

Sous vide: Una revolución en la cocción industrial

Marta Xargayó, Eva Fernández, Francesc Borrissier, Oriol Trenchs, Josep Lagares



RESUMEN

La terneza de la carne es una de las propiedades organolépticas más importantes para la aceptación de la carne fresca por parte del consumidor e influirá enormemente en su decisión de compra. En el presente artículo se estudia la influencia de diferentes temperaturas y tiempos de cocción sobre diversos tipos de carne, utilizando la técnica de cocción *sous vide* en una línea industrial y automática de cocción y enfriamiento. En función de la especie animal de origen y el mercado de destino, las características sensoriales de dureza y jugosidad determinarán la aceptabilidad del producto por parte del consumidor. Por este motivo, es necesario estudiar cada tipo de corte para poder obtener las características deseadas. Los resultados muestran que con distintas combinaciones de tiempo y temperatura se obtienen distintas cualidades sensoriales de dureza y jugosidad. Para poder obtener un producto adecuado a las exigencias de los consumidores, es necesario un sistema de cocción con control de tiempo y temperatura preciso y muy fiable, y que pueda registrar todo el proceso para ofrecer una buena trazabilidad y repetitividad.

INTRODUCCIÓN

La cocción *sous vide* o al vacío es un tipo de cocción que ha revolucionado el mundo de la gastronomía industrial y la cocina de autor en los últimos años. Esta cocción consiste en envasar al vacío un alimento y cocerlo a temperaturas y tiempos controlados. Este control permite estandarizar los procesos, elegir entre diferentes texturas, mejorar la conservación y las características organolépticas del producto (Ruiz, 2010). También supone una serie de ventajas de organización de las empresas porque facilita la gestión y manipulación de los productos (Terlizzi, Perdue, & Young, 1984).

La “cocción al vacío” hace muchos años que se aplica en la mayoría de los productos cárnicos industriales, sobre todo en la línea de jamones cocidos, mortadelas, etc. (Rosinski, Barmore, Dick, & Acton, 1990; Terlizzi et

al., 1984). En 1970 Laakkonen, Wellington, & Sherbon ya publicaron un artículo mostrando la relación entre terneza y cocción lenta a baja temperatura. Muchos chefs famosos empezaron a utilizar esta técnica, pero no ha sido hasta inicios de la década del 2000 que se ha popularizado e industrializado para productos de catering y platos preparados (RTE).

La principal ventaja que se destaca de este tipo de cocción es la variedad de texturas que se pueden obtener, y la mayoría de los chefs que ofrecen sus platos *sous vide* resaltan la terneza que pueden conseguir con esta técnica (Roca & Brugués, 2003). Además de la textura, también se resalta la jugosidad y masticabilidad que han convertido en esta forma de cocinar carnes, pescados, mariscos y casi cualquier tipo de vegetales, en una moda muy extendida en restaurantes y cocinas industriales. El producto cocido al vacío retiene todo el *flavor* y jugosidad porque se cuece en su propio jugo.

Desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, ofrece grandes ventajas porque se elimina el riesgo de recontaminación después de cocción, como demuestran muchos estudios publicados (Díaz, Nieto, Garrido, & Bañón, 2008; Hansen, Knöchel, Juncher, & Bertelsen, 1995; Nyati, 2000). El producto permanece sellado hasta el momento de su utilización, evitando también pérdidas por evaporación.

Cocción, Textura y Color

La textura de la carne depende de muchos factores, algunos de ellos relacionados directamente con el proceso de cocción. Al cocer utilizamos calor para desnaturalizar las proteínas y solubilizar el colágeno. La mayoría de las proteínas del sarcoplasma se desnaturalizan entre 40 y 60°C, la miosina pierde su estructura secundaria entre 55 y 60°C y la actina suele resistir hasta 80°C (Ruiz, 2010).

Buena parte del ablandamiento de la carne viene dado por la concentración y solubilización del colágeno del tejido conectivo que envuelve las fibras musculares, que pasan

a formar una estructura gelatinosa que se deshace en la boca. Estos cambios tienen lugar a partir de los 60-65°C según la velocidad de cocción (Ruiz, 2010).

Por otro lado, con el aumento de la temperatura se produce una retracción de las proteínas miofibrilares, disminuyendo la capacidad de retención de agua por parte del músculo. La principal pérdida es por retracción longitudinal de las fibras y tiene lugar por encima de los 60-65°C, y crece casi linealmente hasta los 80°C. A mayor pérdida de agua, menor jugosidad de la carne (Martens, Stabursvik, & Martens, 1982).

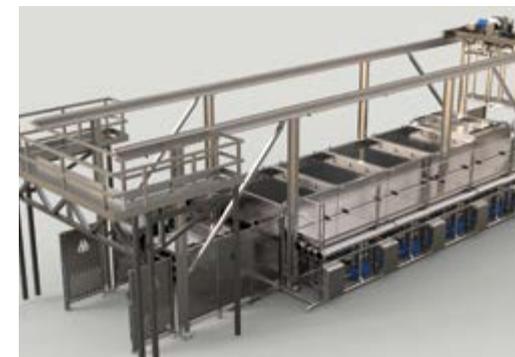
El color de la carne también depende de la velocidad para alcanzar una determinada temperatura y del tiempo que permanezca en ella. A más velocidad, color más rojizo. A más tiempo a una misma temperatura, el color tiende a palidecer (Baldwin, 2012).

Como podemos observar, la temperatura afecta la dureza de dos formas distintas: por solubilización del colágeno y por pérdida de agua. La técnica del *sous vide* ha permitido investigar cocciones a temperaturas muy inferiores a las tradicionales, por ejemplo, cocciones entre 56-65°C para carne, e inferiores para pescado. La falta de temperatura se compensa con tiempos largos de cocción (de 3 a 24 h según músculo y medidas), y permite obtener una gran variedad de texturas según el producto deseado. Por otra parte, hay cierto riesgo microbiológico a temperaturas tan bajas, por lo que este riesgo deberá ser evaluado en cada circunstancia. Para ello, es importante respetar las temperaturas y tiempos recomendados para obtener una adecuada reducción bacteriana. Pero no solamente deben definirse los parámetros de cocción, sino también los de enfriamiento, el cual debe tener lugar inmediatamente después de la cocción. Algunos autores sugieren que la temperatura debería ser inferior a 3°C dentro las 2-3h posteriores a la cocción (McIntyre, Jorgenson, & Ritson, 2017).

Al trabajar con márgenes de temperaturas tan estrechos, la precisión y fiabilidad del equipo de cocción y el control del proceso son básicos para poder obtener resultados estandarizables. Church & Parsons (1993)

sugirieron el uso del agua como medio de cocción para asegurar la uniformidad del tratamiento térmico y posterior enfriamiento. Por contra, la utilización de vapor causa grandes variaciones de temperatura en este tipo de procesos debido a la menor capacidad de distribución del vapor, perjudicando la estandarización de los productos.

Desde un punto de vista industrial, es importante controlar los procesos y disponer de un registro exhaustivo automatizado de todas las operaciones a las que han sido sometidos los alimentos. Estos datos permiten generar estadísticas, facilitar la toma de decisiones y ofrecer trazabilidad de los productos. Existe la posibilidad de integrar este registro en las plataformas corporativas, lo que lleva al proceso de cocción *sous vide* (y el enfriamiento) directamente a la industria 4.0.



▲ Figura 1: sistema de cocción y enfriamiento automático Cookline 4.0 [Metalquimia].

ENSAYOS

Teniendo en cuenta estas tendencias, se decidió realizar ensayos con diferentes tipos de carne para experimentar la cocción *sous vide* a diferentes tiempos/temperaturas en un sistema de cocción por inmersión en agua. Para ello, se recurrió al sistema Cookline 4.0 [Metalquimia S.A.U.], que es un proceso de cocción/enfriamiento, automático con recirculación continua de agua durante el proceso y reciclado del agua de cocción/enfriamiento a unos depósitos exteriores,

donde se almacena para su posterior reutilización. El proceso es controlado por un software, con ciclos programables para cada tipo de producto y con registro de todas las operaciones realizadas, lo que permite la total trazabilidad del producto.

Envasado

Las piezas de carne se envasaron al vacío (98%) en una bolsa retráctil (Prolan MO V 64 HGB 3 XL). Para eliminar variables, el peso y tamaño de los productos se uniformizó para cada tipo de carne. Las diferentes piezas se colocaron en cestas especiales con espacio suficiente para que el agua circule entre ellas y conseguir así una cocción uniforme.

Cocción/Enfriamiento

Para los ensayos se utilizó una línea de cocción/enfriamiento Cookline 4.0 de Metalquimia, adaptada para procesos de cocción sous vide. Una vez colocado el producto en la caldera, se activó la entrada de agua caliente desde el depósito exterior y se reguló el agua a la temperatura programada. Las diferentes sondas instaladas en el agua y en el centro del producto verifican que las temperaturas son correctas y uniformes.

Cuando se alcanzó la temperatura/tiempo programado de cocción, se procedió al enfriamiento del producto. Las bombas envían el agua caliente al depósito exterior



▲ Figura 2: Cestas especiales para cocción Sous vide de Cookline 4.0.

correspondiente y se reemplaza por agua a 1-3°C para enfriar el producto rápidamente. Cuando el centro llega a la temperatura/tiempo final programado, la caldera se vacía de agua y el producto está listo para ser descargado.

Productos

Como ya se ha mencionado en este artículo, uno de los principales objetivos de la cocción a baja temperatura durante tiempos largos es el de conseguir una carne más tierna. Por este motivo, se realizaron distintas pruebas con carne de pavo, pollo, cerdo y vacuno. Para cada producto se realizaron cocciones a diferentes temperaturas y tiempos, con el fin de determinar las propiedades de ternura y sensoriales que se pueden conseguir con cada combinación.

La preparación de la carne se realizó en función de cada tipo de producto:

- Pechuga de pavo: se envasó individualmente al vacío sin adición de salmuera ni aditivos en piezas de 150 g aproximadamente y 2cm de grosor en la parte central.
- Pechuga de pollo: similar al anterior, pero en piezas de 250 g.
- Lomo de cerdo (*Longissimus dorsi*): se preparó en piezas de 1000 g envasados al vacío con dos procesos distintos, unas piezas inyectadas al 20% con una salmuera para productos marinados y el resto de las piezas sin inyectar.
- Tapa de ternera (*Biceps femoris*), para *Roast Beef*: se recortó en piezas de 1200 g, una parte se inyectó al 20% con la misma salmuera del lomo de cerdo, y otra parte no se inyectó. Se envasaron al vacío.

Los tiempos y temperaturas evaluados para cada producto se describen en la Tabla 1. En el caso del pavo, el pollo y en cerdo se realizó una cocción estándar con agua a 75°C para poder comparar los resultados con las cocciones a baja temperatura. En el caso de la carne de ternera se decidió, por experiencias anteriores, realizar cocciones escalonadas ascendentes para obtener mejores resultados.

Producto	Tª Agua	Tiempo (h)					
Pechuga de pavo	57°C	4	-	-	10	-	16
	60°C	4	-	-	10	-	16
	65°C	4	6	8	10	-	-
	75°C	< 1	-	-	-	-	-
Pechuga de pollo	60°C	4	6	-	10	-	-
	75°C	< 1	-	-	-	-	-
Lomo de cerdo sin inyectar	62°C	4	6	8	10	-	-
Lomo de cerdo inyectado 20%	62°C	-	-	8	10	-	-
Tapa de ternera no inyectada	Cocción 1	4,5	-	-	-	-	-
	Cocción 2	5	-	-	-	-	-
Tapa de ternera inyectada 20%	Cocción 1	4,5	-	-	-	-	-
	Cocción 2	5	-	-	-	-	-

▲ Tabla 1: Temperaturas y tiempos de cocción utilizados para cada producto.

Propiedades evaluadas

Ternura/Dureza

La dureza se define como la fuerza necesaria para comprimir los alimentos entre los molares y su evaluación se realizó mediante el método TPA del texturómetro (TA-XTplus de Stable Micro Systems). Aparte, se realizó también una evaluación sensorial mediante un panel entrenado en una escala de 1 a 5 (1=poco tierno/muy duro; 5=muy tierno/poco duro).

Jugosidad

Otra cualidad importante que depende también de la cocción es la jugosidad, que se define como la cantidad de jugo percibido durante la masticación. Se evaluó mediante un panel entrenado en el que se puntuó en una escala de 1 a 5 (1=poco jugoso; 5=muy jugoso).

Merma

La pérdida de agua/líquido durante la cocción está directamente relacionada con la jugosidad, por lo que si se tiene más merma de cocción, normalmente se obtendrá un producto menos jugoso. La merma se evaluó mediante el pesado de las muestras antes y después de la cocción.

Aceptabilidad

La aceptabilidad de un producto por parte del consumidor depende de muchos factores y se trata de una cualidad subjetiva. Por lo general, en estos ensayos de cocción se busca un producto tierno con una textura cárnica y con cierta jugosidad. La aceptabilidad se evaluó mediante un panel de consumidores, donde se les preguntó en una escala de 1 a 5 el grado de aceptabilidad (1=poco aceptable; 5=muy aceptable).

RESULTADOS

En la Tabla 2 se muestran los resultados obtenidos por el panel de catadores especializados en la cata de carne fresca. A continuación, se analizan los resultados de cada tipo de carne.

Pechuga de pavo

En la figura 3 se muestran las fotografías de las pruebas realizadas con pechuga de pavo y cocción a 57°C durante 4, 10 y 16 h, donde se puede apreciar fácilmente que la cocción de 16 h da lugar a un producto más blando con una textura menos cárnica. La mayoría de los catadores consideraron que el mayor tiempo de cocción (16 h) daba una textura demasiado blanda (valores de 5) y

Producto	T° Agua	Cocción (h)	Merma (%)	Evaluación de 1 (min.) a 5 (max.)		
				Terneza	Jugosidad	Aceptabilidad
Pechuga de pavo	57°C	4	3	3	3	3
		10	2,5	4	4	4
		16	2,3	5	4	3
	60°C	4	0	3	4	3
		10	0	4	5	5
		16	0	5	4	3
	65°C	4	5	3	3	2
		6	7	3	3	3
		8	4	3	3	3
75°C	10	5	3	3	2	
	< 1	3	2	3	2	
	4	0,6	4	4	4	
Pechuga de pollo	60°C	6	10	4	2	3
		10	10	4	2	2
	75°C	< 1	15	3	2	2
Lomo de cerdo	62°C	4	10	3	3	2
		6	15	2	3	2
		8	20	2	2	3
		10	20	2	2	3
Lomo de cerdo inyectado 20%	62°C	8	20	4	4	4
		10	20	4	4	4
Tapa de ternera	Cocción 1	4,5	12	2	2	3
	Cocción 2	< 5	14	2	2	2
Tapa de ternera inyectada 20%	Cocción 1	4,5	15	4	4	4
	Cocción 2	< 5	20	3	4	4

▲ **Tabla 2:** Resultados de terneza, jugosidad y aceptabilidad de los productos evaluados.



▲ **Figura 3:** Comparación de la cocción a 57°C de pechuga de pavo durante 4, 10 y 16 horas.

no resultaba agradable. La muestra de 10 h de cocción se consideró la más agradable, tierna [4] y jugosa [4] mientras que la de 4 h resultó menos jugosa [3] y menos tierna [3]. Los datos de terneza valorados con el texturómetro confirmaron los obtenidos por el panel de catadores.

La cocción a 60°C también dio resultados positivos en las muestras de 10 h. A esta temperatura las piezas no presentaron merma y la textura resultó muy tierna y jugosa. El sabor también resultó muy agradable. En el caso de 65°C se consideró que la textura, jugosidad y sabor no mejoraban sino lo contrario, las piezas resultaron menos jugosas [3] y menos tiernas [3], además de presentar mermas alrededor del 5%.

La cocción estándar a 75°C hasta 72°C en el centro resultó en un producto poco tierno [2], menos jugoso [3], con mermas del 3% y con una aceptabilidad de 2.

Pechuga de pollo

Los ensayos realizados con cocciones de 6 y 10 h a 60°C presentaron mermas superiores al 10% y valores de jugosidad de 2. A pesar de que la textura medida en el texturómetro resultaba más blanda con más horas de cocción, a los catadores les pareció más agradable la cocción de 4 horas [aceptabilidad de 4] que tenía una textura más jugosa [valores de 4] y tierna [4].

Las muestras cocidas a 75°C hasta 72°C en el centro presentaron mermas superiores al 15%, y valores de jugosidad de 2, con una aceptabilidad baja [2].



▲ **Figura 4:** Pechuga de pollo después de la cocción 6 horas a 60°C.

Lomo de cerdo

Las piezas de aproximadamente 1 kg de peso se cocieron a 62°C. A esta temperatura, con tiempos de proceso relativamente cortos (4 y 6 horas) de cocción, la carne tiene una apariencia de “carne cruda”, característica generalmente no aceptable en carne de cerdo. Se determinó que 8 horas era el tiempo mínimo de cocción para evitar dicha apariencia. El problema con el lomo de cerdo es la gran merma que resulta de cocciones largas (15-20%), lo que se traduce en carnes secas (valores de jugosidad de 2) y falta de aceptabilidad (valores entre 2 y 3).

Para mejorar el rendimiento se decidió inyectar la carne al 20% y se realizó la cocción en 8 y 10 horas. El resultado fue muy satisfactorio al conseguir un producto con alta aceptación (valores de 4) por parte de catadores. Se consiguió una textura tierna [4], cárnica y jugosa [4] a la vez que se lograba un rendimiento de alrededor de 95%.

Los valores de textura mediante el texturómetro corroboran los percibidos por los catadores, siendo el lomo inyectado 20% cocido 8 horas el que presenta una menor dureza, tal y como puede observarse en la figura 6.

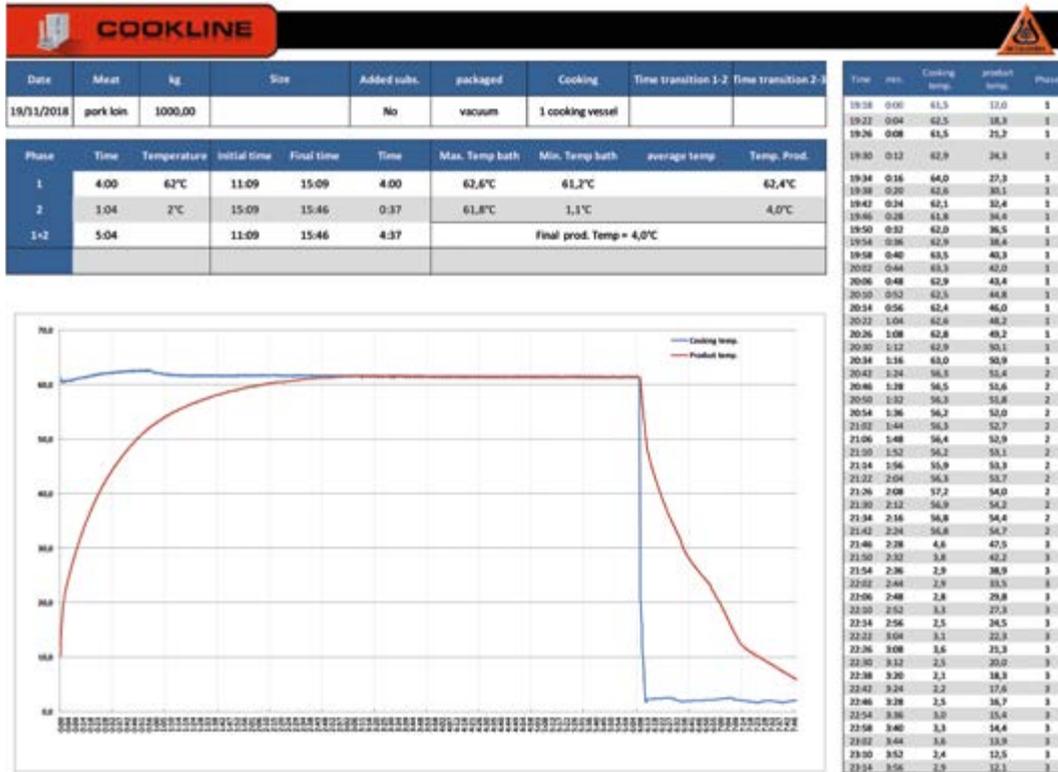
Roast Beef

En el caso de la ternera, según el mercado al que se destine cambia el color final deseado. Por ello, además de investigar sobre la textura y jugosidad, se hicieron pruebas para buscar la relación T°/tiempo adecuada para conseguir el color esperado.

Se realizaron dos tipos de cocciones en ambos tipos de pieza:

- Cocción 1: 1h a 50°C + 2h a 55°C y 65°C hasta que el centro de la pieza llega a 60°C.
- Cocción 2: 1h a 50°C + 2h a 55°C y 75°C hasta que el centro de la pieza llega a 70°C.

Al igual que ocurrió con el lomo de cerdo, los resultados de la evaluación fueron superiores en las piezas inyectadas. Consiguieron mejores valoraciones en



▲ Figura 5: Gráfico de cocción de lomo de cerdo a 62°C durante 8 horas obtenido en la Cookline 4.0.

terneza, jugosidad y aceptabilidad además de mejores rendimientos. De entre las piezas inyectadas, la cocción 1 consiguió una mejor valoración debido a terneza. No se apreció diferencia en la jugosidad a pesar de tener una merma ligeramente distinta.

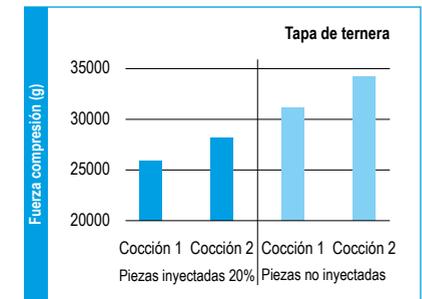
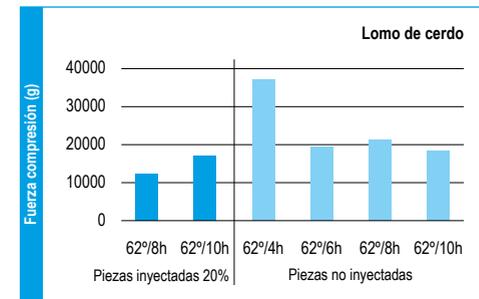
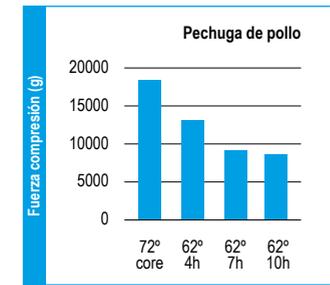
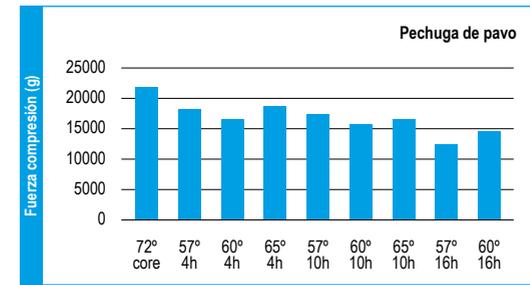
Como estaba previsto, en la cocción 1 se obtuvo un aspecto al corte más rojizo, mientras que en la cocción 2 se obtuvo un color más marrón grisáceo (de carne cocida). En la Figura 7 se puede observar esta diferencia de color.

CONCLUSIONES

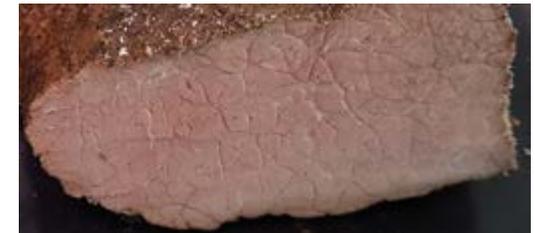
Como se ha podido observar en estos ensayos, la terneza (y aceptabilidad) de la carne está íntimamente relacionada con la combinación de Tª/tiempo, siendo

las más positivas las cocciones a bajas temperaturas y tiempos largos de proceso. Pero esta relación parece tener un límite en el tiempo, por encima del cual la textura puede llegar a ser tan blanda que produzca rechazo al consumidor.

Se ha observado que en el caso del pollo se valoró más positivamente una cocción suave y corta (4h a 60°C), mientras que en pavo se consiguieron los mejores resultados de aceptabilidad de todas las pruebas con cocción de 10 horas a 60°C. El lomo obtuvo mejores valoraciones en el producto inyectado que en el no inyectado, debido principalmente a la merma que tiene este corte del cerdo. Con la carne de vacuno se obtuvieron buenos resultados en cuanto a la obtención del color deseado, pero se deberá seguir haciendo pruebas con diferentes cortes de vacuno, tanto



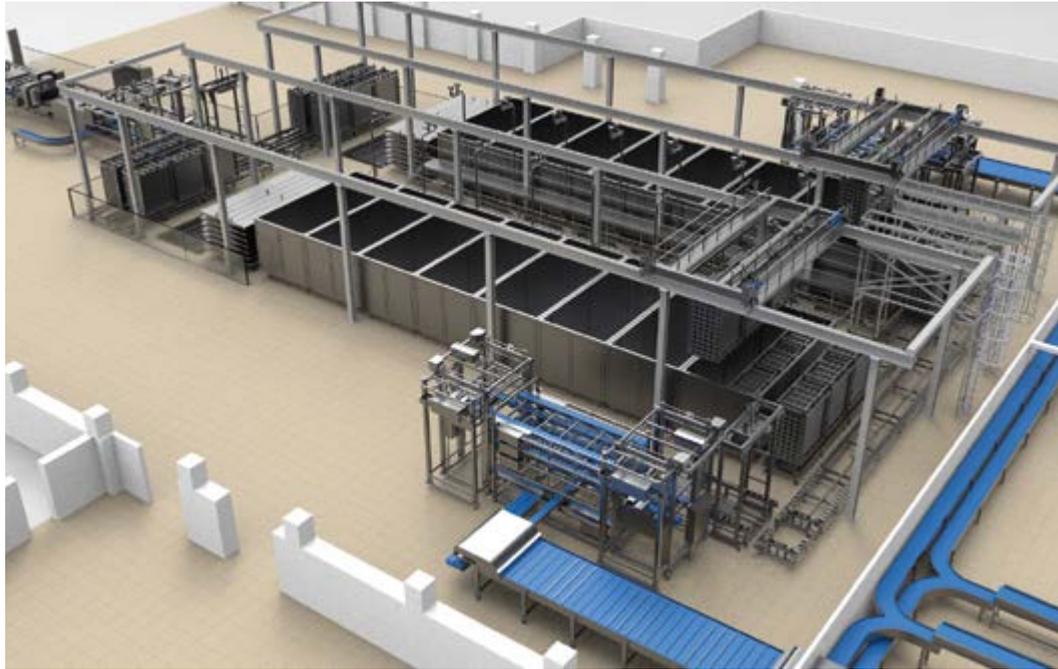
▲ Figura 6: Gráficos resultados texturómetro.



Cocción 1

Cocción 2

▲ Figura 7: Comparativa de cocción en tapa de ternera.



inyectado como sin inyectar, para obtener valores óptimos de tiempo y temperatura a la hora de conseguir una buena textura y jugosidad.

En este estudio se han hecho determinadas combinaciones de T° /tiempo para cada producto, pero hay muchas otras combinaciones que no se pudieron probar por límites de tiempo y que pueden dar resultados muy positivos para la industria cárnica. También sería interesante estudiar el efecto de la cocción *sous vide* en otros tipos de productos cárnicos y no cárnicos, como el pescado y los vegetales, los cuales se analizarán en un futuro estudio.

BIBLIOGRAFIA

• Baldwin, D. E. (2012). Sous vide cooking: A review. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 1(1), 15–30.

• Church, I. J., & Parsons, A. L. (1993). Sous vide cook-chill technology. *International Journal of Food Science & Technology*, 28(6), 563–574.

• Díaz, P., Nieto, G., Garrido, M. D., & Bañón, S. (2008). Microbial, physical–chemical and sensory spoilage during the refrigerated storage of cooked pork loin processed by the sous vide method. *Meat Science*, 80(2), 287–292.

• Hansen, T. B., Knöchel, S., Juncher, D., & Bertelsen, G. (1995). Storage characteristics of sous vide cooked roast beef. *International Journal of Food Science & Technology*, 30(3), 365–378.

• Laakkonen, E., Wellington, G. H., & Sherbon, J. N. (1970). Low-temperature, long-time heating of bovine muscle 1. Changes in Tenderness, Water-Binding Capacity, pH and Amount of Water-Soluble Components. *Journal of Food Science*, 35(2), 175–177.

• Martens, H., Stabursvik, E., & Martens, M. (1982). Texture and Colour Changes in Meat During Cooking Related To Thermal Denaturation of Muscle Proteins. *Journal of Texture Studies*, 13(3), 291–309.

• McIntyre, L., Jorgenson, V., & Ritson, M. (2017). Sous vide style cooking practices linked to Salmonella Enteritidis illnesses. *Environmental Health Review*, 60(2), 42–49.

• Nyati, H. (2000). An evaluation of the effect of storage and processing temperatures on the microbiological status of sous vide extended shelf-life products. *Food Control*, 11(6), 471–476.

• Roca, J., & Brugués, S. (2003). *La Cocina al vacío*. Montagud.

• Rosinski, M. J., Barmore, C. R., Dick, R. L., & Acton, J. C. (1990). Research Note: Film-to-Meat Adhesion Strength with a Cook-in-the-Film Packaging System for a Poultry Meat Product. *Poultry Science*, 69(2), 360–362.

• Ruiz, J. (2010). Cocina al vacío y a temperaturas controladas. *Sociedad Española de Bioquímica y Biología Molecular*, 166, 11–14.

• Terlizzi, F. M., Perdue, R. R., & Young, L. L. (1984). Processing and distributing cooked meats in flexible films. *Food Technology (USA)*, 38(3), 67–71, 73.

AGRADECIMIENTOS

Nos gustaría expresar nuestro agradecimiento a todos los miembros del Departamento de Ingeniería y del Departamento de Automatización y Robótica de METALQUIMIA, S.A.U. por la ayuda y colaboración prestada para la confección de este artículo.