SprayPlusSystem® en la retención de salmuera se realizó una prueba a nivel industrial en una planta de procesado de los Estados Unidos, con dos inyectoras de características parecidas al Ensayo anterior, Inyectora I1 de Baja Presión y Inyectora I2 equipada con tecnología SprayPlusSystem® de METALQUIMIA, S.A. (Fig 5).



▲ Fig. 5: Cabezal con Spray Plus System®.

Para dicha prueba se inyectaron jamones de cerdo enteros con hueso al 80-90% y continuación se

prepararon para la cocción. En la mayoría de las plantas, el control de peso solamente se realiza en el momento de colgar las piezas para entrar en el horno (aprox 30 minutos después de la inyección) y después de cocción. Para poder realizar este ensayo también se controló el peso después de inyección.

Las pruebas se realizaron en paralelo con las dos máquinas y con la misma salmuera. Se utilizaron 250 jamones en cada prueba, agrupados en 5 lotes de 50 jamones. El proceso de cocción se llevó a cabo en hornos de vapor convencionales. Tanto los datos de salmuera como del proceso de cocción no se especifican por pertenecer a la empresa que prestó sus instalaciones.

Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 1 y corresponden a la media de cada lote.

INYECTORA	N° LOTE	% INYECCIÓN	% RETENCIÓN A 30'	RENDIMIENTO FINAL
INYECTORA 1 (Baja Presión)	1	83,1	47,2	119,2
	2	86,5	50,7	121,6
	3	87,1	48,4	118,3
	4	88,6	53,1	122,1
	5	87,3	52,5	121,9
<i>Media</i>		<i>86,5</i>	<i>50,4</i>	<i>120,6</i>
INYECTORA 2 (Spray Plus System)	6	86,4	54,9	124,1
	7	88,2	56,3	124,8
	8	86,7	54,2	123,6
	9	88,5	56,3	125,9
	10	89,3	57,1	125,1
<i>Media</i>		<i>87,8</i>	<i>55,8</i>	<i>124,7</i>

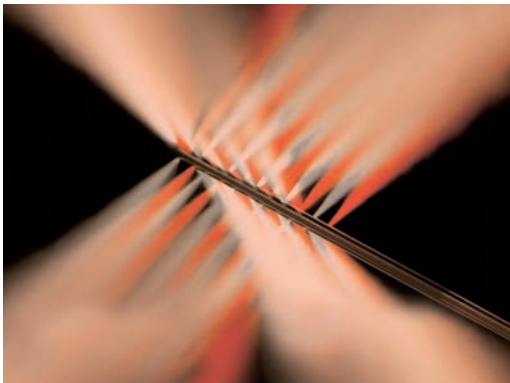
▲ Tabla 1: Resultados comparativos de rendimientos en inyección y cocción.

Analizando los datos aportados en planta se observa que si bien la diferencia entre las medias de los porcentajes de inyección de las dos máquinas es pequeña (86,5% y 87,8%), la diferencia en el porcentaje de retención a los 30 minutos de la inyección se incrementa, siendo el porcentaje de retención más alto en el caso de la Inyectora 2. En la media de los

lotes inyectados con la Inyectora 1, se perdieron 36,1 puntos de inyección durante el tiempo transcurrido entre inyección y entrada en el horno. En los lotes procesados en la Inyectora 2, se perdieron 32 puntos. Esta diferencia de 4,1 puntos en el porcentaje de retención, se mantiene en el rendimiento final del producto de las piezas tratadas con la tecnología SprayPlusSystem®.

CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos en los ensayos realizados parece confirmarse que la evolución del Efecto Spray convencional a la nueva tecnología SprayPlusSystem® aporta ventajas significativas en el proceso de inyección de los productos cárnicos cocidos. El movimiento de retroceso regulable de las agujas, da lugar a una distribución más uniforme de la salmuera, disminuyendo la formación de bolsas en grasa y aponeurosis. El resultado final es un producto cárnico cocido con un mejor aspecto del corte, color y sabor; una superior regularidad y consistencia en el proceso de inyección; pero, sobre todo, un aumento del rendimiento de los productos gracias al aumento de la retención de salmuera dentro del músculo cárnico. Y aunque estos ensayos se hayan enfocado a productos cárnicos con un grado de dificultad alta en cuanto a conseguir una buena distribución de salmuera, las ventajas observadas en el aspecto y el rendimiento de los productos, permite extrapolar este efecto a cualquier otro producto inyectado cocido.



BIBLIOGRAFÍA

- Fulladosa, E., Santos-Garcés, E., Picouet, P., Gou, P. 2010. Prediction of salt and water content in dry-cured hams by computed tomography. *Journal of Food Engineering* 96,80-85.
- Sorheim, O., Berg, S.A. 1987. Computed X-ray Tomography as a Non-destructive Method to Study Salt Distribution in meat. In *Rapid Analysis in Food Processing and Food Control*. Loen, Norway. p. 87.
- Vestergaard, C., Risum, j., Adler-Nissen, J., 2004. Quantification of salt concentration in cured pork by computed tomography. *Meat Science* 68 (1), 107-113.
- Freixenet, LL.1993. Spray Injection of meat. Influence of the brine pressure on quality of injected products. *Fleischwirtschaft* 73:504-514 .