

Universidad Pública de Navarra

Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ESCUELA TECNICA SUPERIOR
DE INGENIEROS AGRONOMOS

*NEKAZARITZAKO INGENIARIEN
GOI MAILAKO ESKOLA TEKNIKOA*

PLATO DE BASE CÁRNICA LISTO PARA SU CONSUMO POR COCCIÓN *SOUS-VIDE*

presentado por

Idoia Nuin Garciarena

aurkeztua

GRADO EN INNOVACIÓN DE PROCESOS Y PRODUCTOS ALIMENTARIOS
*ELIKAGAI PROZESUEN ETA PRODUKTUEN BERRIKUNTZAN
GRADUATUA*

Junio, 2018

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mi agradecimiento a los profesores D^a M^a José Beriain (directora) y D. Francisco C Ibáñez (codirector) por el asesoramiento y la dedicación que han mostrado durante la ejecución de este TFG. No sólo por darme la posibilidad de llevarlo a cabo, sino también por enseñarme mediante un aprendizaje continuo, por instruirme en todo momento y por el apoyo recibido. También por enseñarme la importancia y valor de la dedicación y el esfuerzo. Considero justo mostrar gratitud a nuestro compañero de laboratorio, Gorka Merino, pues ha estado siempre dispuesto a ayudarnos y a aconsejarnos en todo momento.

Dedico este trabajo a mis padres y hermana por su ánimo continuo, por el interés que me han demostrado en lo que estoy realizando y por apoyarme siempre.

Por último, quiero agradecer a todas aquellas personas que han contribuido directa e indirectamente a la ejecución de este trabajo, ya que han hecho posible que pueda llevarlo a término.

INDICE

1. Introducción	7
1.1 La cocción al vacío.....	7
1.2 La cocción al vacío y la carne	8
1.2.1 Efectos en el valor nutricional de la carne	8
1.2.2 Efectos en los microorganismos	9
1.2.3 Efectos en la calidad	10
1.3 Técnicas para mejorar el producto cocinado	10
2. Objetivos	11
3. Material y métodos.....	12
3.1 Materia prima	12
3.2 Método de cocción sous-vide	12
3.2.1 Preparación de las muestras de carne	12
3.2.2 Cocinado de la carne.....	13
3.3 Medida instrumental de la textura	13
3.4 Medida instrumental del color.....	14
3.5 Medida del pH.....	14
3.6 Diseño experimental.....	14
3.6.1 Puesta a punto del sistema de cocción sous-vide.....	14
a) Determinación del número y tamaño de muestras	14
3.6.2 Experimento 1	17
3.6.3 Experimento 2	18
a) Selección de ingredientes y desarrollo de salsas finales	18
b) Determinación del número de muestras y ensayos	19
c) Mediciones realizadas en el producto acabado.....	20
d) Preparación y ejecución de la prueba de análisis sensorial.....	21
3.6.4 Análisis estadístico	22
4. Resultados y discusión	22
4.1 Experimento 1	22
4.2 Experimento 2	23
4.2.1 pH.....	24
4.2.2 Color instrumental	24
4.2.3 Textura instrumental.....	24
4.2.4 Análisis sensorial.....	26
5. Conclusiones	28
6. Bibliografía.....	28
7. Anexos.....	31
7.1 Anexo I. Tablas de resultados	31
7.2 Anexo II. Tablas del ANOVA.....	35
7.3 Anexo III. Fichas del análisis sensorial	41
7.3.1 Salsas	41
7.3.2 Productos de base cárnica y vegetal	43

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valor nutricional de la carne de vacuno en crudo y su comparación con las recomendaciones nutricionales diarias en adultos (18-80 años) con actividad física moderada	9
Tabla 2. Medidas sobre la canal.....	12
Tabla 3 Número de muestras de carne de cerdo por cada temperatura.....	16
Tabla 4. Combinaciones de tiempo-temperatura y número de muestras en carne de vacuno.....	17
Tabla 5. Formulaciones salsa Teriyaki y marinado de cerveza (%).	19
Tabla 6. Formulación final de las salsas Teriyaki y marinado de cerveza (%).	19
Tabla 7. Combinaciones de tiempo-temperatura y número de muestras en carne de vacuno.....	20
Tabla 8. Resultados de la textura de la carne de vacuno medida con la técnica instrumental WBSF (n= 7; nº de repeticiones de la medida en cada muestra).	23
Tabla 9. Nueva variable "combinación" de los factores tiempos y temperaturas.	23
Tabla 10. Resultados de la textura de la carne de vacuno medida con la técnica instrumental WBSF (n=7; nº de repeticiones de la medida en cada muestra).	25
Tabla 11. Valores promedio de puntuación de olor en muestras de carne de vacuno sometidas a cocción sous-vide (90 minutos a 70°C).	26
Tabla 12. Valores promedio de puntuación de color en muestras de carne de vacuno sometidas a cocción sous-vide (90 minutos a 70°C).	26
Tabla 13. Resultados de la medida de pH en los diferentes estados de la carne: cruda, cruda marinada con salsa Teriyaki y cerveza, y cocinada (n=4).	31
Tabla 14. Resultados de la medida de color durante los diferentes estados de la carne: cruda, cruda marinada con salsas Teriyaki y cerveza, y cocinada (n=4). Luminosidad (L*), rojez (a*), amarillez (b*), índice de croma (C*) y $h = \arctan b^*/a^*$ (ángulo de tono).	33
Tabla 15. Análisis ANOVA para el factor salsa relacionado con las variables pH y color.	35
Tabla 16. Análisis ANOVA para factor estado relacionado con las variables pH y color.....	35
Tabla 17. Análisis ANOVA para las variables pH y estado de la carne.	36
Tabla 18. Análisis ANOVA para el parámetro color en función de la salsa y estado de la carne. ..	37
Tabla 19. Análisis ANOVA entre las variables salsa y fuerza.....	39
Tabla 20. Análisis ANOVA entre las variables combinación de tiempos y temperaturas y fuerza. ..	39
Tabla 21. Análisis ANOVA entre las variables olor y color del análisis sensorial.	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Baño de cocción y sondas de temperatura.	13
Figura 2. Texturómetro con sonda WB.	13
Figura 3. Colorímetro Minolta CM-2002 usado en las medidas del presente trabajo.	14
Figura 4. pH-metro pH1.	14
Figura 5. Diseño experimental seguido en el presente estudio.	15
Figura 6. Carne cruda (a) y carne marinada (b) envasada a vacío antes del tratamiento térmico. ...	16
Figura 7. Carne marinada con barbacoa (a) y con soja (b) tras el tratamiento térmico a 75°C.	17
Figura 8. Carne de vacuno marinada con salsa barbacoa y cocinada durante 90 minutos (a) y 120 minutos (b).	18
Figura 9. Carne marinada antes de someterse a tratamiento térmico.	20
Figura 10. Apariencia de la carne sometida a cocción sous-vid a 70°C durante 90 minutos.	20
Figura 11. Representación del orden de las muestras.	22
Figura 12. Disposición de las muestras en cabina para el análisis sensorial (a), evaluación del descriptor del olor con luz roja (b)	22
Figura 13. Valoración de la variable olor en una escala del 1 al 7 en las dos muestras cárnicas.	27
Figura 14. Valoración de la variable color en una escala del 1 al 7 en las dos muestras cárnicas. ..	27

RESUMEN

En este proyecto se ha desarrollado un plato preparado listo para consumir a base de carne de vacuno, marinado con diferentes salsas, y sometido a un tratamiento térmico de cocción al vacío (*sous-vide*). Entre otros fines se pretende prolongar su vida útil. Para ello se han aplicado diferentes combinaciones de tiempo-temperatura a una carne de vacuno. Se ha evaluado la calidad del plato obtenido a través de diferentes parámetros físicoquímicos (pH, color y textura de la carne) en diferentes etapas del procesado (cruda, cruda marinada y cocinada). También se realizó una evaluación sensorial mediante una prueba descriptiva y otra hedónica. El resultado fue la obtención de carnes tiernas, con valores de fuerza de corte entre el rango de 30 a 55N y diferencias significativas en cuanto a los parámetros de color en los diferentes estados y tratamientos de la carne. Se ha conseguido desarrollar un producto listo para su consumo atendiendo a unas características de calidad aceptadas por los consumidores.

Palabras clave: Carne, vacuno, cocción, envasado a vacío, calidad.

ABSTRACT

In this project, a ready-to-consume dish based on marinated beef with different sauces has been developed by sous-vide thermal treatment. The aim is to develop a vacuum-packed meat product so its shelf life can be prolonged, submitted to different time-temperature combinations in a cooking bath. It differs from the traditional method in that mild temperatures and longer times are used to achieve the optimum meat's cooking degree. In addition, different chemical and sensory parameters have been evaluated such as: pH, color and texture of the meat in the different states during its processing: raw, raw marinated and cooked. A sensory analysis was also carried out with 43 panelists, who evaluated the different meat's descriptors. The results were tender meats, with shear force between 30 and 55N and significant differences in terms of color parameters in the different meat's states and treatments. It has been possible to develop a ready-to-eat product based on quality characteristics accepted by consumers.

Key words: meat, beef, vacuum-packing, cooking, quality

1. INTRODUCCIÓN

El estilo de vida actual, que busca optimizar el tiempo, ha llevado a la industria alimentaria a ofrecer comidas elaboradas con la mínima participación del consumidor. Pero ante las demandas de estos últimos, la industria se ha visto obligada a ofrecerles nuevas alternativas para producir productos novedosos. Una técnica ya conocida en el ámbito de la alta cocina y los restaurantes es la denominada cocción *sous-vide*. Aunque en algunos mercados ya hay productos preparados listos para calentar que se han elaborado con ésta técnica, no se han difundido en todo el mundo (Roascio - Albistur and Gámbaro, 2018a). Una de las potenciales aplicaciones de esta técnica es la obtención de platos a base de productos cárnicos.

En la actualidad, sectores alimentarios como los de las comidas preparadas y las salsas para cocinar parecen estar alcanzando su madurez en mercados como el de Reino Unido y se espera que los niveles de crecimiento aumenten aún más en diversos países europeos, en particular Irlanda y España (Escriba-Perez *et al.*, 2017). El crecimiento de este tipo de platos ha sido de un 9,3% entre los años 2011 y 2016, de acuerdo con datos obtenidos a partir del Registro Mercantil y difundido por la empresa consultora “Cluster Development”.

En los últimos años, el incremento de la demanda de productos listos para el consumo ha alentado la aplicación de nuevas tecnologías de procesamiento de los alimentos; entre ellos el sistema de cocción *sous-vide* (Szerman *et al.*, 2012).

Actualmente se aprecia una tendencia en el consumidor hacia la búsqueda de productos cárnicos de vacuno elaborados con tecnologías no tradicionales. Los factores que influyen en esta tendencia son entre otros los siguientes: el incremento de ciertas enfermedades asociadas al estilo de vida contemporáneo, la evolución de las características demográficas, la necesidad de conveniencia (reducción del tiempo destinado a la cocina doméstica), los cambios en la distribución de sistemas y de precio. Como resultado de estos cambios, el interés en los nuevos productos de carnes rojas preparados empleando nuevas tecnologías, particularmente los productos orientados a la conveniencia, ha aumentado drásticamente en los últimos años (Resurreccion, 2004). Es en este contexto de nuevas tecnologías donde se encuadra la cocción *sous-vide*.

1.1 La cocción al vacío

Se trata de un método de cocción de origen francés que comprende el sellado al vacío de los alimentos en una bolsa de plástico, seguido de la incubación en un baño de agua a temperaturas suaves (53-81°C). Los alimentos envasados al vacío se cocinan bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo (Schellekens, 1996). La combinación precisa de temperatura y tiempo es crítica en las características finales de la calidad de la carne cocinada mediante procesado *sous-vide* (Sánchez del Pulgar, Gázquez and Ruiz-Carrascal, 2012).

Esta tecnología se ha convertido en una alternativa interesante para expandir el mercado actual de productos a base de carne de vacuno (García-Segovia, Andrés-Bello and Martínez-Monzó, 2007). Este tipo de cocción difiere de los métodos de cocción tradicionales en dos aspectos fundamentales: los alimentos crudos se sellan a vacío en bolsas de plástico termoestables aptas para la calidad alimentaria y los alimentos se cocinan utilizando un tratamiento térmico controlado con precisión (Baldwin, 2012).

El proceso de cocción no solo destruye microorganismos patógenos o los surgidos a partir de la descomposición de la carne, sino que también desarrolla propiedades sensoriales específicas del producto cocinado (Kondjoyan *et al.*, 2014).

Este método posee varias ventajas (Joung *et al.*, 2018):

- Puede transferir eficientemente el calor del agua a los alimentos, lo que permite una cocción uniforme del producto.
- No solo reduce las bacterias aerobias sino que también extiende la vida útil de los alimentos al eliminar el riesgo de recontaminación durante el almacenamiento. Es posible aumentar la vida útil de algunos productos de 5 a 21 días usando dicha tecnología. La baja presión parcial de oxígeno en el envase evita el crecimiento de los microorganismos que intervienen en el deterioro aeróbico y el enranciamiento por oxidación de los lípidos. Ambos procesos responsables de la generación de sabores extraños durante el almacenamiento refrigerado.
- Reduce la pérdida de sustancias volátiles y nutrientes sensibles al calor durante el cocinado.
- Facilita la retención de humedad al tiempo que permite la mejora de la textura.

1.2 La cocción al vacío y la carne

La carne está constituida por, aproximadamente, un 75% de agua, 20% de proteína y 5% de grasa y otras sustancias. Generalmente, las proteínas del músculo se dividen en tres grupos: miofibrilares (50-55%), sarcoplásmicas (30-34%) y de tejido conectivo (10-15%). Al cocinar, el empleo de calor hace que se desnaturalicen estas proteínas. Qué proteínas y cuánto se desnaturalizan principalmente depende de la temperatura y en menor medida del tiempo. Las proteínas miofibrilares (principalmente miosina y actina), las proteínas del tejido conectivo (principalmente colágeno y elastina incrustadas en sustancias amorfas intercelulares) se contraen cuando se calientan, mientras que las proteínas sarcoplásmicas se expanden. En cuanto a las fibras musculares, se contraen transversalmente y longitudinalmente, de modo que las proteínas sarcoplásmicas se agregan y gelifican y los tejidos conectivos se encogen y solubilizan (Baldwin, 2012).

La agregación y gelificación de las proteínas sarcoplásmicas comienza alrededor de los 40°C y termina alrededor de los 60°C. Antes de que estas se desnaturalicen, pueden aumentar significativamente la terneza de la carne. Las fibras de colágeno comienzan a contraerse alrededor de los 60°C, pero se contraen más intensamente a partir de los 65°C (Baldwin, 2012). A temperaturas de 54-58°C, comienzan a producirse cambios en la estructura de la miosina, por encima de los 60°C, se inician las alteraciones en la estructura del colágeno y las proteínas sarcoplásmicas y, por último, temperaturas de 80-83°C, modifican la estructura de la actina. Así, cuando la carne es cocinada por encima de los 60-62°C, el tejido conectivo comienza a desnaturalizarse, lo que conlleva a un ablandamiento de la carne y continua gradualmente con el tiempo (Roldán, 2014).

1.2.1 Efectos en el valor nutricional de la carne

La carne de vacuno aporta proteínas de alta calidad nutricional y grasas en cantidad variable según la procedencia anatómica. Además, proporciona elementos minerales necesarios como el hierro altamente biodisponible, el zinc, potasio fósforo, así como

vitaminas entre las que hay que destacar la B₁₂ (Samaniego Andrade and Carpio Ayora, 2017).

En la actualidad la Organización Mundial de la Salud (OMS) previene a las personas en el consumo de carnes rojas, sin embargo, se debe considerar que la carne de res incide en la nutrición de las personas al constituirse en una fuente de proteínas de alta calidad cuya base fundamental son los aminoácidos, elementos esenciales para cubrir las necesidades corporales.

En la tabla 1, se presenta el valor nutricional de la carne de vacuno en crudo (Base de Datos Española de Composición de Alimentos, 2017), y las cantidades diarias recomendadas a los adultos sanos de ambos sexos ('Dietary Reference Values for nutrients Summary report', 2017).

Tabla 1. Valor nutricional de la carne de vacuno en crudo y su comparación con las recomendaciones nutricionales diarias en adultos (18-80 años) con actividad física moderada

Parámetro	Por 100 g porción comestible	Recomendaciones (hombres)	Recomendaciones (mujeres)
Energía (kcal)	566	2.270-2600	1840-2.151
Proteínas (g)	23,5	56	48
Lípidos totales (g)	4,5	454-550	368-430
AG saturados (g)	2	Lo más bajo posible	Lo más bajo posible
AG monoinsaturados (g)	1,9	-	-
AG poliinsaturados (g)	0,2	100-117	82-97
Colesterol (mg/ 1000 kcal)	51	-	-
Carbohidratos (g)	0	1000-1170	828-968
Fibra dietética (g)	0	25	25

1.2.2 Efectos en los microorganismos

El tratamiento térmico aplicado durante el procesamiento de los alimentos *sous-vide* determina la naturaleza y la cantidad de microorganismos en el producto final. Además, la adición de sales, especias y ácidos pueden disminuir el número de patógenos activos. Es por ello que se ha investigado sobre los tiempos más óptimos de reducción microbiana para tenerlos en cuenta en el desarrollo de los tiempos de cocción.

La resistencia de las bacterias al calor se expresa en el "tiempo de reducción decimal" o "valor D", que es el tiempo requerido, a una temperatura adecuada, para una reducción diez veces mayor de una población bacteriana (es decir, una reducción del 90%, una reducción al 10% o una reducción de 1 log). Para un microorganismo dado, el valor D disminuye a medida que aumenta la temperatura. El efecto de la temperatura sobre el valor D se expresa como el "valor Z", que es el aumento de la temperatura necesario para producir una reducción multiplicada por 10 en el valor D (Vaudagna *et al.*, 2002).

En productos cárnicos, los principales microorganismos que pueden alterar el producto son *Salmonella*, *Escherichia coli* y *Lysteria monocytogenes*. Tomando como referencia la especie *Salmonella* tratada térmicamente a 60°C en una porción de carne picada, va a sufrir una reducción en su población en un factor de 10 cada 5,48 min (Baldwin, 2012). De esta manera, el número de reducciones decimales necesarias depende del nivel de contaminación de la carne de vacuno y cómo de susceptible sea la persona a la especie de *Salmonella*. Para las personas sanas e inmunocompetentes, una reducción de 3 log₁₀ de

la especie *Salmonella* es la mínima recomendada para restaurantes y cocinas en hogares; esto se debe a que la carne cruda contiene típicamente 10 patógenos/g de alimento de las especies de *Salmonella* (así como para las cepas patógenas de *E. coli* y *L. monocytogenes*) y la dosis estimada de enfermedad para una persona sana es de más de 1000 patógenos/g (Baldwin, 2012).

1.2.3 Efectos en la calidad

En los tratamientos de cocción se debe tener en cuenta la calidad de la carne obtenida. El color y la jugosidad son, junto con la terneza, las principales propiedades sensoriales de la carne de vacuno, siendo así las responsables de determinar la calidad de la carne (Kondjoyan *et al.*, 2014). En la carne cocinada, el color de la misma viene determinada por el grado de desnaturalización de la mioglobina. La desnaturalización de la mioglobina comienza a los 55-65°C en carnes, produciéndose la mayor parte de la desnaturalización entre los 75-80°C (Roldán, 2014).

Otro parámetro importante es la jugosidad, la cual está relacionada con la variación del contenido de agua en la carne durante la cocción, que también determina el rendimiento de ésta, considerada un factor crítico para la industria alimentaria (Kondjoyan *et al.*, 2014). En la masticación de la carne, las fuerzas mecánicas incluyen las fuerzas de comprensión, compresión y tracción. Para valorar dichas fuerzas, en la mayoría de los estudios se acude a una prueba de corte perpendicular a las fibras musculares (mediante cizalla Warner-Bratzler, W-B). Típicamente, la fuerza de cizalla W-B disminuye a una temperatura de 50°C a 65°C y luego aumenta conforme al incremento de temperatura hasta 80°C (Tornberg, 2005).

El sabor de la carne también es un atributo complejo muy importante para determinar su calidad. Es una combinación de compuestos de sabor registrados en la lengua y los compuestos volátiles que se desplazan a través de las vías retronasales hacia el epitelio responsable del olor en la nariz. Los compuestos volátiles son el resultado de una variedad de procesos químicos que dependen tanto del contenido de precursores en la carne cruda como del proceso de calentamiento (Aaslyng and Meinert, 2017).

1.3 **Técnicas para mejorar el producto cocinado**

Se pueden emplear diferentes técnicas y tratamientos para mejorar el resultado del cocinado de la carne de vacuno, además del empleo del cocinado *sous-vide*, como es el marinado. Esta es una práctica culinaria tradicional que se utiliza para ablandar la carne y para mejorar su sabor y su jugosidad (Pérez-Juan *et al.*, 2012). Se ha comprobado que el proceso de marinado mejora la terneza y/o el rendimiento de cocción de carne de vacuno, cerdo y ave (Ke *et al.*, 2009). Además, se ha probado que el marinado aumenta la vida útil de los productos cárnicos (Drosinos *et al.*, 2006).

Durante el proceso de marinado se producen grandes variaciones de los parámetros físico-químicos (a_w (actividad de agua), pH y Na^+ y Cl^-) dentro de las piezas de carne debido a la migración de los ingredientes (Lebert, Dussap and Lebert, 2005). El potencial de la tecnología de marinado para mejorar la palatabilidad de las carnes rojas se ha demostrado en varios estudios que incluyen ejemplos de carne de vacuno (Dhanda *et al.*, 2002). En este tipo de estudios, el cloruro sódico, los polifosfatos, los azúcares y los ácidos orgánicos son ingredientes comunes utilizados en los adobos debido a la mejora en la terneza de la carne, la jugosidad, la palatabilidad y retención de humedad.

Así mismo, la sal forma parte de muchas de las salsas empleadas en el cocinado de la carne. Esta no solo se emplea para dar sabor, sino también tiene como función secundaria

inhibir el crecimiento microbiano, prolongar la vida útil y aumentar la hidratación de las proteínas. Esta hidratación se produce como consecuencia del aumento de la fuerza iónica en los productos cárnicos. El aumento de la hidratación de las proteínas conduce a una mayor unión del agua en las piezas musculares intactas y al aumento de las concentraciones de proteínas solubles en los productos cárnicos (de acuerdo con Mills, E. (2004). *Functional*, citado en Han *et al.*, 2011).

Dentro de este ámbito de aplicación del cocinado *sous-vide*, se decidió emplear la salsa teriyaki y el marinado de cerveza como dos futuras opciones en el mundo de la industria cárnica. Actualmente, es creciente la tendencia de consumo de productos de origen oriental, por lo que se optó por el empleo de la salsa teriyaki, elemento fundamental en muchos platos de esta cocina. Por otro lado, de cara a diversificar la oferta alimentaria hacia un público más adulto, se optó por emplear el marinado de cerveza en otro lote de carne, por ser muy aplicable en cocciones tipo barbacoas.

Pese a que existen diversos estudios del tratamiento *sous-vide* en vegetales, como por ejemplo zanahoria y col, pescados y carne de cerdo (Roascio - Albistur and Gámbaro, 2018b), no se han realizado estudios completos a nivel de diseño y formulación de un plato cárnico preparado para consumir marinado con diferentes salsas, que incluyan el estudio de la evolución de diversos parámetros (color, pH y textura) en las diferentes fases de la carne, junto con el análisis del efecto de diferentes combinaciones de tiempo y temperatura en el resultado final del producto.

No sólo es importante el resultado a nivel de ensayo experimental, sino que al ser un producto destinado al consumo por parte de clientes cada vez más exigentes y que buscan productos de conveniencia, es de gran importancia el desarrollo de un panel de análisis sensorial hedónico con consumidores reales para la evaluación final de los descriptores más importantes del producto.

2. OBJETIVOS

Por todo lo anteriormente expuesto, este trabajo tiene como objetivo general estudiar el efecto de la cocción *sous-vide* en la carne de vacuno (entrecot), sometiéndola a diferentes combinaciones de temperatura y tiempo, junto con el proceso de marinado.

Los objetivos específicos para alcanzar el antedicho objetivo serán:

- Evaluar el efecto de la cocción *sous-vide* sobre diferentes características fisicoquímicas de la carne de vacuno: pH, color y textura.
- Evaluar el efecto de la cocción *sous-vide* en las características sensoriales de la carne de vacuno mediante un análisis sensorial.
- Valorar la posibilidad de desarrollar un producto listo para su consumo a partir de una carne de alta calidad, marinada en diferentes salsas, y sometida a la cocción *sous-vide*.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Materia prima

La materia prima empleada es carne de vacuno de terneros machos de raza Pirenaica cuya procedencia es la Cooperativa de Vacuno de Navarra. Los terneros fueron alimentados durante 12 meses con pienso comercial y paja y finalmente el peso de la canal se estableció en 330 kg. Durante el periodo de vida del animal se determinaron parámetros como: peso vivo y el área del músculo *Longissimus dorsi*, grasa intramuscular y espesor de grasa dorsal a la altura de la 12ª costilla. Estas mediciones se tomaron 1, 25 y 50 días antes del sacrificio mediante ultrasonidos.

Los parámetros de la canal analizados fueron: peso de la canal caliente, pH en el músculo *L. dorsi* a la altura de la 6ª costilla y 12ª costilla (a los 45 minutos y 24 horas posteriores al sacrificio del animal). La clasificación de la canal vacuna se realizó por conformación y estado de engrasamiento según normativa europea y según el grado de rendimiento (USDA *yield grade*) y de calidad (USDA *quality grade*) del sistema de clasificación americano, color de la canal y del músculo *L. dorsi*. Se utiliza el sistema americano también porque contempla parámetros más cercanos a los utilizados por el consumidor para evaluar la calidad de la carne.

En la tabla 2 se recogen los valores descriptivos de la canal considerando todos los parámetros empleados en los dos sistemas de clasificación de carne de vacuno (norteamericano y europeo).

Tabla 2. Medidas sobre la canal.

Variable	ESPAÑA	
	Media	Error típico
Peso canal caliente (kg)	329,96	-6,604
Conformación (1-15)	9,65	(0,230)(U-)
Engrasamiento (1-15)	4,45	(0,279)(2-)
Veteado (sistema USDA)1	102,5	-12,847
Madurez (sistema USDA)1	37,5	(0,300)(A)
Grasa pelvcorenal (%)	1,4	-0,13
Area LD (pulgadas)	16,19	-4,649
Espesor grasa (cm)	0,23	-0,065
<i>Yield grade</i> (Rendimiento)	0,59	-0,156

3.2 Método de cocción *sous-vide*

3.2.1 Preparación de las muestras de carne

Previo a la cocción, es importante el mantenimiento de la cadena de frío del producto con el fin de evitar la proliferación microbiana del producto. La carne permaneció congelada hasta el momento de la preparación de las muestras, momento en el que la carne se descongeló durante dos días en la cámara frigorífica a 4°C. Las muestras de carne de vacuno se envasaron en condiciones de vacío (97%) dentro de bolsas de OPA/PP con un espesor de 75-85 micrómetros.

3.2.2 Cocinado de la carne

Los tratamientos térmicos a los que se sometieron las muestras se realizaron en el baño de cocción SV-THERMO modelo TOP, de *Orved Vacumm Masters* (Venecia, Italia), de acero inoxidable, con un peso de 23 kg y un voltaje de 220/240 V- 50/60 Hz y una cuba con capacidad de 27 L (figura 1). Es un sistema de cocción en agua caliente, tipo “baño maría”, con control automático milesimal de la temperatura. La temperatura del baño se mantuvo 2°C por encima de la temperatura de tratamiento de la carne, siguiendo las indicaciones del fabricante.



Figura 1. Baño de cocción y sondas de temperatura.

Con el objetivo de obtener un punto de cocción exacto independientemente del grosor de la pieza, la temperatura interna de la muestra durante la cocción se controló con plurisondas, las cuales atravesaban la bolsa de vacío y se introducían en la muestra a través de la válvula de conexión.

De esta manera, con el baño programado en las temperaturas y tiempos de tratamiento, se controla en todo momento la temperatura interna del producto. Las muestras fueron sometidas a diferentes combinaciones de temperatura (70°C y 80°C) y tiempo (60 min, 90 min y 120 min) previamente estudiadas y prefijadas en función del grado de cocinado de la carne.

3.3 Medida instrumental de la textura

La determinación de resistencia al corte se realizó para cada muestra cocinada en el día 1 del experimento. Todas las muestras se analizaron por septuplicado. Las muestras cocinadas (con dimensiones de 4 × 1 × 1 cm) se sometieron a una prueba de resistencia al corte (método Warner Bratzler Shear Force - WBSF), perpendicularmente a la orientación longitudinal de las fibras musculares, con el accesorio de cizallamiento Warner-Bratzler (sonda de 1 mm de espesor). La sonda se montó en el analizador de texturas TA-XT2i (Stable Micro Systems, Surrey, Reino Unido) y se utilizó una relación de compresión del 50%. La figura 2 muestra el equipo utilizado.

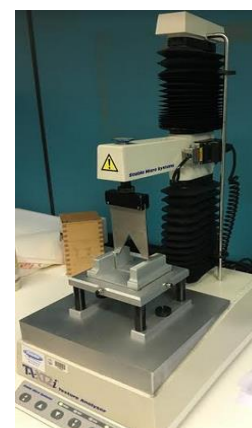


Figura 2. Texturómetro con sonda WB.

La velocidad de pre-ensayo fue de 6,0 mm/s, la velocidad de ensayo de 1,7 mm/s y la de post-ensayo de 6,00 mm/s. La fuerza aplicable fue de 0,4 kg con un tiempo de 0,09 s, aplicando una distancia de 40 mm con una activación de auto (fuerza). Dicha fuerza de activación fue de 0,045 kg con una sensibilidad de ruptura de 0,1 kg. El parámetro de textura fue la

dureza (N), es decir, la fuerza máxima requerida para comprimir la muestra (fuerza máxima durante el primer ciclo de compresión)

3.4 Medida instrumental del color

El color se midió usando un espectrofotómetro Minolta CM-2002 (Konica Minolta Business Technologies Inc., Tokio, Japón). Las lecturas de color se tomaron en 4 puntos no superpuestos seleccionados al azar en la superficie de cada muestra cruda y cocinada. El color de la carne de vacuno se midió en el espacio CIELAB (Comisión Internacional de Iluminación, 2004), con iluminante estándar D65, ángulo de observación de 10° y calibración de cero y blanco durante el tiempo de visualización. Se registraron los valores de Luminosidad (L^*), rojez (a^*), amarillez (b^*), índice de croma (C^*) y $H = \arctan b^*/a^*$. La figura 3 muestra el aparato usado para estas medidas.



Figura 3. Colorímetro Minolta CM-2002 usado en las medidas del presente trabajo.

3.5 Medida del pH

Las medidas de pH se efectuaron con ayuda de un pH-metro portátil, modelo pH1 medidor portátil de pH / ORP (figura 4). Se realizaron medidas en las muestras de carne cruda, en la carne cruda marinada y en la carne cocinada. La calibración del pH-metro se realizó con soluciones de referencia a pH=4, pH=7 y pH=10. Las lecturas de pH se tomaron en 4 puntos no superpuestos seleccionados al azar en la superficie de cada muestra cruda, cruda marinada y cocinada.



Figura 4. pH-metro pH1.

3.6 Diseño experimental

El diseño experimental de este trabajo queda representado en la figura 5.

3.6.1 Puesta a punto del sistema de cocción sous-vide

El paso de puesta a punto del trabajo es un paso previo de experimentación con la materia prima, tratamientos de cocción y aparatos de medida, tal y como se indica en los siguientes apartados.

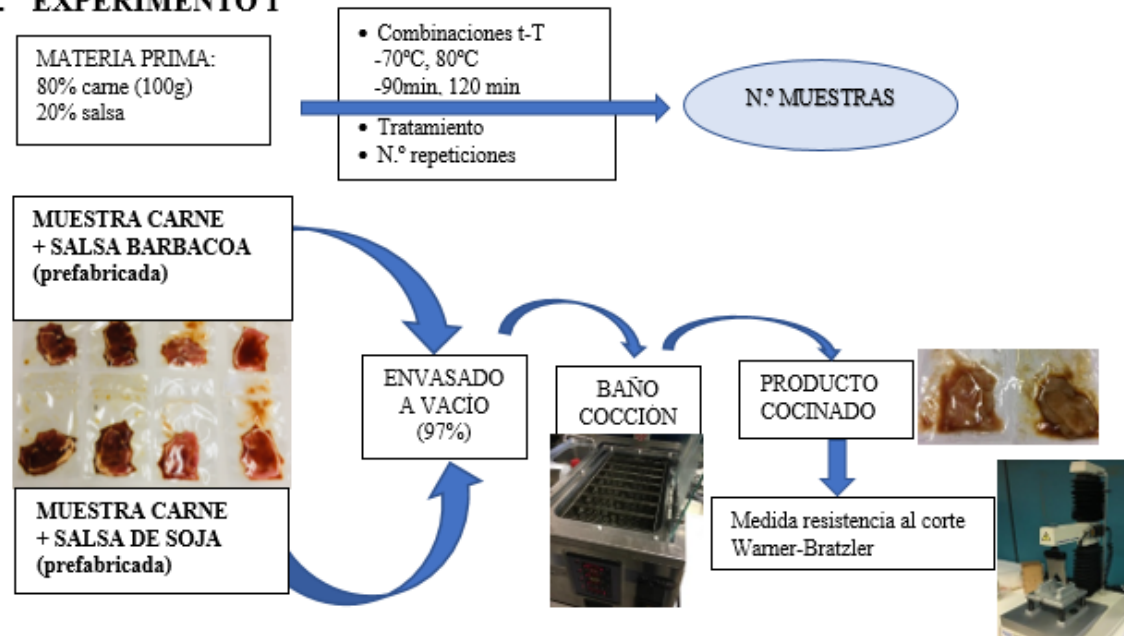
a) Determinación del número y tamaño de muestras

En la primera parte del proyecto, se decidió emplear muestras de lomo de cerdo para evaluar cómo reaccionaba la carne envasada al vacío a un tratamiento térmico en el baño de cocción, con diferentes tiempos y temperaturas para determinar el correcto manejo del equipo y conseguir una disminución de errores. Es decir, se emplearon tiempos y temperaturas generalmente usadas dentro del rango de aplicación de cocción *sous-vide*. Por ello fue importante esta primera parte del trabajo, para analizar el grado de cocinado de la carne y ver cómo variaba la temperatura interna del producto con respecto a la temperatura externa, y llevar el control en todo momento.

1. PUESTA A PUNTO



2. EXPERIMENTO 1



3. EXPERIMENTO 2

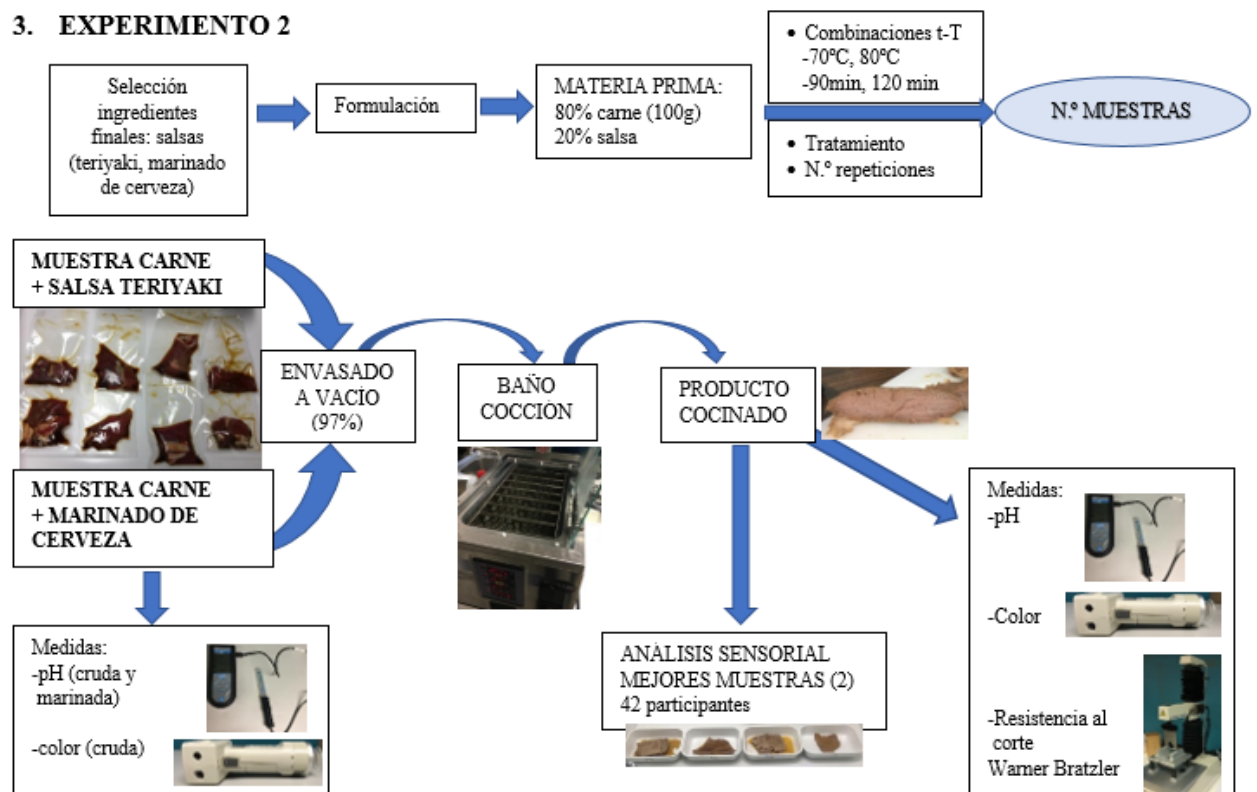


Figura 5. Diseño experimental seguido en el presente estudio.

Se utilizaron 8 muestras de proteína animal (lomo de cerdo), sometidas a dos temperaturas de cocción (65°C y 75°C) y a su vez marinadas con dos salsas respectivamente: soja (salsa 1) y barbacoa (salsa 2). En esta primera parte, se calculó el peso de salsa correspondiente a cada muestra cárnica tomando como referencia una proporción de 80% carne y 20% salsa, que suele ser la más habitual a la hora de la preparación de platos elaborados.

En este inicio del proyecto, no existió un tiempo de cocinado definido ya que el objetivo era adecuar el correcto manejo de los tiempos de tratamiento en el baño de cocción en el laboratorio, es decir, ver la respuesta del producto cárnico al tratamiento térmico con dichos tiempos de cocción e ir analizando el grado de cocinado de la carne. Finalmente, el producto se sacó del baño de cocción a un tiempo de 60 min.

En la tabla 3 queda reflejado el número de muestras realizadas con cada tratamiento. En esta etapa de puesta a punto del proyecto, fue importante conocer el grado de cocción del producto. Este se determinó gracias a la sonda de temperatura que se inyectaba a través de las bolsas de vacío a la carne y proporcionaba la temperatura en el interior de esta, siendo en todas las muestras dicha temperatura interna $2 \pm 0,5$ °C superior que en la superficie externa del producto.

Tabla 3 Número de muestras de carne de cerdo por cada temperatura.

Temperatura (°C)	Salsa soja (Salsa 1)	Salsa barbacoa (Salsa 2)
65	2	2
75	2	2

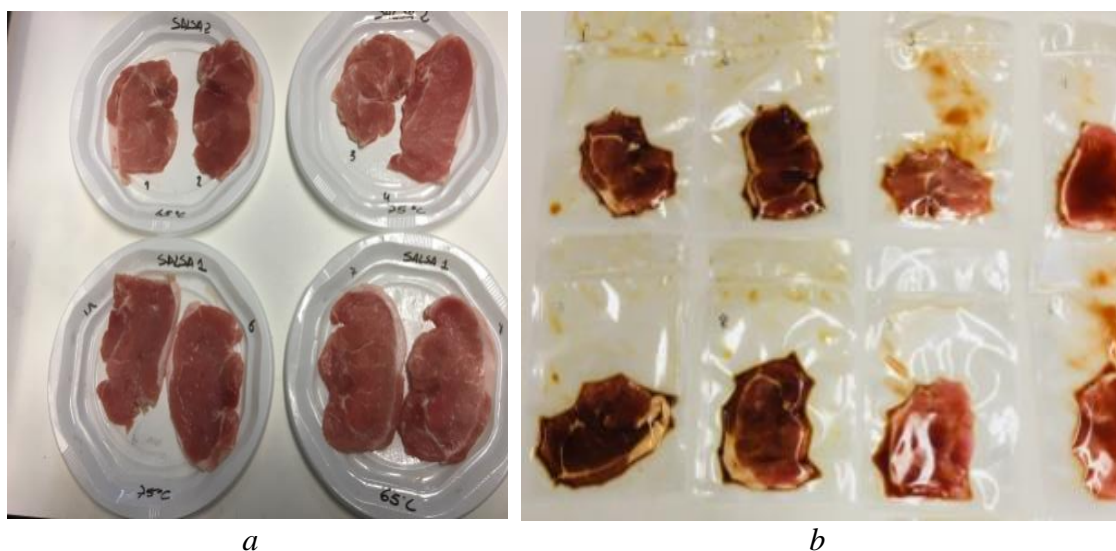


Figura 6. Carne cruda (a) y carne marinada (b) envasada a vacío antes del tratamiento térmico.

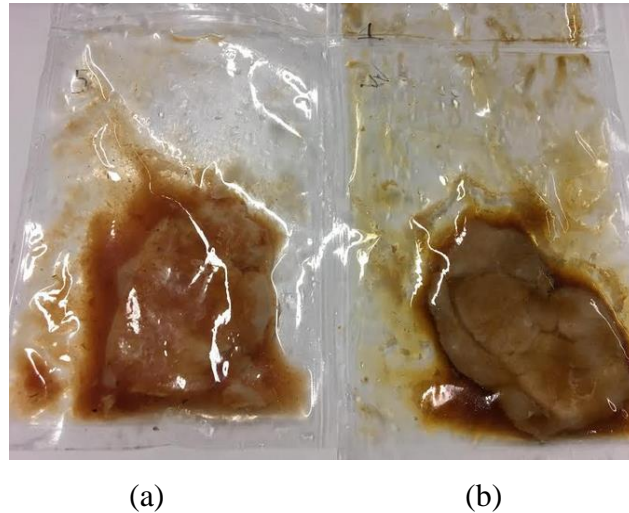


Figura 7. Carne marinada con barbacoa (a) y con soja (b) tras el tratamiento térmico a 75°C.

3.6.2 Experimento 1

Una vez controlado y adecuado el manejo de tiempos y temperaturas del baño de cocción, se procedió al primer ensayo experimental de las muestras de proteína animal, denominado experimento 1. En este caso se emplearon muestras de carne de vacuno (entrecot) que fueron marinadas en crudo durante media hora con dos salsas prefabricadas (soja y barbacoa) para ver la respuesta de la adición de salsas al cocinado de la carne.

En primer lugar, se determinó el peso de las muestras basándose en una ración estándar de 100 ± 10 g (Carbajal Azcona A., 2016). Para cada temperatura y tiempo definidos en este ensayo experimental (tabla 3), se aplicaron los tratamientos de cocción correspondientes y se efectuaron mediciones instrumentales de textura (7 repeticiones para cada muestra). De esta manera fueron necesarias en este experimento 1, un total 16 muestras de carne de vacuno (entrecot). Para cada tiempo y temperatura se realizaron dos muestras ya que al tratarse de un producto de composición tan variable en cuanto a músculo, tendones y nervios en las diferentes muestras de carne, la variabilidad de los resultados en parámetros como la textura podía variar de manera considerable.

Como se refleja en la tabla 4, se plantearon tratamientos térmicos a 70°C y 80°C durante tiempos de 90 y 120 minutos, para las carnes marinadas con soja y barbacoa.

Tabla 4. Combinaciones de tiempo-temperatura y número de muestras en carne de vacuno.

Salsa	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	N.º Muestras
soja	70	90	2
		120	2
	80	90	2
		120	2
barbacoa	70	90	2
		120	2
	80	90	2
		120	2

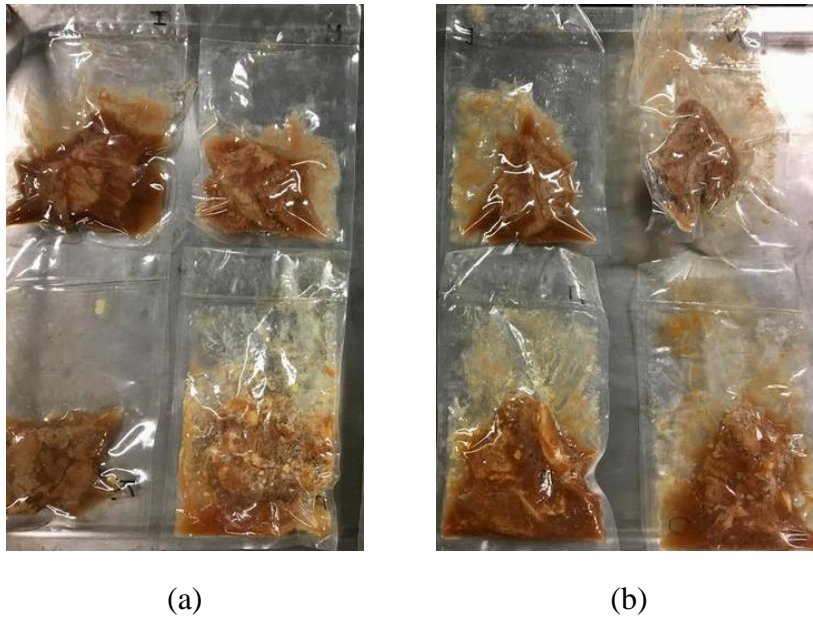


Figura 8. Carne de vacuno marinada con salsa barbacoa y cocinada durante 90 minutos (a) y 120 minutos (b).

3.6.3 Experimento 2

a) Selección de ingredientes y desarrollo de salsas finales

El experimento 2 consistió en el diseño y desarrollo del producto final del trabajo. Una vez realizado el experimento 1, se comprobó la efectividad de los ensayos en la carne de vacuno con las diferentes combinaciones de tiempo y temperatura aplicadas, además de la obtención de unos resultados satisfactorios en la prueba de determinación de resistencia al corte. Por todo ello, se continuó el estudio con el diseño de las salsas definitivas que se buscaba adicionar al producto cárnico en crudo, es decir, el proceso de marinado previo a la cocción.

El objetivo fue incorporar dos tipos de salsas al producto. La primera, una salsa Teriyaki propia de la cocina japonesa con la que se buscó centrar el desarrollo del producto hacia un sector de la población con gustos por la comida oriental, actualmente en creciente auge. La segunda, una salsa de marinado de cerveza, la cual está enfocada a un consumidor más adulto con gusto por la carne a la parrilla (barbacoa) que potencia ese sabor tan característico. Se procedió a la búsqueda de los diferentes ingredientes de las salsas, control de cantidades y elaboración. Para ello se realizaron 3 formulaciones de salsa Teriyaki y 2 formulaciones de marinado de cerveza, como queda reflejado en la tabla 5.

Finalmente, tras una evaluación sensorial hedónica en el que se demostró el grado de satisfacción que causó el producto (Anexo III), en la que participaron 8 voluntarios reclutados en el Departamento de Agronomía, Biotecnología y Alimentación de la Universidad Pública de Navarra, se obtuvo como valoración global la elección de las formulaciones C y E. Dichas salsas son las que se elaboraron posteriormente para su adición como ingrediente al plato final del experimento 2.

Tabla 5. Formulaciones salsa Teriyaki y marinado de cerveza (%).

Salsa Teriyaki			Marinado de cerveza			
Ingrediente	A	B	C	Ingrediente	D	E
Zumo de piña	71	56	71	Cerveza	79,9	79,9
Salsa de soja	16	31	16	Mermelada de naranja	8,9	10,7
Vino blanco	5,9	5,9	5,9	Azúcar	5,9	7,8
Vinagre de manzana	4	4	4	Ajo en polvo	1,8	0,3
Azúcar	3,4	3,4	3,4	Mostaza	1,2	1,2
Sal	0,8	0,8	0,8	Sal	1,2	1,2
Jengibre	0,16	0,08		Jengibre	0,60	0,10
Ajo en polvo	-	-	0,1			

Tabla 6. Formulación final de las salsas Teriyaki y marinado de cerveza (%).

TERIYAKI (SALSA 1)		MARINADO DE CERVEZA (SALSA 2)	
Zumo de piña	71	Cerveza	79,9
Salsa de soja	16	Mermelada de naranja	10,7
Vino blanco	5,9	Azúcar	7,8
Vinagre de manzana	4	Mostaza	1,2
Azúcar	3,4	Sal	1,2
Sal	0,8	Jengibre	0,1
Ajo en polvo	0,1	Ajo en polvo	0,3

b) Determinación del número de muestras y ensayos

Una vez fijadas las temperaturas de cocinado en el experimento 1 (70°C y 80°C), se decidió introducir un nuevo tiempo, de 60 min, para evaluar si con un tiempo menor la carne se terminaba de cocinar y de esta manera poder ahorrar consumo de energía del baño de cocción y tiempo de tratamiento. Por otro lado, se mantuvieron los tratamientos de cocción de 90 y 120 minutos. Por tanto, con dichas combinaciones de tiempo y temperatura (véase tabla 7), se necesitaron un total de 24 muestras de carne de vacuno (entrecot). Al igual que en el experimento 1, se mantuvo el peso por muestra de una ración estándar, de 100 ± 10 g, junto con la cantidad de salsa correspondiente para cada muestra (relación 80/20), dicha salsa se mantuvo en marinación con la carne durante media hora antes del cocinado.



Figura 9. Carne marinada antes de someterse a tratamiento térmico.

Tabla 7. Combinaciones de tiempo-temperatura y número de muestras en carne de vacuno.

Salsa	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	N.º Muestras
Teriyaki	70	60	2
		90	2
		120	2
	80	60	2
		90	2
		120	2
Marinado de cerveza	70	60	2
		90	2
		120	2
	80	60	2
		90	2
		120	2



Figura 10. Apariencia de la carne sometida a cocción sous-vid a 70°C durante 90 minutos.

c) Mediciones realizadas en el producto acabado

Las pruebas que se realizaron al producto fueron:

- Determinación de pH de carne cruda, carne cruda marinada y carne cocinada.
- Determinación de color: valores de luminosidad (L*), rojez (a*), amarillez (b*), índice de croma (C*) y $h = \arctan b^*/a^*$, tanto para carne cruda como para carne cocinada.
- Medida de la resistencia al corte del producto cocinado, tomada a una temperatura interna de la carne de 40°C (temperatura de ingesta del producto).

d) Preparación y ejecución de la prueba de análisis sensorial

Las pruebas afectivas pretenden evaluar el grado de aceptación y preferencia de un producto determinado empleando el criterio subjetivo de los catadores. En la mayoría de los casos, los jueces corresponden a consumidores no entrenados en la descripción de preferencias, donde su evaluación se basa en gustos. Para esta evaluación se usaron frases sencillas y lógicas que cualquier consumidor pudiera identificar; deben ser enfocadas en decisión de compra y aceptación general (Sánchez and Albarracín, 2010).

Los métodos de preparación de las muestras para análisis sensorial son función de variables de temperatura de cocción, tiempo y sistema de empaque que marcan las diferencias significativas y alta variabilidad en la preparación de las muestras del análisis sensorial. En general, las muestras se obtienen de carne previamente congelada para el análisis, siguiendo un protocolo de descongelación, corte de músculo, cocción, atemperado, almacenado y presentación hacia los catadores. El almacenado de las muestras se realizó en función de la disponibilidad de los catadores y la programación de las sesiones de evaluación. Es recomendable mantener las muestras a temperaturas inferiores a los -20°C por periodos variables entre 1 a 7 días antes de la cocción. Las muestras previamente congeladas a una temperatura inferior a los -20°C tienen un proceso de descongelación lento por un periodo de 24 a 48 h hasta tener una temperatura interna entre 0 y 3°C (Sánchez and Albarracín, 2010).

Para la evaluación de la calidad sensorial final del producto, se llevó a cabo una prueba sensorial hedónico junto con otro proyecto de investigación basado en el diseño y desarrollo de un producto con base de proteína vegetal. Se utilizaron cuatro cabinas, cada una con cuatro muestras (dos de proteína animal y dos de proteína vegetal), es decir, un total de dieciséis muestras. Se seleccionaron los tratamientos que mejor reaccionaban al grado de cocción. Las muestras se mantuvieron a 40°C en el momento del análisis sensorial empleando diferentes calentadores, puesto que es la temperatura habitual de consumo de un plato preparado, además de que dicha temperatura influye en los compuestos aromáticos del producto.

El análisis sensorial se realizó en la sala de catas de la Universidad Pública de Navarra, en el departamento de Tecnología de Alimentos y participaron cuarenta y tres personas. Los evaluadores entraban en la sala de catas de cuatro en cuatro personas y debían rellenar la ficha de análisis sensorial asignada (Anexo III).

Evaluaron parámetros importantes en la calidad de la carne como aroma, intensidad, persistencia, color, impresión global, etc. y valoraron diferencias entre ambos tipos de productos. Se empleó para ello una escala numérica (del 1 al 7), siendo el 1 el valor “me disgusta mucho” y 7 “me gusta mucho”. Para el descriptor del aroma, los jueces evaluaron los diferentes productos con luz roja en la sala, para que el olor que percibían no fuera influenciado por el color de las diferentes carnes y no se obtuvieran así resultados erróneos. Para la evaluación del resto de parámetros, se realizó el análisis con luz blanca.

Las muestras se presentaban codificadas con códigos de tres números:

- 369: Vacuno con salsa Teriyaki (tratamiento de 90 minutos a 70°C)
- 969: Vacuno con marinado de cerveza (tratamiento de 90 minutos a 70°C)
- 811: Vegetal con salsa Teriyaki (tratamiento de 120 minutos a 70°C)
- 151: Vegetal con marinado de cerveza (tratamiento de 120 minutos a 70°C)

En cada cabina, se alternó siempre las muestras de proteína animal y vegetal tal y como aparecen en el esquema de la figura 11.

1	393	811	969	151
2	151	393	811	969
3	811	969	151	393
4	969	151	393	811

Figura 11. Representación del orden de las muestras.

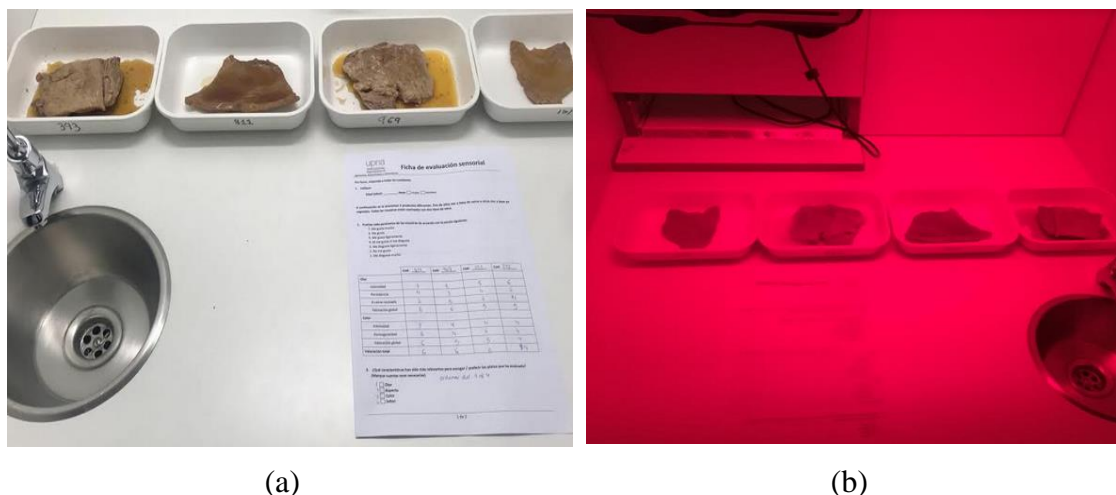


Figura 12. Disposición de las muestras en cabina para el análisis sensorial (a), evaluación del descriptor del olor con luz roja (b)

3.6.4 Análisis estadístico

Los resultados estadísticos se realizaron con el programa estadístico SPSS Statistics V22.0.0 (IBM Corp., New York, EEUU). Se realizaron análisis descriptivos (media y desviación estándar de la media) para el pH, color y textura. Mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un factor se compararon los efectos de los tratamientos y posteriormente se aplicó el test de Tukey para efectuar comparaciones múltiples entre los valores medios de los tratamientos.

El nivel de significación para todos los análisis fue $P < 0,05$. Todos los resultados del análisis ANOVA quedan registrados en el anexo II.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Experimento 1

En la tabla 8 se recogen los valores de fuerza (expresados en N) de la prueba de resistencia al corte con el método Warner Bratzler. Como se puede ver los resultados están comprendidos entre el rango 26,9 y 55,8 N. Dichos valores representan la fuerza máxima de rotura de la carne que se corresponde con la terneza de la misma. La dispersión de los datos viene dada por la desviación típica, en la mayoría de los casos no supera valores de 20.

Estos resultados de fuerza (N) son comparables a los realizados en diversos estudios, como por ejemplo los realizados con el mismo método WBSF de (Sánchez and Albarracín, 2010) en los que se obtuvieron valores comprendidos entre el rango 46,1-

58,8 N, cuyas muestras fueron cocinadas en un baño de cocción hasta alcanzar una temperatura interna del producto de 71°C.

Al realizar esta prueba de medida de terneza de la carne, se observó que los tratamientos aplicados a las diferentes muestras de carne eran adecuados, puesto que los valores obtenidos se asemejaban a los consultados en el estudio anterior, por lo que se decidió mantener en el siguiente experimento 2 las temperaturas y tiempos empleados.

Tabla 8. Resultados de la textura de la carne de vacuno medida con la técnica instrumental WBSF (n= 7; n° de repeticiones de la medida en cada muestra).

Salsa	Temp (°C)	Tiempo (min)	N° Muestra	Media Fuerza (N)
Soja	70	90	1	51,0 ± 15,2
			2	33,1 ± 4,9
	120	1	55,3 ± 4,7	
		2	31,9 ± 6,1	
	80	90	1	26,1 ± 6,8
			2	55,8 ± 6,6
120	1	37,7 ± 6,1		
	2	46,3 ± 5,2		
Barbacoa	70	90	1	41,8 ± 14,9
			2	51,6 ± 8,0
	120	1	24,3 ± 4,9	
		2	36,4 ± 15,0	
	80	90	1	43,0 ± 6,1
			2	46,6 ± 21,7
120	1	45,1 ± 11,5		
	2	26,9 ± 19,8		

4.2 Experimento 2

Se constituyó una nueva variable (tabla 9) para evaluar mediante un ANOVA el efecto combinado de los tiempos y temperaturas en el pH, color y textura.

Tabla 9. Nueva variable "combinación" de los factores tiempos y temperaturas.

Temp (°C)	Tiempo (min)	Combinación
70	60	1
	90	2
	120	3
80	60	4
	90	5
	120	6

4.2.1 pH

En la tabla 13 (Anexo I) se recogen los valores de pH de la carne en cada estado de la misma durante el tratamiento: cruda, cruda marinada con salsa Teriyaki y cerveza y cocinada. Se puede observar que, en las muestras de carne marinadas, los valores de pH se encuentran entre 5-6, siendo valores de pH normales para la carne cruda de vacuno. En cambio, en todas las muestras de carne cruda marinada, el pH baja considerablemente por acción de los ácidos de ambas salsas. Finalmente, en la carne cocinada los valores de pH vuelven a incrementarse de manera similar a los de pH de la carne cruda.

Existieron diferencias significativas para la variable pH en relación con la variable estado de la carne (anexo II- Tabla 16). Se realizó entonces el análisis ANOVA entre grupos, el cual dio como resultado diferencias significativas en la carne cruda y cocinada. Esto expresa las variaciones de pH que hubo, pero no en la carne marinada (anexo II-tabla 17). Se comparó la nueva variable combinación tiempo-temperatura con los diferentes estados de la carne para el pH, y se obtuvieron diferencias entre grupos, las cuales están representadas en la tabla 13 junto con las medias.

4.2.2 Color instrumental

En la tabla 14 (Anexo I) se representan los valores de los parámetros de color: luminosidad (L^*), rojez (a^*), amarillez (b^*), índice de croma (C^*) y $h = \arctan b^*/a^*$ (ángulo del tono), de todas las muestras con los diferentes tratamientos de cocción (tiempo y temperatura).

Las diferencias más notorias existieron en el parámetro a^* de rojez entre la carne cruda y la carne cocinada, por el tratamiento térmico aplicado, siendo valores mucho más altos en la carne cruda. Los valores de amarillez (b^*) fueron superiores en la carne cocinada y la luminosidad (L^*) presentó grandes diferencias, siendo mucho más elevada en la carne cocinada.

Se vio que la adición de salsa presentó diferencias significativas en todos los parámetros de color, excepto en h (ángulo de tono) (Anexo II- tabla 15). La variable estado de la carne presentó diferencias significativas en todos los parámetros de color (Anexo II-tabla 16).

Se realizó el ANOVA para la variable color en función de la salsa y estado de la carne, y se observó que en la mayoría de los casos los parámetros del color presentaban diferencias significativas. Esto quiere decir que la adición de salsa a la carne y el estado de la carne influencia el color (Anexo- Tabla 18).

Las diferentes 6 combinaciones de tiempo-temperatura presentaron diferencias significativas en todos los parámetros de color, es decir, ha habido diferencias entre los subgrupos homogéneos como se presenta en la tabla 14. Estos resultados fueron comparables a los de otros estudios realizados evaluando los parámetros de color de la carne habiendo aplicado tratamiento *sous-vide*, donde se encontraron igualmente diferencias significativas entre la carne cruda y cocinada en la rojez a^* y amarillez b^* (Botinestean *et al.*, 2016).

4.2.3 Textura instrumental

Para realizar el análisis estadístico de textura, en primer lugar, se quiso comprobar si existían diferencias significativas entre el marinado (tipo de salsa) y la variable fuerza. (Anexo II- Tabla 19). No se obtuvieron diferencias, por lo que se realizó el análisis con la nueva variable, que era la combinación de los diferentes tiempos y temperaturas de

cocinado. Se analizó dicha variable con la variable fuerza (N), donde existieron diferencias significativas en todas las combinaciones (Anexo II- Tabla 20), puesto que la aplicación de diferentes tratamientos térmicos con diferentes duraciones a la carne influye considerablemente en la textura final de esta.

Se obtuvieron diversos subconjuntos como resultado del ANOVA entre la fuerza y la combinación de tiempos y temperaturas. Se concluyó que, efectivamente, existieron diferentes subgrupos debido a las grandes diferencias de valores de fuerza, dada la estructura heterogénea de la carne. Las diferencias grupales quedan reflejadas en la tabla 10. En estas comparaciones por grupos, para un mismo subgrupo con resultados similares se puede escoger el tratamiento térmico que menos consume energéticamente, es decir, la que más ahorro proporcione: cocción a 70°C durante 60 minutos.

Tabla 10. Resultados de la textura de la carne de vacuno medida con la técnica instrumental WBSF (n=7; n° de repeticiones de la medida en cada muestra).

Nº muestra	Temp (°C)	Tiempo (min)	Media Fuerza (N)
1	70	60	54,4 ± 7,5 ^c
2	70	90	41,6 ± 14,4 ^{abc}
3	70	120	35,6 ± 13,2 ^{ab}
4	80	60	35,9 ± 8,7 ^{abc}
5	80	90	53,6 ± 4,0 ^{bc}
6	80	120	49,2 ± 14,1 ^a
7	70	60	32,6 ± 9,5 ^c
8	70	90	19,4 ± 5,3 ^{abc}
9	70	120	45,8 ± 9,5 ^{ab}
10	80	60	37,1 ± 13,9 ^{abc}
11	80	90	49,3 ± 5,7 ^{bc}
12	80	120	25,1 ± 7,0 ^a
13	70	60	55,7 ± 5,3 ^c
14	70	90	48,5 ± 9,0 ^{abc}
15	70	120	30,6 ± 6,0 ^{ab}
16	80	60	34,0 ± 11,2 ^{abc}
17	80	90	30,3 ± 10,6 ^{bc}
18	80	120	27,7 ± 8,5 ^a
19	70	60	42,1 ± 11,4 ^c
20	70	90	49,5 ± 9,6 ^{abc}
21	70	120	32,0 ± 10,0 ^{ab}
22	80	60	41,0 ± 7,1 ^{abc}
23	80	90	39,2 ± 15,7 ^{bc}
24	80	120	23,0 ± 5,5 ^a

En la tabla 18 se recogen los valores de fuerza (expresadas en N) de la prueba de resistencia al corte Warner Bratzler. Como se puede ver los resultados están comprendidos entre el rango de 23,0 a 55,7 N. Dichos valores representan la fuerza máxima de rotura de la carne que se corresponde con la ternura de la misma. La dispersión de los datos viene dada por la desviación típica, en la mayoría de los casos no supera valores de 15,7 N.

Se pudo concluir que las combinaciones con valores de fuerza menores han sido la 3: $35,99 \pm 5,4$ N (70°C durante 120 minutos) y la 6: $31,25 \pm 7,2$ N (80°C durante 120 minutos), es decir, se trataban de muestras de carne más blandas y tiernas. Estos valores pueden compararse con otros obtenidos en diversos estudios, como valores de fuerza de 27,80 y 26,57 N en carne de vacuno sometida a tratamiento térmico *sous-vide* a 60°C durante 270 minutos (Botinestean *et al.*, 2016).

4.2.4 Análisis sensorial

El análisis sensorial fue realizado por 18 hombres y 25 mujeres, con un rango de edad entre 20 y 50 años. Los valores promedios de las puntuaciones que asignaron a cada atributo de las muestras cárnicas se refleja en la tabla 11.

La puntuación global de la muestra con salsa Teriyaki fue inferior a la de la elaborada con marinado de cerveza. La mayor parte de los parámetros fueron valorados entorno al valor 4, es decir, “Ni me gusta ni me disgusta”. *Grosso modo* la muestra de vacuno con marinado de cerveza fue la que mayor puntuación recibió.

Tabla 11. Valores promedio de puntuación de olor en muestras de carne de vacuno sometidas a cocción *sous-vide* (90 minutos a 70°C).

Olor (promedio)	Carne de vacuno con salsa Teriyaki		Carne de vacuno con marinado de cerveza	
	hombre	mujer	hombre	mujer
Intensidad	4,1	4,0	4,7	4,1
Persistencia	3,7	3,9	4,2	3,8
Carne cocida	3,8	4,0	4,7	4,0
Global	3,8	3,9	4,7	4,1

De manera similar, para la evaluación del color, la valoración fue levemente superior en la muestra con marinado de cerveza, con valores cercanos a la puntuación 4, como se aprecia en la tabla 12. La mayor parte de los parámetros fueron valorados entorno al 4.

Tabla 12. Valores promedio de puntuación de color en muestras de carne de vacuno sometidas a cocción *sous-vide* (90 minutos a 70°C).

Color (promedio)	Carne de vacuno con salsa Teriyaki		Carne de vacuno con marinado de cerveza	
	hombre	mujer	hombre	mujer
Intensidad	3,6	3,6	3,8	3,9
Homogeneidad	3,6	3,9	3,6	3,6
Global	3,6	4,1	3,9	4,0

En la figura 13 se pueden apreciar las diferencias de valoración en las dos muestras cárnicas. De modo general se puede decir que la muestra 969 (marinada con salsa de cerveza) obtuvo unas puntuaciones más altas en los diferentes parámetros de olor evaluados.

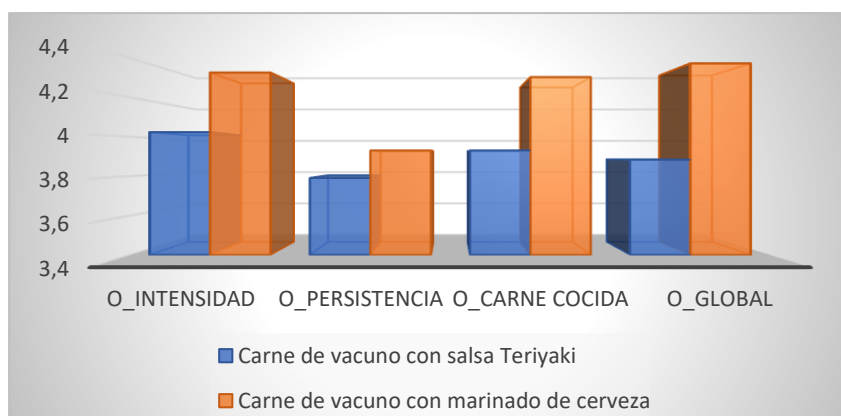


Figura 13. Valoración de la variable olor en una escala del 1 al 7 en las dos muestras cárnicas.

En la figura 14, se reflejan las diferencias de valoración en las dos muestras cárnicas. El color fue más intenso en la carne marinada con cerveza al igual que la valoración global del color. Mientras que la homogeneidad de color fue más alta en la muestra marinada con salsa Teriyaki.

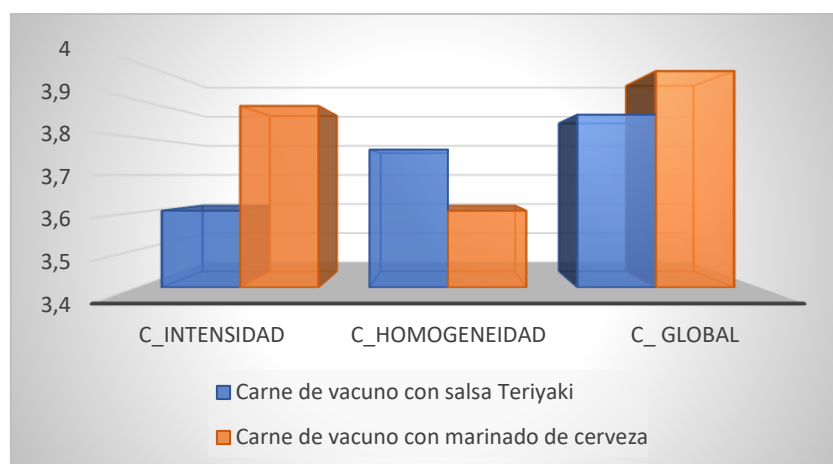


Figura 14. Valoración de la variable color en una escala del 1 al 7 en las dos muestras cárnicas.

Se realizó un análisis ANOVA para determinar la existencia de diferencias significativas entre las muestras y todos los resultados de los distintos descriptores tanto de olor y color no fueron significativos (Anexo II- Tabla 21), por lo que no se puede concluir que los jueces encontraron diferencias entre los distintos parámetros. Fueron resultados bastante lineales sin grandes contrastes de respuesta.

5. CONCLUSIONES

De las condiciones en que se llevó a cabo el presente estudio se han obtenido las siguientes conclusiones respecto a la cocción *sous-vide* para obtener un plato a base de la carne marinada:

1. El cocinado a bajas temperaturas, con independencia del tiempo, permite obtener carnes más tiernas y con menores pérdidas de color.
2. El marinado con distintas salsas comerciales supone grandes diferencias en la mayoría de parámetros del color.
3. Desde el punto de vista sensorial no se generan especiales impresiones en cuanto al producto acabado, pero tampoco disgusta.
4. Tras todos los ensayos realizados con diferentes combinaciones de tiempo y temperatura y evaluando diferentes parámetros como pH, color y textura se obtuvieron resultados positivos en cuanto a ternura y color.
5. Se consiguió desarrollar un producto de alto valor proteico con un novedoso tratamiento de cocinado que se podría comercializar como plato preparado, y por tanto, listo para el consumo.

6. BIBLIOGRAFÍA

Aaslyng, M. D. and Meinert, L. (2017) 'Meat flavour in pork and beef – From animal to meal', *Meat Science*. Elsevier, 132(February), pp. 112–117. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.04.012.

Baldwin, D. E. (2012) 'Sous vide cooking: A review', *International Journal of Gastronomy and Food Science*. Elsevier, 1(1), pp. 15–30. doi: 10.1016/j.ijgfs.2011.11.002.

Botinestean, C. *et al.* (2016) 'The effect of thermal treatments including sous-vide, blast freezing and their combinations on beef tenderness of *M. semitendinosus* steaks targeted at elderly consumers', *LWT - Food Science and Technology*, 74, pp. 154–159. doi: 10.1016/j.lwt.2016.07.026.

Carbajal Azcona A. (2016) 'Manual de Nutrición y Dietética Raciones recomendadas para la población adulta española', pp. 1–5. Available at: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/429-2016-03-06-Raciones-recomendadas-SENC-2016.pdf>.

Dhanda, J. S. *et al.* (2002) 'Palatability of bison semimembranosus and effects of marination', *Meat Science*, 62(1), pp. 19–26. doi: 10.1016/S0309-1740(01)00222-4.

'Dietary Reference Values for nutrients Summary report' (2017) *EFSA Supporting Publications*, 14(12). doi: 10.2903/sp.efsa.2017.e15121.

Drosinos, E. H. *et al.* (2006) 'Inhibitory effect of organic acid salts on spoilage flora in culture medium and cured cooked meat products under commercial manufacturing conditions', *Meat Science*, 73(1), pp. 75–81. doi: 10.1016/j.meatsci.2005.11.003.

Escriba-Perez, C. *et al.* (2017) 'Consumer profile analysis for different types of meat in

Spain', *Meat Science*. Elsevier Ltd, 129, pp. 120–126. doi: 10.1016/j.meatsci.2017.02.015.

García-Segovia, P., Andrés-Bello, A. and Martínez-Monzó, J. (2007) 'Effect of cooking method on mechanical properties, color and structure of beef muscle (*M. pectoralis*)', *Journal of Food Engineering*, 80(3), pp. 813–821. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2006.07.010.

Han, D. J. *et al.* (2011) 'Effects of hot boning and soy sauce on the processing properties of semi-dried beef jerky', *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 31(4), pp. 497–505. doi: 10.5851/kosfa.2011.31.4.497.

Joung, K. Y. *et al.* (2018) 'Effects of sous-vide method at different temperatures, times and vacuum degrees on the quality, structural, and microbiological properties of pork ham', *Meat Science*. Elsevier, 143(April), pp. 1–7. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.04.010.

Ke, S. *et al.* (2009) 'Impact of citric acid on the tenderness, microstructure and oxidative stability of beef muscle', *Meat Science*. Elsevier Ltd, 82(1), pp. 113–118. doi: 10.1016/j.meatsci.2008.12.010.

Kondjoyan, A. *et al.* (2014) 'Towards models for the prediction of beef meat quality during cooking', *Meat Science*. Elsevier Ltd, 97(3), pp. 323–331. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.07.032.

Lebert, I., Dussap, C. G. and Lebert, A. (2005) 'Combined physico-chemical and water transfer modelling to predict bacterial growth during food processes', *International Journal of Food Microbiology*, 102(3), pp. 305–322. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2004.11.021.

Pérez-Juan, M. *et al.* (2012) 'Effect of marination and microwave heating on the quality of Semimembranosus and Semitendinosus muscles from Friesian mature cows', *Meat Science*. Elsevier Ltd, 92(2), pp. 107–114. doi: 10.1016/j.meatsci.2012.04.020.

Resurreccion, A. V. A. (2004) 'Sensory aspects of consumer choices for meat and meat products', *Meat Science*, 66(1), pp. 11–20. doi: 10.1016/S0309-1740(03)00021-4.

Roascio - Albistur, A. and Gámbaro, A. (2018a) 'Consumer perception of a non-traditional market on sous-vide dishes', *International Journal of Gastronomy and Food Science*. Elsevier B.V., 11(March 2017), pp. 20–24. doi: 10.1016/j.ijgfs.2017.10.002.

Roascio - Albistur, A. and Gámbaro, A. (2018b) 'Consumer perception of a non-traditional market on sous-vide dishes', *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 11, pp. 20–24. doi: 10.1016/j.ijgfs.2017.10.002.

Roldán, M. (2014) 'Características físico-químicas, microbiológicas y estructurales de la carne de cordero cocinada al vacío (tesis doctoral)', *Universidad de Extremadura*, Badajoz. Available at: <http://dehesa.unex.es:8080/xmlui/handle/10662/2276>.

Samaniego Andrade, A. C. and Carpio Ayora, Á. E. (2017) *Aplicación del método sous vide en la elaboración, conservación y almacenamiento de diez tipos de cortes de carne de res*.

Sánchez, I. C. and Albarracín, W. (2010) 'Análisis sensorial en carne', *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(2), pp. 227–239. doi: 0120-0690.

Sánchez del Pulgar, J., Gázquez, A. and Ruiz-Carrascal, J. (2012) 'Physico-chemical, textural and structural characteristics of sous-vide cooked pork cheeks as affected by vacuum, cooking temperature, and cooking time', *Meat Science*. Elsevier Ltd, 90(3), pp. 828–835. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.11.024.

Schellekens, M. (1996) 'New research issues in sous-vide cooking', *Trends in Food Science and Technology*, 7(8), pp. 256–262. doi: 10.1016/0924-2244(96)10027-3.

Szerman, N. *et al.* (2012) 'Effect of the addition of conventional additives and whey proteins concentrates on technological parameters, physicochemical properties, microstructure and sensory attributes of sous vide cooked beef muscles', *Meat Science*. Elsevier Ltd, 90(3), pp. 701–710. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.08.013.

Tornberg, E. (2005) 'Effects of heat on meat proteins - Implications on structure and quality of meat products', *Meat Science*, 70(3 SPEC. ISS.), pp. 493–508. doi: 10.1016/j.meatsci.2004.11.021.

Vaudagna, S. R. *et al.* (2002) 'Sous vide cooked beef muscles: Effects of low temperature-long time (LT-LT) treatments on their quality characteristics and storage stability', *International Journal of Food Science and Technology*, 37(4), pp. 425–441. doi: 10.1046/j.1365-2621.2002.00581.x.

7. ANEXOS

7.1 Anexo I. Tablas de resultados

Tabla 13. Resultados de la medida de pH en los diferentes estados de la carne: cruda, cruda marinada con salsa Teriyaki y cerveza, y cocinada (n=4).

Nº muestra	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Estado	Media
1	70	60	CRUDA	7,4 ± 0,2 ^c
			C. SALSА	5,2 ± 0,2
			COCINADA	6,6 ± 0,4 ^b
2	70	90	CRUDA	7,1 ± 0,1 ^c
			C. SALSА	4,9 ± 0,1
			COCINADA	6,2 ± 0,2 ^b
3	70	120	CRUDA	7,0 ± 0,1 ^{b,c}
			C. SALSА	4,8 ± 0,2
			COCINADA	5,8 ± 0,0 ^b
4	80	60	CRUDA	6,8 ± 0,1 ^{a,b}
			C. SALSА	4,5 ± 0,1
			COCINADA	6,2 ± 0,2 ^a
5	80	90	CRUDA	6,1 ± 0,1 ^a
			C. SALSА	4,7 ± 0,0
			COCINADA	5,3 ± 0,1 ^b
6	80	120	CRUDA	6,0 ± 0,1 ^a
			C. SALSА	4,4 ± 0,1
			COCINADA	6,5 ± 0,3 ^b
7	70	60	CRUDA	6,9 ± 0,1 ^c
			C. SALSА	4,6 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
8	70	90	CRUDA	6,6 ± 0,0 ^c
			C. SALSА	4,6 ± 0,1
			COCINADA	5,6 ± 0,1 ^b
9	70	120	CRUDA	6,4 ± 0,0 ^{b,c}
			C. SALSА	4,7 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
10	80	60	CRUDA	6,1 ± 0,1 ^{a,b}
			C. SALSА	4,5 ± 0,1
			COCINADA	5,2 ± 0,1 ^a
11	80	90	CRUDA	6,2 ± 0,0 ^a
			C. SALSА	4,6 ± 0,0
			COCINADA	6,0 ± 0,0 ^b
12	80	120	CRUDA	5,9 ± 0,1 ^a
			C. SALSА	4,7 ± 0,0
			COCINADA	5,8 ± 0,0 ^b

N° muestra	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Estado	Media
13	70	60	CRUDA	6,34 ± 0,1 ^c
			C. SALSА	4,8 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
14	70	90	CRUDA	6,3 ± 0,1 ^c
			C. SALSА	4,9 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
15	70	120	CRUDA	6,2 ± 0,0 ^{b,c}
			C. SALSА	5 ± 0,2
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
16	80	60	CRUDA	5,8 ± 0,0 ^{a,b}
			C. SALSА	5,1 ± 0,1
			COCINADA	5,5 ± 0,1 ^a
17	80	90	CRUDA	5,8 ± 0,7 ^a
			C. SALSА	5,0 ± 0,1
			COCINADA	5,9 ± 0,0 ^b
18	80	120	CRUDA	5,5 ± 0,2 ^a
			C. SALSА	5,8 ± 0,0
			COCINADA	5,8 ± 0,0 ^b
19	70	60	CRUDA	6,2 ± 0,0 ^c
			C. SALSА	4,9 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
20	70	90	CRUDA	6,1 ± 0,2 ^c
			C. SALSА	5,0 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
21	70	120	CRUDA	5,9 ± 0,1 ^{b,c}
			C. SALSА	5,0 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,0 ^b
22	80	60	CRUDA	5,7 ± 0,1 ^{a,b}
			C. SALSА	5,1 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,1 ^a
23	80	90	CRUDA	5,6 ± 0,0 ^a
			C. SALSА	5,1 ± 0,1
			COCINADA	5,7 ± 0,1 ^b
24	80	120	CRUDA	5,6 ± 0,0 ^a
			C. SALSА	4,9 ± 0,0
			COCINADA	5,8 ± 0,0 ^b

Tabla 14. Resultados de la medida de color durante los diferentes estados de la carne: cruda, cruda marinada con salsas Teriyaki y cerveza, y cocinada (n=4). Luminosidad (L*), rojez (a*), amarillez (b*), índice de croma (C*) y $h = \arctan b^*/a^*$ (ángulo de tono).

Nº muestra	Temp (°C)	Tiempo (min)	Estado	a*	b*	C*	L*	h
1	70	60	CRUDO	16,1 ± 4,2 ^{a,b}	7,6 ± 2,4 ^{b,c}	17,8 ± 4,8 ^{a,b}	38,9 ± 6,4 ^{a,b,c}	25,0 ± 2,1 ^{a,b}
			COCINADO	9,7 ± 0,6 ^{a,b}	12,7 ± 1,9 ^a	16,0 ± 1,2 ^{a,b}	42,5 ± 6,3 ^{a,b}	52,2 ± 5,7
2	70	90	CRUDO	19,3 ± 4,2 ^b	10,9 ± 2,9 ^c	20,2 ± 2,6 ^b	46,9 ± 6,8 ^c	48,5 ± 1,6 ^b
			COCINADO	9,7 ± 0,6 ^{a,b}	14,3 ± 0,8 ^{a,b}	16,9 ± 0,7 ^b	48,5 ± 1,6 ^{a,b}	29,3 ± 3,2
3	70	120	CRUDO	22,8 ± 3,7 ^{a,b}	12,1 ± 1,8 ^{b,c}	25,8 ± 4,0 ^{a,b}	43,9 ± 3,6 ^{b,c}	28,0 ± 1,6 ^b
			COCINADO	9,9 ± 1,0 ^b	14,4 ± 0,8 ^{a,b}	17,9 ± 0,1 ^{a,b}	47,6 ± 2,9 ^a	56,4 ± 4,1
4	80	60	CRUDO	17,3 ± 3,6 ^a	8,1 ± 2,8 ^{a,b}	19,2 ± 4,3 ^a	38,1 ± 1,1 ^{a,b}	24,7 ± 4,4 ^{a,b}
			COCINADO	9,2 ± 0,4 ^a	13,6 ± 1,5 ^a	16,4 ± 1,3 ^a	44,1 ± 4,6 ^{a,b}	55,8 ± 2,8
5	80	90	CRUDO	14,6 ± 2,3 ^a	8,3 ± 1,9 ^{a,b}	16,8 ± 3,0 ^a	35,1 ± 4,4 ^a	29,5 ± 1,5 ^{a,b}
			COCINADO	6,6 ± 0,4 ^{a,b}	14,8 ± 0,2 ^{a,b}	16,2 ± 0,1 ^{a,b}	55,6 ± 4,0 ^{a,b}	65,9 ± 1,6
6	80	120	CRUDO	12,1 ± 2,3 ^a	5,5 ± 2,2 ^a	13,5 ± 2,4 ^a	33,4 ± 11,1 ^{a,b}	24,4 ± 8,8 ^a
			COCINADO	9,5 ± 0,6 ^{a,b}	16,0 ± 1,3 ^b	18,6 ± 1,4 ^b	51,1 ± 3,1 ^b	59,4 ± 0,6
7	70	60	CRUDO	23,1 ± 3,0 ^{a,b}	12,4 ± 2,3 ^{b,c}	26,2 ± 3,7 ^{a,b}	40,7 ± 1,9 ^{a,b,c}	28,2 ± 1,5 ^{a,b}
			COCINADO	9,7 ± 0,5 ^{a,b}	15,3 ± 0,3 ^a	18,1 ± 0,4 ^{a,b}	51,9 ± 3,1 ^{a,b}	57,6 ± 1,3
8	70	90	CRUDO	27,3 ± 1,7 ^b	15,9 ± 0,6 ^c	31,6 ± 1,7 ^b	45,6 ± 1,6 ^c	30,2 ± 0,8 ^b
			COCINADO	11,4 ± 0,9 ^{a,b}	16,8 ± 1,2 ^{a,b}	20,3 ± 1,1 ^b	44,2 ± 2,4 ^{a,b}	55,8 ± 2,6
9	70	120	CRUDO	15,2 ± 2,5 ^{a,b}	10,5 ± 0,6 ^{b,c}	18,5 ± 2,1 ^{a,b}	42,1 ± 1,4 ^{b,c}	35,1 ± 4,3 ^b
			COCINADO	11,7 ± 1,8 ^b	16,8 ± 1,2 ^{a,b}	18,9 ± 1,3 ^{a,b}	42,9 ± 2,7 ^a	52,0 ± 3,9
10	80	60	CRUDO	15,8 ± 1,9 ^a	7,9 ± 2,0 ^{a,b}	17,8 ± 2,4 ^a	36,4 ± 1,5 ^{a,b}	26,4 ± 4,4 ^{a,b}
			COCINADO	7,4 ± 0,4 ^a	14,5 ± 0,7 ^a	16,3 ± 0,5 ^a	54,5 ± 1,9 ^{a,b}	62,9 ± 2,3
11	80	90	CRUDO	16,6 ± 5,4 ^a	7,8 ± 3,2 ^{a,b}	18,4 ± 6,3 ^a	33,2 ± 3,1 ^a	24,5 ± 2,8 ^{a,b}
			COCINADO	11,2 ± 1,0 ^{a,b}	15,3 ± 1,7 ^{a,b}	19,0 ± 1,4 ^{a,b}	45,7 ± 2,8 ^{a,b}	53,6 ± 4,3
12	80	120	CRUDO	17,7 ± 1,9 ^a	6,8 ± 1,5 ^a	19,0 ± 1,9 ^a	40,6 ± 1,5 ^{a,b}	21,1 ± 4,8 ^a
			COCINADO	9,2 ± 0,3 ^{a,b}	15,9 ± 0,1 ^b	18,4 ± 0,1 ^b	55,8 ± 1,7 ^b	59,6 ± 1,3

Nº muestra	Temp (°C)	Tiempo (min)	Estado	a*	b*	C*	L*	h
13	70	60	CRUDO	19,5 ± 1,5	11,5 ± 2,6	22,7 ± 2,4	45,4 ± 5,1	30,2 ± 4,5 ^{a,b}
			COCINADO	10,8 ± 1,3 ^{b,c}	14,2 ± 1,3 ^a	17,9 ± 1,3 ^a	44,2 ± 3,5 ^a	52,8 ± 4,5 ^{a,b}
14	70	90	CRUDO	24,5 ± 3,0	13,5 ± 2,0	28,0 ± 3,5	42,8 ± 0,9	28,8 ± 2,5 ^a
			COCINADO	11,54 ± 1,3 ^c	16,0 ± 1,0 ^a	19,7 ± 0,8 ^{a,b}	46,6 ± 5,4 ^a	54,1 ± 4,2 ^a
15	70	120	CRUDO	24,0 ± 5,1	12,3 ± 3,1	26,9 ± 6,0	38,9 ± 1,3	26,9 ± 1,4 ^a
			COCINADO	11,8 ± 0,6 ^c	16,2 ± 1,4 ^a	20,0 ± 1,5 ^{a,b}	41,5 ± 3,4 ^a	53,9 ± 1,0 ^{a,b}
16	80	60	CRUDO	14,2 ± 2,89	10,4 ± 0,9	17,7 ± 2,5	42,0 ± 7,5	36,6 ± 5,4 ^b
			COCINADO	9,6 ± 0,7 ^{a,b}	15,2 ± 0,2 ^{a,b}	18,0 ± 0,4 ^a	55,1 ± 4,6 ^b	57,7 ± 1,8 ^{a,b}
17	80	90	CRUDO	21,5 ± 1,9	11,5 ± 0,7	24,4 ± 1,4 ^b	43,6 ± 2,4	28,3 ± 3,2 ^{a,b}
			COCINADO	11,6 ± 2,2 ^{a,b,c}	25,4 ± 5,9 ^{a,b}	28,4 ± 6,6 ^b	55,3 ± 2,5 ^b	65,3 ± 1,2 ^b
18	80	120	CRUDO	22,1 ± 1,4	13,2 ± 0,6	25,7 ± 1,5	41,5 ± 0,9	31,0 ± 0,5 ^{a,b}
			COCINADO	10,6 ± 1,2 ^a	16,2 ± 1,3 ^b	19,3 ± 1,5 ^{a,b}	52,3 ± 3,0 ^b	56,9 ± 2,2 ^b
19	70	60	CRUDO	21,2 ± 4,9	11,5 ± 2,2	24,1 ± 5,3	42,2 ± 7,7	28,7 ± 2,7 ^{a,b}
			COCINADO	12,0 ± 0,9 ^{b,c}	15,7 ± 1,1 ^a	19,8 ± 0,7 ^a	44,3 ± 5,0 ^a	52,4 ± 3,6 ^{a,b}
20	70	90	CRUDO	17,3 ± 2,8	8,4 ± 1,1	19,4 ± 2,2	41,8 ± 8,7	26,3 ± 4,6 ^a
			COCINADO	11,9 ± 0,5 ^c	15,7 ± 1,1 ^a	19,7 ± 0,7 ^{a,b}	42,6 ± 3,7 ^a	43,9 ± 19,3 ^a
21	70	120	CRUDO	18,5 ± 1,0	9,7 ± 2,8	21,1 ± 1,3	48,1 ± 3,6	27,6 ± 7,4 ^a
			COCINADO	11,8 ± 0,9 ^c	17,0 ± 1,4 ^a	20,7 ± 1,2 ^{a,b}	42,9 ± 6,5 ^a	55,3 ± 3,1 ^{a,b}
22	80	60	CRUDO	19,5 ± 1,5	12,9 ± 1,2	23,4 ± 1,9	49,2 ± 1,4	33,4 ± 0,5 ^b
			COCINADO	8,9 ± 0,8 ^{a,b}	15,1 ± 3,7 ^{a,b}	17,6 ± 3,2 ^a	53,7 ± 5,8 ^b	58,9 ± 6,3 ^{a,b}
23	80	90	CRUDO	19,8 ± 3,5	13,2 ± 1,1	23,8 ± 3,5	44,4 ± 1,7	33,8 ± 2,2 ^{a,b}
			COCINADO	9,1 ± 1,8 ^{a,b,c}	16,3 ± 1,1 ^{a,b}	18,7 ± 1,5 ^b	52,4 ± 4,4 ^b	60,8 ± 4,5 ^b
24	80	120	CRUDO	20,9 ± 3,8	13,4 ± 1,7	24,9 ± 3,9	47,5 ± 5,2	32,8 ± 2,9 ^{a,b}
			COCINADO	7,1 ± 0,5 ^a	18,2 ± 0,3 ^b	19,5 ± 0,4 ^{a,b}	59,5 ± 0,5 ^b	68,7 ± 1,2 ^b

7.2 Anexo II. Tablas del ANOVA

Tabla 15. Análisis ANOVA para el factor salsa relacionado con las variables pH y color.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	1,116	1	1,116	2,334	,128
	Dentro de grupos	136,798	286	,478		
	Total	137,915	287			
a*	Entre grupos	115,910	1	115,910	3,553	,061
	Dentro de grupos	6197,888	190	32,620		
	Total	6313,798	191			
b*	Entre grupos	204,084	1	204,084	14,213	,000
	Dentro de grupos	2728,247	190	14,359		
	Total	2932,331	191			
c*	Entre grupos	337,133	1	337,133	18,470	,000
	Dentro de grupos	3468,103	190	18,253		
	Total	3805,236	191			
L*	Entre grupos	283,144	1	283,144	5,712	,018
	Dentro de grupos	9417,634	190	49,566		
	Total	9700,777	191			
h	Entre grupos	71,957	1	71,957	,303	,583
	Dentro de grupos	45120,371	190	237,476		
	Total	45192,327	191			

Tabla 16. Análisis ANOVA para factor estado relacionado con las variables pH y color.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
pH	Entre grupos	96,193	2	48,097	328,550	,000
	Dentro de grupos	41,721	285	,146		
	Total	137,915	287			
a*	Entre grupos	4027,286	1	4027,286	334,651	,000
	Dentro de grupos	2286,512	190	12,034		
	Total	6313,798	191			
b*	Entre grupos	1290,598	1	1290,598	149,363	,000
	Dentro de grupos	1641,733	190	8,641		
	Total	2932,331	191			
c*	Entre grupos	461,528	1	461,528	26,225	,000
	Dentro de grupos	3343,708	190	17,598		
	Total	3805,236	191			
L*	Entre grupos	2470,496	1	2470,496	64,921	,000
	Dentro de grupos	7230,281	190	38,054		
	Total	9700,777	191			
h	Entre grupos	38437,626	1	38437,626	1081,195	,000
	Dentro de grupos	6754,701	190	35,551		
	Total	45192,327	191			

Tabla 17. Análisis ANOVA para las variables pH y estado de la carne.

Estado		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
CRUDO	Entre grupos	10,572	5	2,114	14,107	,000
	Dentro de grupos	13,489	90	,150		
	Total	24,061	95			
CRUDO_SALSA	Entre grupos	,095	5	,019	,286	,920
	Dentro de grupos	5,951	90	,066		
	Total	6,045	95			
COCINADO	Entre grupos	3,452	5	,690	7,610	,000
	Dentro de grupos	8,164	90	,091		
	Total	11,615	95			

Tabla 18. Análisis ANOVA para el parámetro color en función de la salsa y estado de la carne.

Estado	Salsas		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
CRUDO	TERIYAKI	a*	Entre grupos	390,821	5	78,164	4,104	,004
			Dentro de grupos	799,998	42	19,048		
			Total	1190,819	47			
		b*	Entre grupos	275,550	5	55,110	8,384	,000
			Dentro de grupos	276,078	42	6,573		
			Total	551,629	47			
		c*	Entre grupos	519,630	5	103,926	4,226	,003
			Dentro de grupos	1032,903	42	24,593		
			Total	1552,533	47			
		L*	Entre grupos	786,150	5	157,230	7,108	,000
			Dentro de grupos	929,093	42	22,121		
			Total	1715,243	47			
	h	Entre grupos	387,827	5	77,565	4,278	,003	
		Dentro de grupos	761,428	42	18,129			
		Total	1149,255	47				
	CERVEZA	a*	Entre grupos	115,136	5	23,027	1,692	,158
			Dentro de grupos	571,432	42	13,606		
			Total	686,568	47			
		b*	Entre grupos	32,159	5	6,432	1,307	,280
			Dentro de grupos	206,745	42	4,923		
			Total	238,904	47			
		c*	Entre grupos	100,640	5	20,128	1,251	,303
			Dentro de grupos	675,784	42	16,090		
			Total	776,424	47			
L*		Entre grupos	47,552	5	9,510	,339	,887	
		Dentro de grupos	1179,424	42	28,082			
		Total	1226,976	47				
h	Entre grupos	343,757	5	68,751	4,837	,001		
	Dentro de grupos	596,913	42	14,212				
	Total	940,670	47					

Estado	Salsas			Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.	
COCINADO	TERIYAKI	a*	Entre grupos	31,470	5	6,294	2,912	,024	
			Dentro de grupos	90,785	42	2,162			
			Total	122,255	47				
		b*	Entre grupos	26,264	5	5,253	3,240	,015	
			Dentro de grupos	68,083	42	1,621			
			Total	94,347	47				
		c*	Entre grupos	33,725	5	6,745	3,396	,011	
			Dentro de grupos	83,419	42	1,986			
			Total	117,145	47				
		L*	Entre grupos	374,386	5	74,877	2,826	,027	
			Dentro de grupos	1112,909	42	26,498			
			Total	1487,295	47				
	h	Entre grupos	242,077	5	48,415	2,419	,051		
		Dentro de grupos	840,534	42	20,013				
		Total	1082,611	47					
	CERVEZA		a*	Entre grupos	66,235	5	13,247	6,155	,000
				Dentro de grupos	90,392	42	2,152		
				Total	156,627	47			
			b*	Entre grupos	187,989	5	37,598	4,358	,003
				Dentro de grupos	362,335	42	8,627		
				Total	550,324	47			
			c*	Entre grupos	155,603	5	31,121	3,315	,013
				Dentro de grupos	394,342	42	9,389		
				Total	549,945	47			
L*			Entre grupos	1503,350	5	300,670	15,151	,000	
			Dentro de grupos	833,465	42	19,844			
			Total	2336,815	47				
h	Entre grupos	1277,680	5	255,536	5,228	,001			
	Dentro de grupos	2052,806	42	48,876					
	Total	3330,485	47						

Tabla 19. Análisis ANOVA entre las variables salsa y fuerza.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	188,318	1	188,318	1,021	,314
Dentro de grupos	30632,095	166	184,531		
Total	30820,413	167			

Tabla 20. Análisis ANOVA entre las variables combinación de tiempos y temperaturas y fuerza.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3995,666	5	799,133	4,826	,000
Dentro de grupos	26824,746	162	165,585		
Total	30820,413	167			

Tabla 21. Análisis ANOVA entre las variables olor y color del análisis sensorial.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
O_Intensidad	Entre grupos	9,041	3	3,014	1,211	,307
	Dentro de grupos	417,907	168	2,488		
	Total	426,948	171			
O_Persistencia	Entre grupos	3,419	3	1,140	,642	,589
	Dentro de grupos	298,279	168	1,775		
	Total	301,698	171			
O_carne cocida	Entre grupos	39,366	3	13,122	5,359	,002
	Dentro de grupos	411,395	168	2,449		
	Total	450,762	171			
O_global	Entre grupos	9,977	3	3,326	1,511	,214
	Dentro de grupos	369,814	168	2,201		
	Total	379,791	171			
C_intensidad	Entre grupos	5,924	3	1,975	,995	,397
	Dentro de grupos	333,395	168	1,984		
	Total	339,320	171			
C_homogeneidad	Entre grupos	48,233	3	16,078	8,179	,000
	Dentro de grupos	330,233	168	1,966		
	Total	378,465	171			

C_ global	Entre grupos	6,814	3	2,271	1,112	,346
	Dentro de grupos	343,302	168	2,043		
	Total	350,116	171			
VT	Entre grupos	,901	3	,300	,154	,927
	Dentro de grupos	327,535	168	1,950		
	Total	328,436	171			

7.3 Anexo III. Fichas del análisis sensorial

7.3.1 Salsas

FICHA DE ANÁLISIS SENSORIAL

Responda a las siguientes cuestiones:

1. **Sexo:** Hombre () Mujer ()
2. **Edad:**
3. **¿Con que frecuencia consume este producto? Señale con una X.**

	Salsa Teriyaki	Marinado de Cerveza
Todos los días		
Varias veces por semana		
Varias veces al mes		
Ocasionalmente		
Nunca		

4. **Se le presentan 5 muestras de diferentes salsas empleadas para la marinación de la carne.**

Indique en el siguiente cuadro el código de las muestras de izquierda a derecha en el mismo orden que se le presentan. Señale en la siguiente tabla, siendo el 1 el número de menor valor y 7 el número de mayor valor, los siguientes descriptores:

	Cod:	Cod:	Cod:	Cod:	Cod:
Intensidad del color					
Olor					
- Intensidad					
- Persistencia					
Sabor					
- Intensidad					
- Persistencia					
- Acidez					
- Amargor					
- Salado					
Impresión global					

5. **Atendiendo a la aceptabilidad del producto y preferencia de los consumidores, puntúe para cada salsa los atributos que se indican en el cuadro, atendiendo a la siguiente escala:**

5. Me gusta
4. me gusta ligeramente
3. Ni me gusta ni me disgusta
2. Me disgusta ligeramente
1. Me disgusta

	Cod:	Cod:	Cod:	Cod:	Cod:
Intensidad del color					
Olor					
- Intensidad					
- Persistencia					
Sabor					
- Intensidad					
- Persistencia					
- Acidez					
- Amargor					
- Salado					
Impresión global					

6. ¿Compraría este tipo de producto para acompañar en vuestras comidas?

SI () NO ()

En caso afirmativo, señale el código de la muestra que consumirías: _____

Ficha de evaluación sensorial

Por favor, responda a todas las cuestiones.

1. Indique:

Edad (años): _____ ; Sexo: mujer; hombre

A continuación se le presentan 4 productos diferentes. Dos de ellos son a base de carne y otras dos a base de vegetales. Todas las muestras están marinadas con dos tipos de salsa.

2. Puntúe cada parámetro de las muestras de acuerdo con la escala siguiente:

- 7. Me gusta mucho
- 6. Me gusta
- 5. Me gusta ligeramente
- 4. Ni me gusta ni me disgusta
- 3. Me disgusta ligeramente
- 2. No me gusta
- 1. Me disgusta mucho

	Cod: _____	Cod: _____	Cod: _____	Cod: _____
Olor				
Intensidad				
Persistencia				
A carne cocinada				
Valoración global				
Color				
Intensidad				
Homogeneidad				
Valoración global				
Valoración total				

3. ¿Qué características han sido más relevantes para escoger / preferir los platos que ha evaluado?

(marque cuantas sean necesarias)

- olor
- aspecto
- color
- sabor

4. ¿Ha percibido alguna característica peculiar en los platos?

No

Sí

En caso afirmativo descríbala: _____

5. ¿Compraría alguno de estos platos en el mercado?.

No

Sí

En caso afirmativo, señale el código del plato e indique el motivo: _____

6. ¿Compraría el producto de proteína vegetal como sustitutivo de la carne tradicional?.

No

Sí

En caso afirmativo, señale el código del plato e indique el motivo: _____

7. Marque la frecuencia con que consume los siguientes productos:

	Platos preparados listos para consumir	Productos cárnicos	Legumbres secas	Productos a base de cereales
Todos los días	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Varias veces por semana	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Algunas veces al mes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ocasionalmente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nunca	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>