

## > **Marinado de carne fresca por efecto "spray": influencia de la inyección con efecto "spray" en la calidad de productos marinados**

## > **Marination of fresh meats by means of spray effect influence of spray injection on the quality of marinated products**

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

### | RESUMEN

En el presente estudio se ha procedido a evaluar la influencia de la inyección con efecto "spray" en diversos tipos de productos marinados, en comparación con una inyectora convencional sin efecto "spray". La evaluación se ha realizado cuantificando los parámetros más influyentes en la calidad de este tipo de productos, como son: regularidad y precisión en la inyección (a través del cálculo de la desviación estándar en la inyección pieza a pieza), distribución de los ingredientes dentro del músculo (análisis del contenido en cloruro sódico en el producto) y capacidad de retención del marinado dentro del músculo cárnico (escurrido del marinado en función del tiempo). En cada uno de los ensayos se han utilizado tres tipos de carne: pollo entero, cerdo y vaca para poder precisar si la influencia de dicho efecto era apreciable "spray" mejora sustancialmente los parámetros anteriormente mencionados, y como consecuencia también se mejora la regularidad en sabor y textura en el producto final.

### | INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha "marinado" la carne para conseguir mejores y diferentes sabores, incrementar la ternura (tenderness) de los músculos más duros, y aumentar la conservación del producto por efecto de la sal. Pero los cambios de costumbres de la sociedad actual, que dispone de menos tiempo para dedicar a la cocina, han llevado al olvido este tipo de prácticas, perdiéndose el aumento de la calidad que se conseguía.

Existen numerosas referencias en la literatura acerca del beneficio del marinado sobre la textura de la carne, que demuestran que la incorporación de una cierta cantidad de agua con diversos ingredientes, tales como sal, fosfatos y proteínas, proporcionan una textura más jugosa a la carne al disminuir la pérdida de jugosidad durante la cocción. Asimismo, también hay referencias sobre el incremento y potenciación del sabor por parte de una amplia gama de productos y que varían según las diferentes culturas, como pueden ser: especias, esencias de frutas, alcoholes aromáticos (vino, coñac), aceites, salsas orientales, etc.

Otro aspecto importante del marinado es el aumento de rendimiento de la materia prima, el cual, bien controlado, puede ofrecer beneficio al productor y al consumidor, dando lugar a la creación de productos con alto valor añadido.

Pero para que este tipo de productos sea aceptado es muy importante la constancia del producto en el tiempo, y que para el consumidor se traducirá en una regularidad en gusto

### | ABSTRACT

A recent study was carried out in order to evaluate the influence of spray injection on various types of marinated meat products, in comparison with a conventional injector without spray effect. The evaluation was accomplished by quantifying the parameters that most influence the quality of this type of products, such as: regularity and precision of injection (piece-by-piece calculation of the standard deviation in the injection), distribution of the ingredients inside the muscle (analysis of the sodium chloride content in the product) and marinade retention capacity inside the meat muscle (rate of marinade dripping loss). In each of the trials three types of meat were used: whole chicken, pork and beef, in order to determine whether said spray effect exerted an appreciable influence to substantially improve the above-mentioned parameters, and whether, as a result, regularity of flavor and texture in the finished product was improved.

### | INTRODUCTION

Traditionally meat has been marinated to obtain better and different flavors, increase tenderness of the toughest muscles, and prolong product shelf-life through salting. But due to lifestyle changes in today's society, which has less time to spend in the kitchen, these practices have fallen into disuse, resulting in a loss of the quality benefits that were obtained with such traditional methods.

The existing literature on the subject contains numerous references to the beneficial effects of marination on meat texture, which show that the incorporation of a certain quantity of water with various ingredients, such as salt, phosphates and proteins, gives the meat a juicier texture and reduce the loss of juiciness during cooking. There are also references to the increase and enhancement of palatability by means of a wide range of products that vary according to different cultures, such as: spices, fruit extracts, aromatic liquors (wine, cognac), oils, oriental sauces, etc.

Another important aspect of marination is the increase of yield of the raw material, which, when well controlled, can provide benefits to the producer and the consumer, giving rise to the creation of products with a high added value.

But in order for this type of products to be accepted, it is very important to maintain product constancy in time, and for this to transmit to the consumer a regularity in taste and texture. To achieve this requires equipment and technology capable of assuring the attainment of this regularity.

y textura. Para ello es necesario disponer de equipos y tecnología capaces de asegurar la consecución de esta regularidad.

Actualmente, el diseño de equipos más eficaces y precisos junto con el desarrollo de la tecnología permiten “marinar” productos a nivel industrial, disminuyendo costes y tiempo de preparación.

## I MÉTODOS DE MARINADO

Existen tres métodos para elaborar productos marinados: inmersión, inyección y masaje. La inmersión es el método más antiguo y consiste en sumergir la carne en el marinado, dejando que los ingredientes penetren en la carne por difusión con el paso del tiempo. Este método es poco fiable en la industria cárnica porque no proporciona regularidad en la distribución de los ingredientes y aumenta el riesgo de contaminación bacteriana. Por otra parte, es poco práctico porque requiere tiempos largos de proceso y limita la cantidad de marinado a absorber. En cuanto al marinado por masaje tiene mayor aplicación en trozos de carne pequeños y deshuesados, porque es difícil mantener una buena regularidad y uniformidad de los ingredientes del marinado en trozos grandes distribuyendo la salmuera solamente por difusión, y cuando se trata de carne con huesos, estos se pueden dañar o separar de la carne.



I Inyectora de marinado por efecto “spray”: AUVISTICK 260  
I Spray Marinating Injector: AUVISTICK 260

Currently, the design of more efficient and precise equipment, together with the development of technology, allows for “marinating” products at an industrial level, reducing costs and preparation time.

## I MARINATING METHODS

There are three methods for producing marinated products: immersion, injection and massage. Immersion, the oldest method, consists in submerging the meat in the marinade and letting the ingredients penetrate the meat through diffusion with the passage of time. This method is quite unreliable in the meat industry because it does not provide regularity in distribution of the ingredients and because it increases the risk of bacterial contamination. Also, it is not practical because it requires long processing times and limits the quantity of marinade to be absorbed. In regard to massage marinating, this has greater application to small boneless meat pieces, as it is difficult to maintain good regularity and uniformity of marinade ingredients in large pieces when the brine is distributed by diffusion alone, and when dealing with bone-in meat, the bones can get damaged or separate from the meat.

Injection marinating is perhaps the most widely used method because it allows for dosing an exact quantity of brine, guaranteeing regularity in the products and without the time losses involved in immersion. But to obtain this regularity the equipment used must be able to inject the desired quantity of marinade with precision; moreover marinade distribution must be uniform throughout the entire piece, without affecting the integrity of the meat. Another important factor to be kept in mind is the dripping that takes place subsequent to injection, which must be the minimum possible, in order not to affect the appearance of the finished product.

Spray injection has been used for some time with optimum results in cooked meat products, which gave rise to the idea of carrying out a comparative study between an injector with spray effect and a conventional injector without this effect, in order to determine the influence of spray effect on the quality of marinated products. To quantify said effect, the parameters that most influence quality of the finished product were selected, namely: precision of injection percentage, retention of marinade with the passage of time and marinade distribution inside the meat muscle.

### Spray Effect

Most of the injectors existing on the market use pumps that propel the brine or marinade through needles with holes of 1 mm or more in diameter, depositing the marinade during their downward stroke through the meat, forming a deposit of brine in the needle’s zone of penetration.

In contrast, spray injectors do not form brine or marinade pockets around the needle, but rather force the marinade through needles of lesser diameter (0.6 mm) at high speed, causing dispersion of the marinade into thousands of atomized micro-drops during the needles downward stroke through the meat muscle. The tiny dimensions and high speed of these drops, produced by the constructive characteristics of the injector itself, cause them to be introduced deeply between the meat fibers without damaging the muscle structure. The marinade incorporated into the muscle in this way is subject

El marinado por inyección quizás sea el método más ampliamente utilizado porque permite dosificar una cantidad exacta de salmuera, garantizando una regularidad en el producto y sin las pérdidas de tiempo que implica la inmersión. Pero para conseguir esta regularidad es necesario que el equipo utilizado pueda inyectar la cantidad deseada de marinado de forma muy precisa y que la distribución de la misma sea regular a lo largo de la pieza, sin afectar la integridad de la misma. Otro factor importante a tener en cuenta, es el drenaje posterior a la inyección, que tiene que ser el mínimo posible para afectar el aspecto del producto final.

La inyección con efecto atomizador o "spray" se viene utilizando desde hace tiempo con óptimos resultados en productos cárnicos cocidos, por lo que se pensó en realizar un estudio comparativo entre una inyectora con efecto "spray" y una inyectora convencional sin este efecto, y así determinar la influencia del efecto "spray" en la calidad de los productos marinados. Para cuantificar dicho efecto se escogieron los parámetros más influyentes en la calidad del producto final, como son: precisión en el porcentaje de inyección, retención del marinado a lo largo del tiempo y distribución del marinado dentro del músculo cárnico.

### Efecto "Spray"

La mayoría de la inyectoras existentes en el mercado utilizan bombas que impulsan la salmuera o marinado a través de agujas con agujeros de 1 mm o más de diámetro, depositando el marinado durante su recorrido descendente a través de la carne, formando un depósito de salmuera en la zona de penetración de la aguja.

En contraste con lo anterior, las inyectoras de efecto atomizador o "spray", no forman bolsas de salmuera o marinado alrededor de la aguja, sino que fuerzan el marinado a pasar a gran velocidad a través de agujeros de inferior diámetro (0,6 mm), causando la dispersión del marinado en miles de microgotas nebulizadas a través de la aguja durante su recorrido descendente dentro del músculo cárnico. Las pequeñas dimensiones de estas gotas y su alta velocidad, dada por las características constructivas de la misma inyectora, hacen que se introduzcan profundamente entre las fibras cárnicas sin causar daño en la estructura muscular. El marinado incorporado en el músculo de tal forma, está sujeto a mínimas pérdidas por escurrido, y al penetrar profundamente dentro del músculo, un mayor volumen muscular quedará cubierto con dicho marinado, con lo que cabe esperar mejoras en la distribución del mismo.

Para las pruebas comparativas se utilizaron dos tipos de inyectoras:

- Inyectora A: Inyectora convencional sin efecto "spray" para productos marinados, cuyas agujas tienen agujeros de 1 mm.
- Inyectora B: Inyectora con efecto "spray", con agujeros de 0,6 mm para atomizar el marinado en la carne.

En todas las pruebas se utilizó una salmuera básica compuesta por: Agua (89,3%), Cloruro sódico (7,7%), Tripolifosfato sódico (1,5%), y diferentes aromas según el tipo de carne utilizada (1,5%).

### Influencia del Efecto "Spray" sobre la regularidad de inyección

Se entiende como regularidad de inyección a la mínima

to minimum dripping loss, and by penetrating deeply inside the muscle, greater muscle volume is covered with said marinade, so that improvements in distribution of same can be expected.

For the comparative trials two types of injectors were used:

- Injector A: Conventional injector without spray effect for marinated products, having needles with holes of 1 mm.
- Injector B: Spray injector, having needles with holes of 0.6 mm for atomized distribution of marinade inside the meat.

In all the trials a basic brine was used composed of: Water (89.3%), Sodium chloride (7.7%), Sodium tripolyphosphate (1.5%), and various flavorings depending on the type of meat used (1.5%).

### Influence of Spray Effect on injection regularity

Injection regularity is understood as the minimum variability between the values of injection percentage obtained in the different pieces injected. Evaluation of said variability can be carried out by calculating the standard deviation of injection percentage values in different series of pieces, injected one by one, which will reflect the precision of the injector in question.

The factor that most influences injection regularity is the injector itself, but there are other factors to be kept in mind, such as conditions of the meat to be processed (temperature, pre-maturation time, regularity of weight and shape) and brine characteristics (viscosity, temperature), so that in order to eliminate variations due to external causes, these factors must be maintained as constant as possible.

With the objective of comparing the influence of spray effect on injection regularity, with respect to a conventional injector without this effect, a series of trials were carried out with the following meat products:

- Bone-in pork loin (*longissimus dorsi*)
- Whole chicken
- Whole muscle beef: Eye of Round (*semitendinosus*)

Three series of 20 pieces of each of said products were injected, at standard levels for marinated products (15% injection percentage), with Injector A and three series more of each product with Injector B. All the pieces were weighed separately before and immediately after injection, calculating the corresponding injection percentages.

Each series of data was evaluated statistically and the respective standard deviations were calculated.

### Results

As can be observed in table 1, the standard deviation values for the nine series injected with Injector B (spray effect) are significantly lower than the values for the series injected with Injector A. Therefore, it can be said that injection precision (regularity) is improved by spray injection.

In Injector B, thanks to the spray effect, the brine is sprayed through the needles in the form of micro-drops, at higher speed, and so penetrates the meat more deeply. For the same reason, better brine distribution is obtained, since its

variabilidad entre los valores de porcentaje de inyección, lograda entre las diferentes piezas inyectadas. La evaluación de dicha variabilidad se puede realizar mediante el cálculo de la desviación estándar de los valores de porcentaje de inyección de diferentes series de piezas, inyectadas una a una, la cual nos reflejará la precisión de la inyectora en cuestión.

El factor más influyente en la regularidad de inyección es la inyectora misma, pero hay otros factores a tener en cuenta, como son las condiciones de la carne a procesar (temperatura, tiempo de pre-maduración, regularidad de peso y forma) y las características de la salmuera (viscosidad, temperatura), por lo que para eliminar variaciones debidas a causas externas a las máquinas, es preciso que se mantengan lo más constantes posible.

Con la finalidad de comparar la influencia del efecto “spray” con respecto a una inyectora convencional sin este efecto sobre la regularidad de inyección, se realizaron una serie de pruebas con los siguientes productos:

- lomo de cerdo (*longissimus dorsi*) con hueso
- pollo entero
- músculo entero de carne de ternera: Eye of Round (*semitendinosus*)

Se inyectaron tres series de 20 piezas de cada uno de dichos productos, a niveles estándar para productos marinados (15% de inyección), con la Inyectora A y tres series más de cada producto con la Inyectora B. Todas las piezas se pesaron por separado antes e inmediatamente después de su inyección, calculándose los porcentajes de inyección correspondientes.

Cada serie de datos se evaluó estadísticamente y se calcularon las respectivas desviaciones estándar.

### Resultados

Como puede observarse en la tabla 1, los valores de desviación estándar para las nueve series inyectadas con la inyectora B (efecto atomizador) son significativamente inferiores a los valores para las series inyectadas con la inyectora A. Así, se podría decir que la precisión de inyección (regularidad) se ve favorecida por la inyección con efecto “spray”.

En la Inyectora B, gracias al efecto “spray”, la salmuera es nebulizada por la agujas en forma de micro-gotas, y a gran velocidad, y por tanto con más poder de penetración en la carne. Por el mismo motivo, se consigue una mejor distribución de la salmuera, ya que su atomización a la salida de las agujas evita la formación de bolsas de salmuera dentro de la pieza y permite una buena dispersión de las micro-gotas. Estos dos aspectos permiten alcanzar una gran regularidad de inyección y una homogeneidad de las características sensoriales entre los productos y a lo largo de cada uno de ellos. Así, se reducen también los márgenes de seguridad requeridos en el rendimiento final, a fin de asegurar que los productos cumplen la legislación vigente.

En el gráfico 1, se puede observar la campana de Distribución Normal de Gauss para la prueba de inyección de *longissimus dorsi*, representando las probabilidades de encontrar piezas con distintos porcentajes de inyección para los dos tipos de inyectoras. En este gráfico se observa que la curva de la Inyectora B es más estrecha que para en el caso de la inyectora

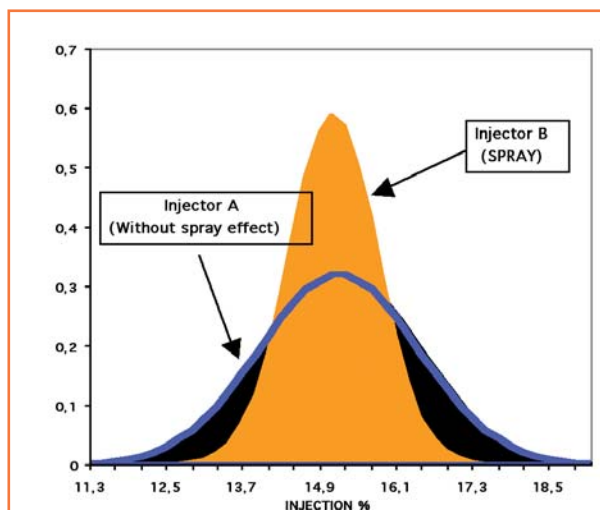


Gráfico 1: Distribución de la Regularidad de la Inyección  
Graphic 1: Injection Regularity Distribution

TABLA 1: COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS DE DESVIACIÓN ESTÁNDAR  
TABLE 1: COMPARISON OF STANDARD DEVIATION RESULTS OBTAINED IN INJECTOR A AND INJECTOR B

SERIES	INJECTOR A		INJECTOR B	
	INJECTION %	STANDARD DEVIATION	INJECTION %	STANDARD DEVIATION
<b>Pork Loin (<i>longissimus dorsi</i>) bone-in</b>				
1	14,98	1,22	15,05	0,73
2	14,93	1,34	14,90	0,65
3	15,07	1,16	14,95	0,81
<b>Whole Chicken (broiler)</b>				
1	14,80	1,32	14,90	0,67
2	14,83	1,30	14,95	0,74
3	14,94	1,08	14,95	0,66
<b>Beef-Eye of Round (<i>semitendinosus</i>)</b>				
1	14,91	1,25	14,80	0,74
2	14,96	1,18	14,98	0,69
3	15,00	1,22	15,15	0,77

atomized exit from the needles prevents the formation of brine pockets in the piece and allows for good dispersion of the micro-drops. These two aspects are responsible for obtaining great injection regularity and homogeneity of sensory characteristics among the products and throughout each individual piece. In this way, the safety margins required in the final yield, to assure that products comply with the legislation in force, are also reduced.

In graphic 1, the Normal Gauss Distribution Bell for the *longissimus dorsi* injection trial can be observed, representing the probabilities of finding pieces with differing injection percentages for the two types of injectors. This graphic shows a curve for Injector B that is narrower than the curve for Injector A, which makes it possible to assure a constant quality in many more pieces and also to increase the average injection percentage (and consequently the final yield) maintaining the same assurance of precision in the analytical results of the pieces.

### Influence of spray effect on marinade retention in the meat

Retention can be defined as the water-binding capacity of

A, lo cual permite asegurar una calidad constante en muchas más piezas y también poder aumentar el porcentaje de inyección medio (y como consecuencia el rendimiento final) manteniendo las mismas condiciones de seguridad en los resultados analíticos de las piezas.

### Influencia del efecto "spray" sobre la retención del marinado dentro la carne

Se puede definir la retención como la capacidad de ligar agua por parte de las proteínas naturales de la carne. Cuanto más fuerte es esta unión, mejor es la capacidad de retención de la carne y menor el drenaje posterior.

Las proteínas de la carne son las responsables de la retención de agua, y específicamente las miofibrillas musculares. Éstas poseen grupos reactivos cargados eléctricamente y por tanto pueden asociarse a los grupos polares de las moléculas de agua.

Las moléculas de agua que permanecen fuertemente unidas a las proteínas cárnicas, son aquellas que se encuentran más cercanas a ellas. Otras moléculas acuosas pueden ser atraídas sucesivamente por las moléculas ligadas en capas que son cada vez más débiles a medida que es cada vez mayor su distancia del grupo reactivo de la proteína. Este agua se puede denominar inmovilizada, pero la cantidad así inmovilizada depende de la cantidad de fuerza ejercida físicamente sobre el músculo. El agua que se mantiene ligada únicamente por

the meat's natural proteins. The stronger this union, the better the meat's water-holding capacity and the less the subsequent dripping loss.

The meat's proteins, and specifically the muscular myofibrillae, are responsible for retention of water. These proteins possess electrically-charged reactive groups and can therefore be associated with the water molecules' polar groups.

The water molecules that remain strongly bound to the meat proteins are those that are located nearest them. Other water molecules can be successively attracted by the molecules bound in layers, which are weaker the further away they are from the protein's reactive group. This water can be called immobilized, but the quantity so immobilized depends on the amount of force physically exerted on the muscle. The water that stays bound only by superficial forces is called free water and it is this water which can be most easily lost through dripping.

To carry out the trials on retention of marinade in the meat, five samples were taken from the batches injected in the above-mentioned trials, and the weight of the samples was controlled at different times: t=0 (immediately after injection), t=1 (5 min), t=2 (30 min), t=3 (60 min) and t=4 (24 hr after injection). The meat was kept in a cooling chamber (2°C) but without packaging so as not to interfere with the natural dripping.

TABLA 2: RETENCIÓN DEL MARINADO EN EL TIEMPO  
TABLE 2: MARINADE RETENTION IN TERMS OF TIME

SAMPLE	t=0 (0 min)		t=1 (10 min)		t=2 (30 min)		t=3 (1 h)		t=4 (24 h)		TOTAL Drip %	
	Inj %	Drip %	Inj %	Drip %	Inj %	Drip %	Inj %	Drip %	Inj %	Drip %		
Pork Loin ( <i>longissimus dorsi</i> ) bone-in												
INJECTOR A	1	15,0	-	12,5	2,5	11,1	1,4	10,0	1,1	9,3	0,7	5,7
	2	15,5	-	13,8	1,7	12,8	1,0	12,1	0,7	11,1	1,0	4,4
	3	15,3	-	12,9	2,4	11,5	1,4	10,4	1,1	9,7	0,7	5,6
	4	14,2	-	12,0	2,2	10,7	1,3	10,1	0,6	9,2	0,9	5,0
	5	14,7	-	12,4	2,3	10,8	1,6	9,7	1,1	8,9	0,8	5,8
INJECTOR B	1	15,0	-	13,4	1,5	12,5	0,9	12,1	0,4	12,1	0,1	2,8
	2	15,5	-	14,0	1,3	13,3	0,7	13,1	0,2	13,0	0,1	2,3
	3	15,3	-	14,2	0,8	13,7	0,5	13,6	0,1	13,3	0,3	1,7
	4	14,2	-	14,1	1,0	13,4	0,7	13,1	0,3	13,1	0,0	2,0
	5	14,7	-	14,0	0,9	13,6	0,4	13,4	0,2	13,3	0,1	1,6
Whole Chicken (Broiler)												
INJECTOR A	1	14,5	-	11,9	2,6	10,4	1,5	9,7	0,7	9,2	0,5	5,3
	2	15,3	-	12,8	2,5	10,9	1,9	9,7	1,2	9,0	0,7	6,3
	3	16,0	-	13,7	2,3	12,0	1,7	11,0	1,0	10,3	0,7	5,7
	4	14,7	-	12,3	2,4	10,4	1,9	9,2	1,2	8,3	0,9	6,4
	5	14,0	-	12,1	1,9	10,6	1,5	9,8	0,8	9,1	0,7	4,9
INJECTOR B	1	15,2	-	13,2	2,0	12,2	1,0	11,9	0,3	11,6	0,3	3,6
	2	14,8	-	13,2	1,6	12,5	0,7	12,1	0,4	12,0	0,1	2,8
	3	14,7	-	12,8	1,9	11,8	1,0	11,5	0,3	11,1	0,4	3,6
	4	15,1	-	13,1	2,0	12,0	1,1	11,5	0,5	11,2	0,3	3,9
	5	15,4	-	13,7	1,7	12,9	0,8	12,5	0,4	12,3	0,2	3,1
Beef-Eye of Round ( <i>Semitendinosus</i> )												
INJECTOR A	1	15,4	-	13,0	2,4	11,4	1,6	10,5	0,9	9,9	0,6	5,5
	2	14,5	-	12,6	1,9	11,4	1,2	10,5	0,9	10,0	0,5	4,5
	3	14,8	-	12,9	1,9	11,5	1,4	10,7	0,8	10,2	0,5	4,6
	4	15,1	-	12,8	2,3	11,4	1,4	10,4	1,0	9,8	0,6	5,3
	5	15,5	-	13,3	2,2	12,0	1,3	10,9	1,1	10,1	0,8	5,4
INJECTOR B	1	15,1	-	13,9	1,2	13,2	0,7	13,0	0,2	13,0	0,0	2,1
	2	14,6	-	13,8	0,8	13,4	0,4	13,3	0,1	13,2	0,1	1,4
	3	15,0	-	14,1	0,9	13,5	0,6	13,1	0,4	12,9	0,2	2,1
	4	14,9	-	14,1	0,8	13,7	0,4	13,3	0,4	13,1	0,2	1,8
	5	15,1	-	14,4	0,7	14,0	0,4	13,5	0,5	13,2	0,3	1,9



fuerzas superficiales se denomina agua libre y es la que se puede perder más fácilmente durante el escurrido.

Para llevar a cabo las pruebas de retención de marinado en la carne, se tomaron cinco muestras de los lotes inyectados en las pruebas del apartado anterior, y se controló el peso de las mismas a diferentes tiempos:  $t=0$  (inmediatamente después de la inyección),  $t=1$  (5 min),  $t=2$  (30 min),  $t=3$  (60 min) y  $t=4$  (24 h). La carne se mantuvo en cámara fría ( $2^{\circ}\text{C}$ ) pero sin envasar para no interferir en el drenaje natural.

### Resultados

Los valores de los diferentes porcentajes de marinado retenido a lo largo del tiempo, así como el porcentaje de escurrido en cada etapa, se muestran en la tabla 2, donde puede observarse que con el efecto "spray" se reduce la pérdida de marinado hasta un 63% según el tipo de carne. El tiempo transcurrido hasta poderse considerar finalizado el drenaje ( $<1\%$ ) también se reduce, con lo cual se puede garantizar un envasado rápido sin posteriores problemas de presencia de líquido en el envase final. Otra consecuencia positiva de la disminución del drenaje total es un aumento del rendimiento de la carne, sin necesidad de aumentar el nivel de inyección.

En los productos marinados por inyectora de efecto "spray" el marinado es distribuido en forma de microgotas y, por tanto, de forma totalmente uniforme, con lo cual el espacio entre las microgotas y proteínas es mínimo. De esta forma hay muchas más moléculas de agua ligadas de forma directa a las proteínas, dando lugar a una unión entre ellas mucho más fuerte y en consecuencia menor drenaje o pérdida por escurrido durante el almacenamiento del producto. Por otra parte, el escurrido disminuye debido a que las microgotas ocupan un mínimo espacio entre las fibras musculares y como consecuencia también disminuye la presión ejercida sobre ellas.

En cambio, en los productos marinados inyectados con una máquina convencional sin efecto "spray", debido al diseño y tamaño de los agujeros de sus agujas de inyección, el marinado sale de los agujeros formando depósitos y dejando canales de marinado alrededor de la aguja, dando lugar a que muchas moléculas de agua se encuentren lejos de los puntos de

### Results

The values of the different percentages of marinade retained for the time period, as well as the dripping percentage at each stage, are shown in table 2, where it can be observed that with spray effect the loss of marinade is reduced by up to 63% depending on the meat type. The time that must pass before dripping can be considered finished ( $<1\%$ ) is also reduced, which guarantees conditions for quick packaging without subsequent problems of liquid being present in the final packaging. Another positive consequence of reduction of the total dripping loss is an increase in meat yield, without the necessity of increasing the injection level.

In the products marinated with the spray injector, the marinade is distributed in the form of micro-drops, and therefore in a totally uniform manner, so that the space between the micro-drops and the proteins is minimum. In this way, there are many more water molecules bound directly to the proteins, resulting in a much stronger union between them and consequently less dripping loss during storage of the product. Dripping is also reduced because the micro-drops occupy minimum space between the muscle fibers and, consequently, the pressure exerted upon them is also reduced.

In contrast, in the marinated products injected with a conventional machine without spray effect, due to the design and size of the holes in its injection needles, the marinade comes out of the needles and forms deposits, leaving channels of marinade around the needle, with the result that many water molecules are far from the points of binding with the meat proteins, so that the binding which takes place between them is very weak. Since the space occupied is much greater, the pressure exerted on the muscle also increases, resulting in greater dripping loss.

Reduction of dripping loss is fundamental in marinated products, since in-line packaging can take place the same day as injection without subsequent exudations being produced inside the packaging and, in addition, work in the production plant is made easier by the creation of a more continuous process. It must also be taken into consideration that the presence of exudate in the packaging bag means the product's shelf-life will be shortened, since any juice or

enlace con las proteínas cárnicas, con lo cual el ligado entre ellas es muy débil. Al ocupar un espacio mucho mayor, también aumenta la presión ejercida sobre el músculo, y como resultado aumenta el escurrido.

La reducción del escurrido es fundamental en productos marinados, ya que pueden ser envasados en línea dentro de la misma jornada de inyección sin que se produzcan posteriores exudaciones dentro del envase y al mismo tiempo se facilita el trabajo en la planta de producción, dando lugar a un proceso más continuo. También hay que considerar que la presencia de exudado en la bolsa de envasado puede suponer una reducción en la vida útil del producto, pues cualquier jugo o sustancia libre dentro del envase es altamente susceptible de sufrir contaminación microbiológica, afectando la salubridad del producto final.

### Influencia del efecto "spray" sobre la distribución del marinado dentro del músculo

Uno de los principales desafíos en el proceso de marinado por inyección consiste en obtener un producto final de gran regularidad en todo su volumen sin afectar la estructura muscular ni la apariencia exterior. El proceso de distribución del marinado debe realizarse con la máxima uniformidad, minimizando la presencia de zonas sin marinado, muy difíciles de compensar por simple difusión. Este punto es especialmente importante para productos con bajos niveles de inyección y/o productos donde no se puede aplicar ningún tipo de trabajo mecánico para favorecer dicha difusión.

Para estas pruebas se utilizó un solo tipo de músculo, eligiéndose el lomo de cerdo sin hueso (*longissimus dorsi*) por la regularidad de su forma, y se realizaron los ensayos en las mismas inyectoras (A y B) que en los apartados anteriores, usando el mismo marinado y porcentaje de inyección (15%).

Las condiciones de trabajo se prepararon para la máxima producción, es decir, con ambas inyectoras configuradas con avance de cinta máximo y máxima velocidad de inyección, con el fin de que cada parte de un músculo recibiera únicamente un solo golpe del cabezal de inyección. El porcentaje de salmuera inyectada se reguló en cada caso por medio de la velocidad de la bomba de impulsión de salmuera.



Figura 1. Imagen digitalizada de los puntos de inyección y de los cortes realizados

Figure 1. Digitalized image of injection points through slices

free substance inside the package is highly susceptible to suffering microbiological contamination, negatively affecting consumer safety in the finished product.

### Influence of spray effect on marinade distribution in the muscle

One of the principal challenges in the injection marinating process consists in obtaining a finished product of great regularity throughout its entire volume without affecting muscle structure or the product's external appearance. The process of marinade distribution must be carried out with maximum uniformity, minimizing the presence of marinade-free zones, very difficult to compensate for by means of simple diffusion. This point is particularly important in products with low injection levels and/or products where no type of mechanical work can be applied to enhance said diffusion.

For these trials a single type of muscle was used, having chosen boneless pork loin (*longissimus dorsi*) for its regularity in shape, and the trials were performed in the same injectors (A and B) as the above-mentioned trials, using the same marinade and injection percentage (15%).

The working conditions were prepared for maximum production, that is to say, with both injectors configured with maximum belt feed and maximum injection speed, so that each part of a muscle would receive only a single stroke of the injection head. The percentage of brine injected was regulated in each case by means of the brine pump's speed.

In order to evaluate brine distribution, two types of trials were carried out:

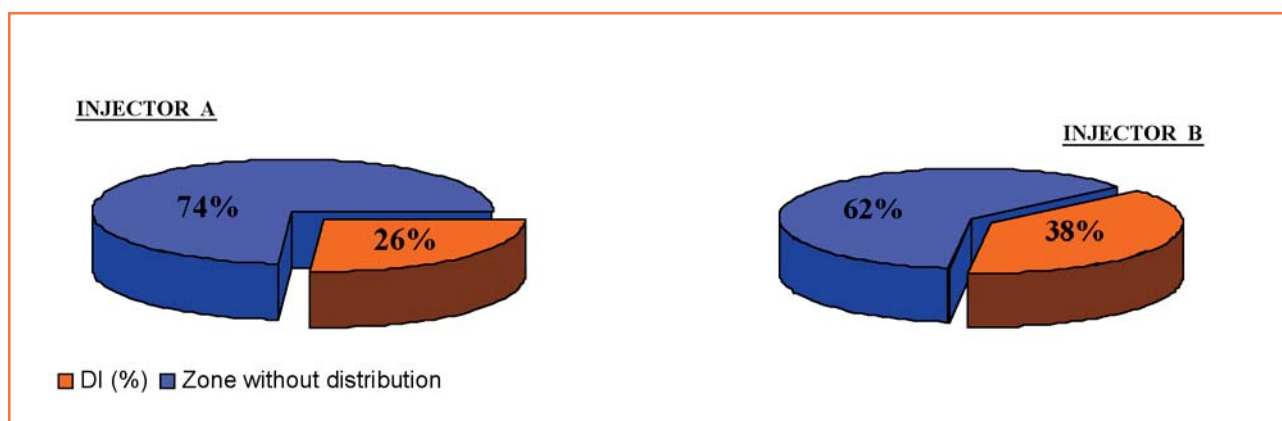
**DI (Distribution Index) analysis:** DI is defined as the percentage of meat volume injected with marinade in relation to the total meat volume. The distribution trial consists in a visual analysis of the distribution of one of the brine components throughout the meat's entire volume, from which the brine content distributed in each zone of the muscle can be extrapolated. To achieve this, 0.004% Methylene Blue was added to the brine used in the previous trials.

After injection, and with the objective of being able to evaluate the entire volume of the injected muscle, the pieces were frozen



Figura 2 y 3. Distribución de la salmuera durante la inyección (círculos de Azul de Metileno)

Figure 2 and 3. Brine distribution during injection (circles of Methylene Blue)



Gráfica 2: Índice de Distribución  
Graphic 2: Distribution Index

Se realizaron dos tipos de ensayos para valorar la distribución de la salmuera:

**Análisis del ID (Índice de Distribución):** Se define ID como el porcentaje de volumen de carne inyectada con marinado respecto al volumen de carne total. El ensayo de distribución consiste en un análisis visual de la distribución de uno de los componentes de la salmuera a través de todo el volumen cárnico, el cual se puede extrapolar al contenido en salmuera distribuida en cada zona del músculo. Para ello se añadió 0,004% de Azul de Metileno en la salmuera usada en los ensayos anteriores.

Después de la inyección, y con el fin de poder valorar el músculo inyectado en todo su volumen, se congelaron las piezas para facilitar su posterior loncheando en capas o cortes horizontales (1 cm de grosor). De este modo se pudo obtener el mapa de distribución de penetración de las agujas y la expansión de la salmuera en su contorno en los diferentes cortes. En la Figura 1 se muestra una imagen digitalizada de una pieza de carne, de la cual se obtuvo un modelo renderizado en 3D mediante el programa Pro Engineer, donde se pueden observar los puntos de inyección y los cortes realizados.

### Resultados

En las figuras 2 y 3 se muestran las fotografías de los cortes realizados. Como puede apreciarse en las figuras 2 y 3, el marinado se distribuyó de forma bastante regular en ambos casos (círculos de Azul de Metileno), pero visualmente se detecta que el diámetro del área coloreada es mayor en las muestras correspondientes a la inyectora B.

Los resultados visuales se confirmaron con el cálculo del ID, los cuales se muestran en el gráfico 2, y donde se puede apreciar la relación entre la superficie con presencia de Azul de Metileno, y por tanto marinado, y la superficie sin este componente. En el caso de la inyección por "spray" (Inyectora B) esta relación es mayor, con lo cual la distribución de marinado es más homogénea.

**Relación % inyección entre zonas de inyección y zonas de difusión:** En función del mapa de distribución de inyección se puede dividir el plano del músculo en zonas de inyección (correspondientes a las zonas coloreadas del ensayo anterior) y zonas de difusión (zonas sin colorante y donde el marinado solamente podrá llegar por difusión).

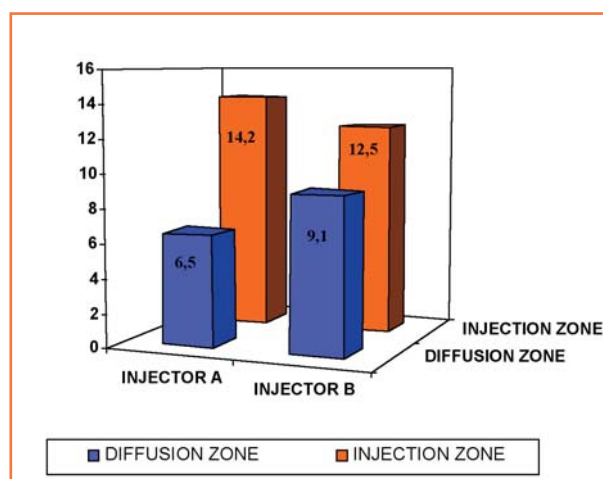
to facilitate subsequent slicing in layers or horizontal slices (1 cm thick). In this way, it was possible to obtain the distribution map of needle penetration and brine expansion around the needle's path in the various slices. Figure 1 shows a digitalized image of a piece of meat, of which a model rendered in 3D was obtained through the Pro Engineer software program, in which the injection points and the slices made can be observed.

### Results

Figures 2 and 3 show photographs of the slices made. As can be seen in figures 2 and 3, the marinade was distributed in a fairly regular manner in both cases (circles of Methylene Blue), but it can be detected visually that the area of coloring is greater in the samples corresponding to Injector B.

The visual results were confirmed by the DI calculations, which are shown in graphic 2, where the ratio between the surface containing Methylene Blue, and therefore marinade, and the surface without this component can be observed. In the case of spray injection (Injector B) this ratio is higher, and therefore the marinade distribution is more homogeneous.

**Injection % ratio between injection zones and diffusion zones:** In terms of the injection distribution map, the diagram of the muscle can be divided into injection zones (corresponding to the colored areas of the previous trial) and



Gráfica 3: Distribución NaCl (g/Kg)  
Graphic 3: NaCl Distribution (g/Kg)

Para cuantificar la distribución del marinado en zonas de inyección y zonas de difusión, se congelaron las piezas de carne y posteriormente se recortaron siguiendo el perfil de las diferentes zonas. A continuación se analizó el contenido de NaCl en cada zona de inyección y difusión, promediándose los resultados por cada pieza.

### Resultados

Los resultados obtenidos de los análisis de contenido de NaCl, pueden observarse en el gráfico 3.

Tal como puede apreciarse, la distribución del NaCl, y por tanto del resto de los componentes del marinado, es más regular en el caso del la inyectora B con sistema "spray", dado que en las mismas condiciones de trabajo, la diferencia de contenido entre las zonas de inyección y las de difusión es inferior. La introducción del marinado en microgotas facilita la dispersión del mismo, pudiendo abarcar una zona más grande que en el caso de la introducción del líquido por chorro.

## I CONCLUSIONES

En todas las pruebas realizadas comparando la inyección por efecto "spray" (Inyectora B) con la inyección sin este efecto (Inyectora A), se ha observado que el efecto "spray" mejora los resultados en los parámetros indicativos de la calidad del proceso de inyección de productos marinados. La desviación estándar de los distintos porcentajes de inyección se reduce casi en un 50%, con lo cual aumenta la regularidad del porcentaje de inyección en una partida de carne. La pérdida por escurrido se reduce en niveles de más del 60% lográndose mayor rendimiento del producto y un incremento en la seguridad del envasado. La regularidad del contenido de sal a lo largo de toda la pieza aumenta, asegurando una mayor constancia en el sabor y la textura del producto a consumir. Cabe concluir que la atomización en microgotas del marinado permite mejorar la calidad y el valor añadido de este tipo de productos.

diffusion zones (areas without coloring and where the marinade can arrive only by means of diffusion).

To quantify the marinade distribution in injection zones and diffusion zones, the meat pieces were frozen and subsequently cut along the profile of the different zones. Then the NaCl content was analyzed in each of the injection and diffusion zones, averaging the results for each piece.

### Results

The results obtained from the analysis of NaCl content can be observed in graphic 3.

As can be seen in the distribution of NaCl, and therefore of the rest of the marinade components, is more regular in the case of Injector B with spray system, given that in the same working conditions the difference in content between injection zones and diffusion zones is less. The introduction of marinade in the form of micro-drops facilitates its dispersion, making it possible to cover a wider area than in the case of introduction by means of liquid jet.

## I CONCLUSIONS

In all the trials carried out comparing spray injection (Injector B) to injection without this effect (Injector A), it was observed that the spray effect improved results in the parameters indicative of injection process quality in marinated meat products. Standard deviation of the various injection percentages is reduced by almost 50%, which increases injection percentage regularity in a given batch of meat. Dripping loss is reduced by levels of over 60%, obtaining greater product yield and an increase in packaging safety. The regularity of salt content throughout the entire piece is increased, assuring greater consistency in product flavor and texture. It can be concluded that atomization of the marinade in micro-drops improves the quality and added value of this type of meat products.

## BIBLIOGRAFÍA BIBLIOGRAPHY

- Cannon, J.E., McKeith, F.K., Martin, S.E., Novakofski, J. and Carr, T.R. 1993. Acceptability and shelf-life of marinated fresh and precooked pork. *J. Food Sci.* 58:1249-1253
- Freixanet, LL. 1993. Spray Injection of meat. Influence of the brine pressure on quality of injected products. *Fleischwirtschaft* 73:504-514
- Hashim, I.B., McWatters, K.H. and Hung, Y.C. 1999. Marination Method and Honey Level Affect Physical and Sensory Characteristics of Roasted Chicken. *J. Food Sci.* 64:163-166
- Rocha, A.E. 2000. El marinado de la carne de ave. *Carnetec.* Sept/Oct: 28-32
- Sheard, P.R., Nute, G.R., Richardson, R.I., Perry, A. and Taylor, A.A. 1999. Injection of water and polyphosphate into pork to improve juiciness and tenderness after cooking. *Meat Sci.* 51:371-376
- Vote, D.J., Platter W.J., Tatum, J.D., Schmidt, G.R., Belk, K.E., Smith, G.C. and Speer, N.C. 2000. Inspection of beef strip loins with solutions containing sodium tripolyphosphate, sodium lactate, and sodium chloride to enhance palatability. *J. Anim. Sci.* 70:952-957
- Zheng, M., Toledo, R.T., J.A. Carpenter and Wicker, L. 1999. Yield and sensory evaluation of poultry marinated pre and postgrill. *J. Food Quality* 22:85-94

## AGRADECIMIENTOS ACKNOWLEDGMENTS

Nos gustaría agradecer a los ingenieros Narcís Lagares, Josep M<sup>o</sup> Brugué y Jordi Formatgé del Departamento de Ingeniería de METALQUIMIA, S.A. por toda la ayuda y colaboración prestada para la confección de este artículo, así como a Mr. Brian Dowd y a Mr. David Enders de Nu-Meat Technology, Inc. por su colaboración en la búsqueda de información técnica en Estados Unidos.

We would like to thank engineers Narcís Lagares, Josep M<sup>o</sup> Brugué and Jordi Formatgé from METALQUIMIA, S.A. Engineering Department for all their help and collaboration in preparing this article, as well as Mr. Brian Dowd and Mr. David Enders from Nu-Meat Technology, Inc. for their assistance in compiling technical information from the United States meat market.

## 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