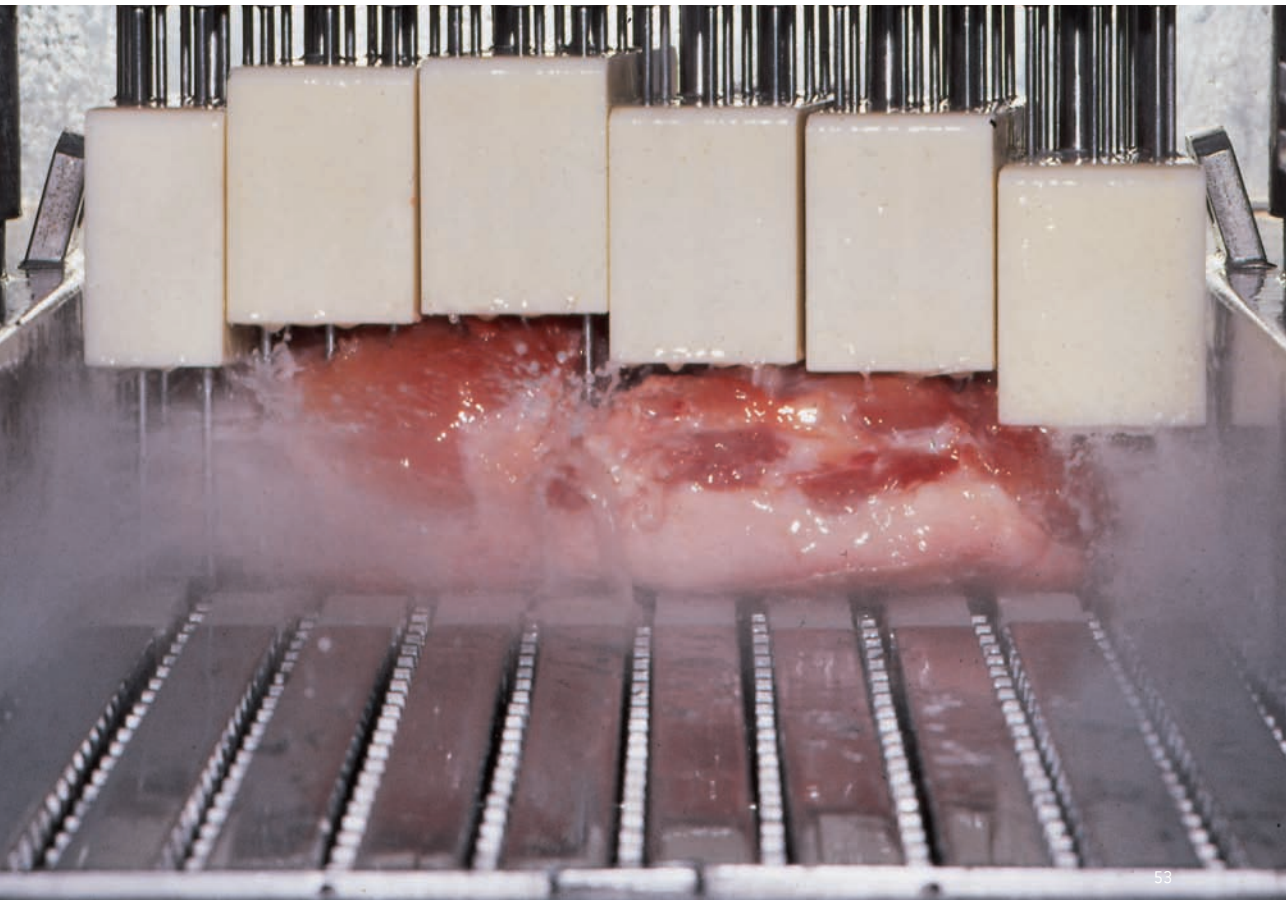


Inyección de la carne con efecto atomizador. Influencia de la **presión de inyección** en la calidad de los productos inyectados

Llorenç Freixanet



RESUMEN

Se describen diversos ensayos efectuados con una inyectora de efecto atomizador. Dado que el tamaño y velocidad de las micro-gotas formadas en la fase de inyección están íntimamente ligados a la presión aplicada a la salmuera, es de esperar que este parámetro ejerza una influencia capital en la calidad de la inyección. En el presente trabajo se describen series de pruebas que muestran el efecto producido por distintas presiones de atomización sobre tres aspectos fundamentales, determinantes de la calidad de la inyección: desviación estándar entre los porcentajes de inyección de series de piezas, escurrido de salmuera después de la inyección y distribución de la salmuera en el músculo cárnico. A partir de estas pruebas se concluye que presiones de atomización a partir de 6 kg/cm^2 mejoran substancialmente la regularidad de inyección entre piezas y la distribución de la salmuera en el músculo cárnico, reduciendo drásticamente las pérdidas de salmuera por escurrido, sin causar alteración alguna en la estructura muscular. La regularidad de los porcentajes de inyección entre piezas mejora además, de forma especial, con el uso de propulsores de salmuera de pistón volumétrico en lugar de bombas continuas. Series de músculos de tamaño y peso similares se inyectan con agua (A fin de eliminar la influencia de las características reológicas de la salmuera) a presiones desde 2 a 8 kg/cm^2 .

- Los resultados confirman un espectacular incremento en el porcentaje de agua inyectada, hasta un máximo del 74% a 8 kg/cm^2 .

INTRODUCCIÓN

El proceso de inyección es de importancia decisiva en la fabricación de productos cárnicos de músculo entero, especialmente en aquellos que no son sometidos posteriormente a fases de masaje, como son los productos estilo Whiltshire (Jamones, paletas, lomos y bacon, comercializados únicamente salmuerizados para su cocción en el hogar).

Los siguientes parámetros determinan la calidad del proceso de inyección y tienen un impacto directo en la calidad del producto terminado obtenido:

Regularidad del porcentaje inyectado en diferentes piezas. Puede evaluarse calculando la desviación estándar de los valores de porcentaje de inyección de series de piezas. Este factor determina la regularidad obtenida en las características sensoriales del producto y afecta también al rendimiento obtenido, ya que una inyección precisa permite acercarse a los límites analíticos establecidos por la legislación, reduciendo los riesgos de que algunas piezas los sobrepasen o de que existan piezas con problemas de curado deficiente por bajo nivel de inyección.

Escurreo de salmuera después de la inyección: En este apartado se evalúa la cantidad de salmuera escurrida y el tiempo empleado en ese escurrido. Bajas pérdidas de salmuera indican una buena retención de la salmuera, evitando escurridos adicionales una vez la pieza es envasada al vacío.

Además, un tiempo corto de escurrido permite el envasado al vacío de estas piezas sólo unas pocas horas después de la inyección, lo cual posibilita un proceso de fabricación continuo y fluido, sin cuellos de botella ni tiempos muertos.

Distribución de la salmuera: A pesar de que la salmuera inyectada se difunde posteriormente, de forma natural, a través de la estructura cárnica, este proceso requiere tiempos muy largos si no es ayudado por tratamientos mecánicos como el masaje. Para evitar las bandas rojas características de inyección y otros defectos de curado que se suelen observar en los productos no masajeados y procesados en ciclos de 24 horas, es muy importante que el proceso de inyección distribuya la salmuera de la forma más uniforme posible entre las fibras cárnicas, reduciendo de esta manera el tiempo requerido para que la salmuera pueda migrar a las áreas no inyectadas, siempre presentes en productos con bajos niveles de inyección.

Afin de determinar el efecto de la presión de inyección sobre estos tres aspectos, se efectúan distintas series de pruebas. Los ensayos se llevan a cabo en una inyectora que utiliza un concepto particular de inyección conocido como **inyección con efecto atomizador** o "Spray".

¿QUÉ ES LA INYECCIÓN CON EFECTO ATOMIZADOR?

La mayoría de las inyectoras multi-aguja 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 descendente de la aguja a través de la carne. Debido al diámetro de los agujeros, la salmuera fluye a través de ellos formando un chorro continuo. Estas máquinas suelen trabajar a una presión variable en el circuito de la salmuera que normalmente no suele exceder los 4 kg/cm². Con el concepto empleado en este tipo de equipos, presiones más altas dañan la estructura de la carne, ya que el flujo de salmuera provoca la separación e incluso rotura de las fibras musculares, formando bolsas de salmuera en el fondo del agujero generado por el paso de la aguja, por lo que la salmuera debe ser depositada de forma suave dentro de la carne, quedando pobremente distribuida y retenida. Estos

▼ Inyectora con efecto spray: MOVISTICK 3000 CR.



defectos de inyección se convierten posteriormente en anomalías de curación que afectan al aspecto del producto, provocando la aparición de manchas coloreadas. La regulación del porcentaje de inyección incluye, a menudo, la modificación de la velocidad de la bomba impulsora de salmuera (alterando la presión de salmuera y modificando, por tanto, las características de la inyección).

En contraste con lo anterior, las inyectoras de efecto 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. Las agujas están diseñadas con entre 11 y 14 agujeros de 0,6 mm. de diámetro distribuidos en diferentes alturas según el producto a inyectar.

El efecto atomizador se consigue por medio de una bomba de pistón volumétrico, que comprime la salmuera a una presión interna de entre 6 y 12 kg/cm² (dependiendo de la máquina) y la fuerza a pasar a través de los agujeros a gran velocidad, causando la dispersión del chorro de salmuera en miles de microgotas (atomización). Las pequeñas dimensiones de estas gotas y su alta velocidad (ver Fotografía I) hacen que se introduzcan profundamente entre las fibras cárnicas sin causar daño a la estructura muscular. La salmuera, incorporada al músculo de tal forma, está sujeta a mínimas pérdidas por escurrido, ya que la principal fuente de escurrido es la salmuera que queda dentro de los agujeros formados durante el paso de las agujas. Al penetrar profundamente la salmuera dentro del músculo, un mayor volumen muscular se verá cubierto con salmuera, con lo que se pueden esperar importantes mejoras en la distribución de ésta.

Otra característica importante de las inyectoras de efecto atomizador deriva del sistema volumétrico de dosificación que emplean. Al impulsar el pistón siempre la salmuera a la misma velocidad, se asegura constantemente la misma presión de atomización, independientemente del porcentaje de inyección obtenido, por lo que las ventajas del sistema de

inyección en Spray son aplicables a todo el rango de productos de cualquier fabricante con una única inyectora.

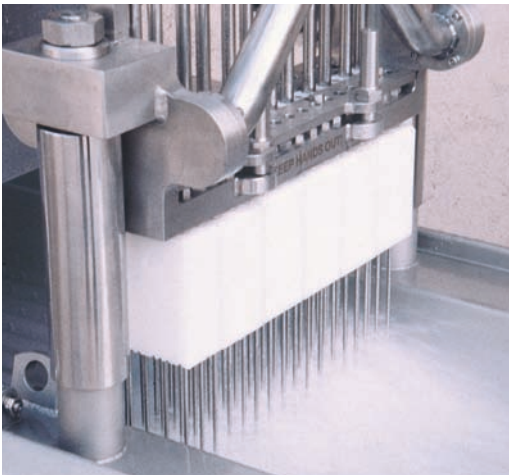
La inyectora utilizada en estas pruebas es una máquina operada de forma completamente hidráulica auto pilotada, provista de una cinta de avance tipo Singer, con avances ajustables entre 2 y 12 cm., gracias a un dispositivo volumétrico de tipo hidráulico. La máquina está equipada con una bomba volumétrica de pistón de 3 litros de capacidad, permitiendo el ajuste de la cantidad de salmuera que se envía al cabezal inyector en cada ciclo gracias a otro dispositivo volumétrico hidráulico.

INFLUENCIA DE LA PRESIÓN DE ATOMIZACIÓN EN LA PRECISIÓN DE LA INYECCIÓN.

Cuatro series de 15 cortes de «longissimus dorsi» de aprox. 15 cm. de longitud se inyectaron alrededor del 20% con la salmuera anexada, utilizando presiones de atomización de 2, 4, 6 y 8 kg/cm² en una inyectora de efecto atomizador. Al mismo tiempo, 3 series más se inyectaron en tres máquinas distintas que emplean la tecnología de baja presión descrita anteriormente.

Con presiones de inyección ligeramente distintas,

▼ Foto 1: Inyectora con efecto spray.



(de 1,5 a 2 kg/cm²) las 3 inyectoras tienen en común el empleo de propulsores continuos para la dosificación de la salmuera. Cada pieza se pesó antes e inmediatamente después de su inyección, calculándose los porcentajes de inyección. Cada serie de datos se evaluó estadísticamente y se calcularon las desviaciones estándar.

COMPOSICIÓN DE LA SALMUERA	
ADITIVOS	%
Sal	12
Azúcar	2.4
Tripolifosfato de sodio	0.3
Nitrito de sodio	0.12
Nitrato de sodio	0.12
Ascorbato de sodio	0.36
Agua	84.7

Resultados

Como puede observarse en la Tabla 1, los valores de desviación estándar para las 4 series inyectadas con la inyectora de efecto atomizador, la precisión de la inyección parece verse afectada únicamente por presiones de trabajo inferiores a 6 kg/cm², mientras que para presiones entre 6 y 8 kg/cm² no se detectan diferencias significativas, con valores de desviación estándar en torno a 0,6. Este hecho se puede explicar, probablemente, por el pobre efecto de atomización producido a presiones de 2 y 4 g/cm², donde se obtienen gotas de un tamaño excesivo y a baja velocidad. En estas condiciones, las distintas resistencias ofrecidas por las variaciones naturales en la estructura muscular, pueden llegar a afectar el flujo producido a través de los agujeros de inyección, provocando diferencias locales de presión que pueden ser responsables del aumento observado en las desviaciones de estas series. Se puede concluir que la precisión de inyección (entendida como regularidad en los porcentajes de inyección entre piezas), se ve afectada por la presión de atomización sólo por debajo de 6 kg/cm², cuando no se consigue un efecto de atomización suficiente. (Tabla 1)

TABLA 1			
TIPO DE MÁQUINA	PRESIÓN SALMUERA	% INY. MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
Inyectora por spray	2	20.21	1.21
Inyectora por spray	4	20.40	0.93
Inyectora por spray	6	20.18	0.61
Inyectora por spray	8	20.13	0.62
Inyectora A	2	20.13	1.42
Inyectora B	1,5	20.37	1.63
Inyectora C	1,5	20.90	2.74

Al mismo tiempo, se detectó una diferencia importante de precisión entre estas 4 series (salmuera impulsada mediante una bomba volumétrica de pistón) y las series inyectadas con máquinas que incorporan bombas de salmuera continuas, obteniéndose en estas últimas, valores de desviación estándar netamente superiores (de 1,4 a 2,7).

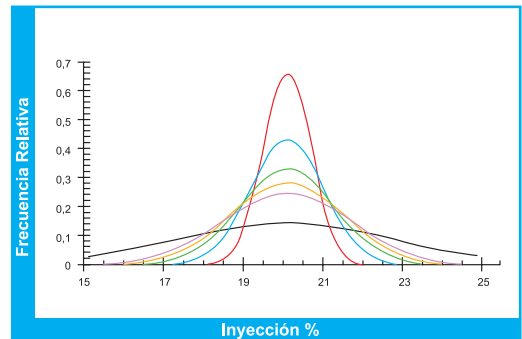
A partir de estos datos, se puede concluir que la dosificación volumétrica de la salmuera resulta en precisiones de inyección claramente superiores a las obtenidas con los sistemas de bomba continua, asegurando un producto con características sensoriales mucho más regulares, evitando defectos de curado y reduciendo el margen de seguridad requerido en el rendimiento final para asegurar que todas las piezas fabricadas estén dentro de los límites analíticos establecidos por la legislación vigente.

Esta pérdida de precisión en las máquinas que usan bombas continuas puede atribuirse, probablemente, a las válvulas de que disponen en el cabezal de inyección y que no permiten la inyección en las agujas o grupos de agujas (según la máquina) que no están dentro de la carne. Dado que la inyección se efectúa en tiempos iguales en cada ciclo, la presión de inyección sufre continuas variaciones dependiendo de la cantidad de agujas abiertas. Como el flujo de salmuera depende de la presión interior de ésta, la cantidad de salmuera introducida en la carne varía continuamente, causando las diferencias en los porcentajes de inyección de distintas piezas descritas en la Tabla 1. También puede atribuirse parte de esta falta de precisión al hecho de que, al trabajar con

bajas presiones de inyección (agujeros de inyección de gran tamaño), las distintas resistencias ofrecidas por las piezas de carne debido a las diferencias naturales de textura entre los distintos músculos producen variaciones locales en la presión de inyección, causando importantes variaciones en los porcentajes inyectados en cada músculo. Ninguno de estos fenómenos se produce en la inyectora de efecto atomizador para presiones superiores a los 6 kg/cm².

Las campanas de Distribución Normal de Gauss representando las probabilidades de encontrar piezas con distintos porcentajes de inyección para cada serie pueden verse en el gráfico 1.

▼ Gráfico 1: Curvas de Distribución.



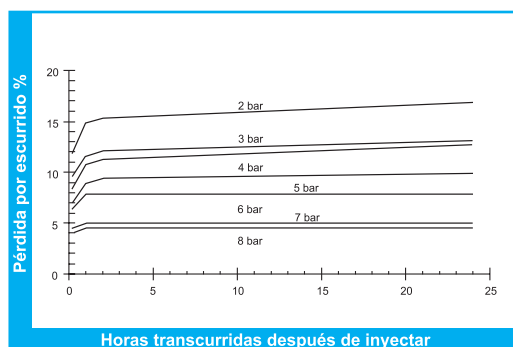
- Inyectora por spray (> 6 bar)
- Inyectora por spray (4 bar)
- Inyectora por spray (2 bar)
- Inyectora A
- Inyectora B
- Inyectora C

INFLUENCIA DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN SOBRE LA PÉRDIDA DE SALMUERA POR ESCURRIDO.

Muestras de «*longissimus dorsi*» se inyectaron en la inyectora de efecto atomizador con la misma salmuera usada en el apartado anterior. Se mantuvo un porcentaje de inyección alrededor del 20% para cada muestra, regulando el volumen de salmuera enviado al cabezal en cada caso. La presión del circuito de salmuera se varió entre 2 y 8 kg/cm² regulando la presión máxima del circuito hidráulico. Después de inyectar cada pieza se mantuvo en un contenedor separado

TABLA 2

PRESIÓN DE INYECCIÓN (KG/CM ²)	% INYECCIÓN DESPUÉS DE...					% PÉRDIDA POR ESCURRIDO DESPUÉS DE...			
	INYECCIÓN	10 MIN.	1 HORA	2 HORAS	24 HORAS	10 MIN.	1 HORA	2 HORAS	24 HORAS
2	20.3	17.9	17.3	17.2	16.9	11.82	14.78	15.27	16.75
3	19.9	18.0	17.6	17.5	17.3	9.55	11.56	12.06	13.07
4	20.5	18.8	18.3	18.2	17.9	8.29	10.73	11.22	12.68
5	20.3	18.9	18.5	18.4	18.3	6.90	8.87	9.36	9.85
6	20.5	19.2	18.9	18.9	18.9	6.34	7.80	7.80	7.80
7	20.2	19.3	19.2	19.2	19.2	4.46	4.95	4.95	4.95
8	20.0	19.2	19.1	19.1	19.1	4.00	4.50	4.50	4.50



▲ Gráfico 2: Pérdida por escurrido [Dependencia con la Presión de inyección].

se pesó. Inmediatamente después de la inyección, a los 10 min., transcurrida 1 hora, 2 horas y 24 horas, descartando cada vez la salmuera libre. Los resultados se tabularon para su análisis en la Tabla 2. Una pieza inyectada a cada presión se colocó en film plástico multi-capa y se termoselló al vacío una hora después de la inyección.

Resultados:

Los valores tabulados en la Tabla 2 pueden verse representados en el Gráfico 2. de estos datos se pueden extraer dos diferentes relaciones de la pérdida por escurrido con la presión de inyección:

Por un lado, las altas presiones de inyección reducen drásticamente la pérdida total de salmuera por escurrido y, por otro lado, se observa una importante

reducción del tiempo de escurrido al trabajar con presiones elevadas.

Las piezas envasadas al vacío son abiertas y comprobadas transcurridas 24 horas desde la inyección. En concordancia con los resultados obtenidos bajo condiciones atmosféricas, únicamente las piezas inyectadas a presiones inferiores a los 6 kg/cm² presentan exudación de jugos en la bolsa, de forma que cuanto menor es la presión de inyección, mayores es la cantidad de jugo libre.

Ambos hechos son de gran importancia en la fabricación de productos cárnicos. La reducción del tiempo de escurrido [a partir de los 6 kg/cm² no se produce más liberación de jugos al cabo de 1 hora de la inyección] permite que productos que se venden únicamente curados como el bacon, backs o bellies [estilo inglés] puedan ser envasados dentro de la misma jornada de inyección sin que se produzcan posteriores exudaciones en el envase, consiguiéndose un proceso productivo continuo y mucho más fluido. Al mismo tiempo, la reducción de la cantidad total de salmuera escurrida, (desde el 16,75% de la cantidad inyectada a 2 kg/cm² hasta el 4,5% a 8 kg/cm²) permite un ajuste significativo en los costes de producción de estos productos que no requieren masaje y una importante reducción en los tiempos de masaje requeridos para productos como jamones, paletas o lomos cocidos.

Los resultados obtenidos son consistentes con la idea expresada en la introducción de que la



▲ Foto 2.

salmuera que se pierde por escurrido es básicamente aquella que permanece en el agujero producido por la aguja en su paso a través de la carne. Esta salmuera no es fijada en la estructura muscular, por lo que es escurrida fácilmente. Altas presiones de inyección introducen la salmuera profundamente dentro del músculo, fijándola y, consecuentemente, reduciendo el porcentaje de salmuera escurrida.

INFLUENCIA DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE LA SALMUERA.

Se inyectaron muestras de «longissimus dorsi» en la inyectora de efecto atomizador con una salmuera coloreada (0,004% de Azul de Metileno en salmuera) Se mantuvo para cada pieza un porcentaje de inyección de alrededor del 20%, regulando en cada caso el volumen de salmuera enviado al cabezal. La presión de la salmuera se varió entre 2 y 8 kg/cm² regulando la presión máxima del circuito hidráulico. Todas las muestras se pasaron a través de la inyectora con avances de cinta de 12 cm por ciclo, de manera que cada una de las partes del músculo recibiera únicamente un golpe del cabezal de inyección. Después de inyectar, las piezas se dividieron transversalmente en dos partes iguales. Una de ellas se lonjeó transversalmente siguiendo las líneas generadas por los agujeros de entrada de las agujas, mientras que la otra parte se cortó por la mitad en sentido longitudinal con objeto de obtener un mapa del Índice de Distribución de la salmuera.

Resultados

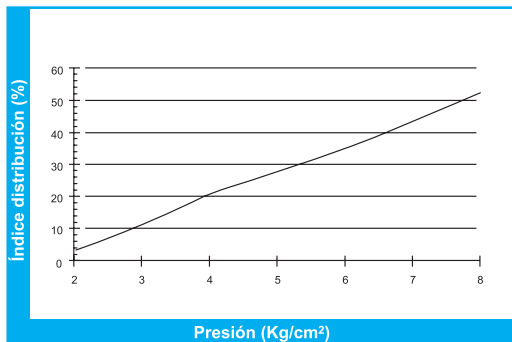
Los cortes longitudinales de cada una de las medias muestras obtenidas revelan un mapa de la distribución de la salmuera en la pieza. Los agujeros de inyección están geoméricamente distribuidos alrededor de la aguja en una altura de 60 mm. Cuando la inyección tiene lugar, la salmuera es atomizada a través de los agujeros, produciendo en la carne una mancha coloreada de forma que, cuando se retira la aguja, puede asimilarse fácilmente a una esfera. Los cortes longitudinales muestran una distribución de manchas casi circulares cuyos diámetros pueden ser medidos y promediados. Los resultados de estas medidas se describen en la Tabla 3 como anchuras promedio de las bandas de inyección, que pueden tomarse como índices de penetración de la salmuera. Estas bandas pueden observarse en las lonjas transversales fotografiadas en la Foto II. Como puede observarse, hay una importante correlación entre las anchuras de las bandas y la presión de inyección.

Dado que los diámetros arriba mencionados son promediados a lo largo de todo el volumen de la pieza, éstos pueden ser utilizados para crear mapas teóricos de distribución, que serán usados para definir el Índice de Distribución como el porcentaje de volumen de carne coloreado por el azul de metileno presente en la salmuera. En la Tabla 3 se evalúan estos índices.

TABLA 3		
PRESIÓN DE INYECCIÓN (KG/CM ²)	ANCHURA MEDIA BANDAS (MM.)	ÍNDICE DE DISTRIBUCIÓN
2	5	3 %
3	10	11 %
4	14	21 %
5	16	28 %
6	18	35 %
7	20	44 %
8	22	53 %

Se observa que a una presión de 2 kg/cm² la cantidad de salmuera inyectada [20% sobre el peso de carne fresca ff 17% del total del peso] se concentra en

únicamente un 3% del volumen total. A medida que se aumenta la presión de inyección, el Índice de Distribución aumenta de forma casi lineal, de manera que a 8 kg/cm² un 53% del volumen del músculo se encuentra embebido en salmuera (ver Gráfico 3).



▲ Gráfico 3: Índice de Distribución (Dependencia con la Presión).

Como es obvio, el Índice de Distribución puede mejorarse reduciendo la relación de avance de la cinta de la inyectora, de forma que los golpes del cabezal se solapen sobre la carne. Por ejemplo, un avance de 8 cm. con 8 kg/cm² de presión de salmuera permitiría obtener un Índice de Distribución del 80% y un avance de 4 cm. del 99% (La salmuera estaría repartida en un 99% del volumen total).

INFLUENCIA DE LA PRESIÓN DE INYECCIÓN EN EL PORCENTAJE INYECTADO

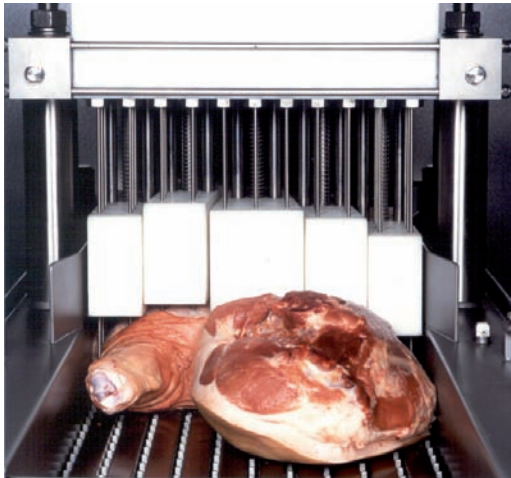
Se inyectaron muestras de “*longissimus dorsi*”, con la inyectora de efecto atomizador regulada para obtener el máximo porcentaje de inyección (mínimo avance de cinta y máximo volumen enviado al cabezal en cada golpe), con agua sola. La presión de salmuera se varió de 2 a 8 kg/cm² regulando la presión máxima del circuito hidráulico. Las piezas se pesaron antes y después de la inyección y se calculó el porcentaje de agua incorporado.

Resultados

Como puede verse en la tabla 4 el porcentaje de inyección muestra una progresión casi lineal entre 2 y 6 kg/cm² y, a pesar de que sigue aumentando, el incremento es menor, entre 6 y 7 y entre 7 y 8 kg/cm², obteniendo un porcentaje máximo del 74,2%. Teniendo en cuenta que la máquina usada en los ensayos es una inyectora de un solo cabezal, el concepto de inyección con efecto atomizador muestra una superioridad evidente con respecto a las inyectoras estándar de baja presión, que en la mayoría de los casos no pueden exceder el límite del 40% de inyección. El máximo obtenido en estos ensayos es del 74%, que puede incrementarse hasta casi un 100% utilizando salmueras con viscosidades elevadas, y las inyectoras de doble cabezal, que utilizan el mismo concepto de inyección con efecto atomizador, pueden alcanzar valores cercanos al 100% con agua y del orden del 120% con salmueras espesas en una sola pasada.

La construcción hidráulica de este tipo de inyectoras permite que sean capaces de manejar salmueras de viscosidades muy elevadas, por lo que los valores mencionados se pueden alcanzar sin grandes dificultades. De cualquier forma, hay que tener en cuenta que los valores mencionados se refieren a lomos, por lo que pueden ser aplicables también a jamones y paletas enteros. Obviamente, con pedazos pequeños de carne, los porcentajes de inyección máximos obtenidos se reducen fuertemente, especialmente si no se adapta la altura de distribución de los agujeros de inyección a la altura de la carne.

TABLA 4	
PRESIÓN DE INYECCIÓN (KG/CM ²)	PORCENTAJE DE INYECCIÓN
2	20.30
3	29.40
4	38.60
5	49.30
6	62.50
7	71.50
8	74.20



▲ Detalle de inyección de jamón con hueso.

OTROS FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE LA CALIDAD DE LA INYECCIÓN

A partir de estos tests se puede concluir que la presión de atomización es un factor determinante de la calidad de la inyección, de forma que presiones superiores a los 6 kg/cm^2 mejoran substancialmente la regularidad de la inyección, la distribución de la salmuera y reducen drásticamente las pérdidas de salmuera por escurrido, sin causar daño alguno a la estructura muscular.

Obviamente, éste no es el único factor que afecta la calidad del proceso de inyección, sino que hay una serie de conceptos relacionados con el diseño de las máquinas inyectoras que tienen una importancia decisiva sobre éste.

Tipo de movimiento del cabezal de inyección: Si el ciclo del cabezal de inyección se genera a través de una biela excéntrica, se genera un movimiento de características sinusoidales, de forma que el cabezal pasa un mayor tiempo en las partes más altas y más bajas del ciclo, mientras que en las partes intermedias de subida y bajada se mueve con mayor rapidez. Este tipo de desplazamiento, unido al hecho de que la mayoría de las máquinas que lo emplean permanecen inyectando durante casi toda la operación de

bajada y subida del cabezal, provoca importantes acumulaciones de salmuera en las partes inferiores de la pieza cárnica, fácilmente detectables con un análisis inmediato del contenido de sal de fracciones superiores e inferiores de los músculos. Las bolsas de salmuera formadas se reflejan en los productos cocidos como manchas intensamente coloreadas producidas por las irregularidades de curación causadas por las diferentes concentraciones de salmuera.

Desplazamiento de la carne a través de la inyectora:

Es muy importante, para una buena calidad del proceso de inyección, que las piezas de carne sean transportadas a través de la inyectora de forma suficientemente suave para que mantengan sus posiciones relativas entre los diferentes ciclos del cabezal de inyección, de manera que la distribución de los agujeros producidos por las agujas, al penetrar en la carne, no adopte una forma irregular que causaría diferencias en el contenido de salmuera de distintas partes del músculo.

Varias son las soluciones adoptadas por los distintos fabricantes de inyectoras:

- **Cintas continuas con movimiento continuo:** Tienen el problema de que la inyección tiene lugar mientras la carne está en movimiento, con lo que obligan a incorporar estructuras en el cabezal que permitan que éste acompañe parcialmente a la carne durante la inyección, con un gran riesgo de que el cabezal provoque movimientos de las piezas de carne. Adicionalmente, este sistema no permite que las agujas atraviesen completamente los músculos, dejando a menudo una franja con problemas de curado en la parte inferior de los músculos.

- **Cintas continuas con movimiento discontinuo:** Como en el tipo anterior, las agujas no pueden atravesar completamente los músculos y, si están construidas con materiales plásticos, presentan a menudo problemas de adherencia de la carne, que sufre pequeños desplazamientos de su posición relativa en

cada ciclo, originando irregularidades de inyección. La adherencia se puede mejorar construyendo las cintas con malla metálica, pero ésta tiene el inconveniente de que los intersticios de la malla se llenan con facilidad de pequeños pedazos de carne que quedan fuertemente atrapados en las uniones de la malla, siendo muy difíciles de limpiar.

- **El empleo de transportadores tipo SINGER** es probablemente la mejor solución a este problema, pero el diseño de dicho transportador ha de tener en cuenta que las piezas deben estar perfectamente fijadas durante el movimiento, para evitar avances irregulares, y que deben fijarse también mientras el cabezal está en movimiento descendente, para minimizar los movimientos que se puedan producir en el preciso instante en que el cabezal entra en contacto con el principio o el final de una pieza de carne.

Diseño de los pisadores retenedores de carne: Las máquinas inyectoras van normalmente equipadas con pisadores plásticos cuya misión principal es separar las piezas de carne de las agujas una vez éstas han sido inyectadas. Hay dos conceptos, en el diseño de dichos retenedores, que son de suma importancia en la obtención de una inyección precisa. Primeramente, tales retenedores deben estar equipados con sistemas de muelles que produzcan una presión suficiente como para separar la carne de las agujas sin levantarla del transportador, ya que si esto sucede, la compresión del muelle suele provocar una caída violenta de la pieza que puede alterar su posición relativa en el transportador causando irregularidades en la distribución de la salmuera. Además, la presión ejercida debe ser distribuida uniformemente entre todas las piezas, ya que la compresión de los músculos produce una ligera reducción en el porcentaje de salmuera retenida. Esto significa que, dado que los músculos presentan irregularidades naturales en su tamaño, un único pisador retenedor comprimiría únicamente los músculos más grandes contribuyendo a crear diferencias en los porcentajes inyectados en los diferentes músculos. El empleo de múltiples

pisadores, cubriendo reducidas superficies de músculo, es la mejor solución de diseño para este problema.

Sistema de dosificación: Tal como se ha constatado en las pruebas que constituyen el grueso de este artículo, una dosificación volumétrica a presión constante es el sistema más adecuado para obtener una buena precisión de inyección.

En adición a estos conceptos constructivos de las máquinas inyectoras, la regularidad del proceso de inyección viene también condicionada por otros factores relacionados con la uniformidad en las materias primas empleadas en el proceso (carnes y salmueras):

Regularidad en la calidad de la carne: Por ser una materia viva, las propiedades de los músculos presentan importantes variaciones debido a las diferentes características de los animales. Una experiencia muy simple, consistente en la inyección con efecto atomizador (alrededor del 20%) de series de jamones de peso similar (dentro de un rango de 500 gr) en las cuales los jamones provenientes de un mismo animal eran convenientemente identificados, mostró que la diferencia de inyección entre las piezas con mayor y menor porcentaje de inyección de toda la serie era de 2,1 puntos (10% de la cantidad de salmuera inyectada), mientras que la máxima diferencia entre los jamones izquierdo y derecho provenientes del mismo animal fue únicamente de 0,8 puntos (4% del total de salmuera inyectada). A pesar de que es imposible conseguir lotes de piezas con exactamente las mismas características, es muy recomendable, para optimizar la calidad del producto terminado, efectuar una selección previa de la materia prima basada en criterios de peso, pH y color. Desafortunadamente, esta operación supone un coste adicional en la línea de producción que sólo es aceptable en productos de alto precio.

Regularidad en el proceso de inyección: La precisión de la inyección depende también de la regularidad

en las características de la salmuera (viscosidad, temperatura, etc.) y en el procesado de la carne previo a la inyección. Diferencias en la temperatura de la salmuera afectan a su viscosidad, modificando el porcentaje de escurrido de la salmuera. Variaciones en la temperatura de la carne alteran el grado de rigidez del tejido muscular, lo cual provoca también variaciones en el porcentaje inyectado. Dado que la carne continúa sufriendo importantes cambios en sus características después de la muerte del animal, diferencias importantes en el lapso de tiempo transcurrido entre el sacrificio y la inyección de la carne pueden provocar diferencias en la calidad de los productos finales obtenidos. En conclusión, la clave para la obtención de un producto de calidad es la regularidad en las condiciones de todas y cada una de las etapas del proceso, antes de la inyección, durante la inyección y, en aquellos productos que requieran de posterior tratamiento, después de la inyección, ya que la mayoría de las irregularidades del proceso se verán reflejadas de una forma u otra en el producto terminado obtenido.

BIBLIOGRAFÍA

- LAGARES J. y FREIXANET LL. : Aditivos e ingredientes en la fabricación de jamón cocido. alimentación, equipos y tecnología (Abril 1991), 117 - 127.
- MULLER W.D.: Tecnología de los productos curados cocidos. Fleischwirtsch. 1 (1990), 66 -70.
- OCKERMAN H.W., ORGANISCIK, C.S.: Diffusion of curing brine in tumbled and non-tumbled porcine tissue. J. Food Prot. 41 (1978), 178 - 181.
- SCHEID D. Manufacture of Cook-in-Ham. Fleischwirtsch. 2 (1986), 31 - 34.
- XARGAYÓ M. : Proceso de fabricación de jamón y paleta cocidos (II). (1990).

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer al Sr. Narcís Lagares, al Sr. Josep M^a Brugué y al Sr. Carles Pineda, miembros del Departamento de Ingeniería de Metalquímica, S.A., sus amables sugerencias así como la ayuda prestada en la confección de este artículo.

▼ Movistick Plus 3000.

