



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

MÁSTER EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**Efecto de la selección por contenido  
en grasa intramuscular sobre las  
características sensoriales de la  
carne de conejo**

Trabajo Fin de Máster

Valencia, Septiembre 2015

**Vicent Penalba Cortés**

Director/es

M<sup>a</sup> Pilar Hernández Pérez

Marina Martínez Álvaro



# Índice

Resumen .....	2
Abstract .....	2
1. Introducción .....	3
2. Materiales y métodos .....	4
2.1. Animales .....	4
2.2. Análisis sensorial.....	4
2.2.1. Entrenamiento de los jueces .....	4
2.2.1.1. Percepción y umbrales de sabores básicos .....	6
2.2.1.2. Identificación de sabores integrados en matrices alimentarias.....	6
2.2.1.3. La escala lineal .....	7
2.2.1.4. Percepción de olor en la carne de conejo .....	7
2.2.1.5. Percepción de los parámetros de textura en la carne de conejo.....	8
2.2.1.6. Atributos incluidos en el cuestionario .....	8
2.2.1.7. Repetibilidad del panel.....	8
2.2.2. Evaluación sensorial de la carne de conejo .....	8
2.3. Análisis estadístico.....	9
3. Resultados y discusión .....	10
3.1. Atributos sensoriales evaluados en la carne de conejo.....	10
3.2. Efecto de la edad de sacrificio.....	13
3.3. Efecto de la selección genética por GIM.....	14
3.4. Efecto del sexo .....	15
3.5. Efecto de la zona del músculo.....	16
4. Conclusiones .....	16
5. Bibliografía .....	17
Anexo 1. Cuestionario de la prueba de identificación de sabores básicos .....	22
Anexo 2. Cuestionario de la prueba de identificación de sabores integrados en matrices alimentarias .....	23
Anexo 3. Cuestionario de evaluación de la carne de conejo .....	24

## Resumen

El objetivo de este trabajo fue estudiar el efecto de la selección divergente por contenido en grasa intramuscular (GIM) sobre la calidad sensorial del músculo *Longissimus dorsi* (LD) de conejo a las 9 y 13 semanas de edad. Cincuenta y seis conejos (14 por cada línea de selección y grupo de edad) se sacrificaron y evaluaron sensorialmente por un panel de 8 jueces entrenados en la evaluación de carne de conejo. Los atributos evaluados fueron: olor a conejo (OC), olor a hígado (OH), flavor a conejo (FC), flavor a hígado (FH), flavor a anís (FA), dureza (D), jugosidad (J) y fibrosidad (F). Se realizó un análisis Bayesiano de los datos. El LD de conejo de 13 semanas presentó mayor olor y flavor a conejo, olor a hígado, flavor a anís, dureza y fibrosidad, y menor jugosidad. No se encontraron diferencias entre las líneas genéticas (A y B) en los atributos sensoriales evaluados. En el LD del conejo se observó una evolución gradual de los atributos sensoriales desde su zona caudal (L1) a su zona craneal (L4). L1 presentó mayor olor y flavor a conejo y mayor dureza. Los resultados de este estudio mostraron que la selección por GIM en el LD del conejo no influyó en sus características sensoriales.

Palabras clave: grasa intramuscular, conejo, análisis sensorial, análisis Bayesiano

## Abstract

The aim of this work was to study the effect of divergent selection for intramuscular fat (GIM) content on sensory quality of the *Longissimus dorsi* (LD) muscle of rabbits at 9 and 13 weeks of age. Fifty six rabbits (14 for each selection line and age group) were slaughtered and sensory evaluated by a panel composed by 8 judges trained in the evaluation of rabbit meat. The sensory traits evaluated were: rabbit odour (OC), liver odour (OH), rabbit flavour (FC), liver flavour (FH), aniseed flavour (FA), hardness (D), juiciness (J) and fibrousness (F). A Bayesian analysis was performed. *Longissimus* muscle of rabbit slaughtered at 13 weeks of age showed more rabbit odour and flavour, liver flavour aniseed flavour, hardness and fibrousness, and less juiciness. No differences between genetic lines (A and B) were found in the sensory traits. There was observed that sensory traits varied gradually along the *Longissimus* muscle of rabbits between the caudal region (L1) and the cranial region (L4). L1 showed more rabbit odour and flavour and more hardness. Results of this study showed that selection for IMF content of the LD muscle in rabbits had no influence in the sensory traits evaluated.

Key words: intramuscular fat, rabbit, sensory analysis, Bayesian analysis

# **Efecto de la selección por contenido en grasa intramuscular sobre las características sensoriales de la carne de conejo**

## **1. Introducción**

El contenido en grasa intramuscular (GIM) es uno de los parámetros más importantes en la calidad de la carne por su relación con características sensoriales tales como el flavor, la jugosidad y la dureza (Warriss, 2000 y Wood et al., 2008). La relación entre la GIM y la calidad sensorial varía entre estudios, aunque habitualmente los niveles bajos de GIM dan lugar a carnes más secas y menos sabrosas (Raes et al., 2001 en vacuno y Wood et al., 2004 en porcino).

La jugosidad parece estar positivamente relacionada con el contenido en GIM, como muestran algunos experimentos realizados en vacuno (Mateescu et al., 2015) o en cordero (Angood et al., 2008), observando correlaciones de 0.27 y 0.36 respectivamente. En conejo, Hernández et al. (2000) encontró una correlación de 0.24 entre jugosidad y GIM. Esta relación puede deberse al aumento de la secreción salivar con la presencia de grasa en la boca. También se ha encontrado un efecto de la GIM sobre el flavor que puede estar relacionado con la formación de compuestos volátiles de origen graso durante el cocinado (Warriss, 2000). Entre la GIM y la dureza existe una relación negativa, debida principalmente al aumento de la jugosidad. En este sentido, Hernández et al. (2000) encontraron una correlación negativa entre la jugosidad y la dureza del -0.60. Con niveles elevados de GIM, la estructura del endomisio y del epimisio se ve alterada al depositarse grasa entre los haces de fibras de colágeno, contribuyendo a disminuir la dureza de la carne (Nishimura et al., 1999).

Diversos autores han estudiado el nivel mínimo de GIM necesario para conseguir una calidad sensorial aceptable en la carne. Gerbens (2004) propuso un mínimo de entre 2.5% y 3.0% de GIM en carne de cerdo. En su revisión, Hocquette (2010) propuso niveles mínimos de GIM en varias especies: 3.0-4.0% en vacuno, 5% en ovino y 2-2.25% en cerdo. El conejo es un animal con poca cantidad de GIM en el que no se ha establecido un contenido mínimo que asegure su aceptación, asimismo, no se conoce el efecto de pequeñas variaciones en el contenido de GIM sobre sus características sensoriales.

El contenido en GIM presenta una heredabilidad entre moderada y alta; Sellier (1998) observó heredabilidades de entre 0.26 y 0.86 en cerdo, y Bertrand et al., 2001 encontró valores entre 0.15 y 0.93 en vacuno. En los últimos años, se han realizado un pequeño número de experimentos de selección centrados en aumentar el contenido en GIM por su interés en la

calidad de la carne (Schwab et al., 2009 en cerdo, Sapp et al., 2002 en vacuno y Zhao et al., 2007 en pollo).

En conejo, se ha realizado un experimento de selección por contenido en GIM durante 6 generaciones con un cierto éxito, aumentando en un 30.5% la cantidad de GIM a las 9 semanas (Martínez-Álvaro et al., 2015).

El objetivo de este trabajo es estudiar el efecto de la selección divergente por contenido en grasa intramuscular (GIM) sobre los atributos sensoriales del músculo *Longissimus dorsi* (LD) de conejo a las 9 y 13 semanas de edad.

## **2. Materiales y métodos**

### **2.1. Animales**

Los animales de este estudio proceden de la sexta generación de un experimento de selección divergente por contenido en GIM del músculo LD. El criterio de selección fue el valor fenotípico de GIM, medido por NIRS, en 2 hermanos completos del candidato a la selección (un macho y una hembra) a las 9 semanas de edad, según se describe en Martínez-Álvaro et al. (2014). Los animales se seleccionaron por alto (A) y bajo (B) contenido en GIM.

Los conejos fueron criados en jaula colectiva desde el destete hasta el momento del sacrificio y alimentados *ad libitum* con una dieta comercial. Los animales fueron aturdidos eléctricamente previamente al sacrificio. Se sacrificaron 28 conejos a las 9 semanas de edad y 28 a las 13 semanas de edad (14 por línea en ambos casos). Las canales se refrigeraron a 4°C, y a las 24 horas se realizó la disección de los músculos LD. El músculo derecho se almacenó a -20°C hasta el momento del análisis sensorial, mientras que en el LD izquierdo se midió la GIM para continuar con el experimento de selección (Zomeño et al. 2012).

### **2.2. Análisis sensorial**

#### **2.2.1. Entrenamiento de los jueces**

El panel sensorial se formó a partir de 12 candidatos ajenos al experimento y consumidores habituales de conejo. Los candidatos fueron entrenados en la evaluación sensorial de carne de conejo durante seis sesiones siguiendo las recomendaciones de la norma UNE-EN-ISO 8586:2014 (AENOR, 2014). Los criterios de selección para formar parte del panel fueron la repetibilidad al evaluar y la capacidad de reconocer los umbrales de dureza, manteniéndose finalmente ocho jueces. El entrenamiento se compuso de 6 sesiones (descritas en la tabla 1), distribuidas en dos semanas.

Tabla 1. Descripción de las sesiones de entrenamiento

Sesión 1	Presentación y ajuste de horarios Percepción y umbrales de sabores básicos
Sesión 2	Identificación de sabores básicos integrados en matrices alimentarias Uso de la escala lineal Explicación de los atributos sensoriales en la carne de conejo
Sesión 3	Repetición de los sabores básicos que los jueces percibieron peor en la sesión 1 (amargo y umami) Percepción y umbrales del olor en la carne de conejo (olor a conejo, hígado, caldo de carne y anís) Percepción y umbrales de textura en la carne de conejo (dureza, jugosidad, fibrosidad y masticabilidad) Primera evaluación individual de la carne de conejo, comprobación del grado de comprensión de los atributos
Sesión 4	Evaluación grupal de muestras de carne de conejo Discusión de los atributos a incluir en el cuestionario Repetición de los umbrales de olor en la carne de conejo (olor a conejo, hígado, caldo de carne y anís). Evaluación individual de muestras de conejo en la sala de cata con el cuestionario definitivo
Sesión 5	Repetición de la percepción del olor a conejo (comparación con carne de cerdo y cordero) Repetición de los umbrales de olor en la carne de conejo incluidos en el cuestionario (olor a conejo, hígado y anís) Repetición de los umbrales de textura en la carne de conejo incluidos en el cuestionario (dureza, jugosidad y fibrosidad) Evaluación grupal de muestras de carne de conejo Evaluación de la repetibilidad de los jueces de forma individual
Sesión 6	Repetición de los umbrales de textura en la carne de conejo incluidos en el cuestionario (dureza, jugosidad y fibrosidad) Evaluación individual de muestras de carne de conejo Selección de jueces

### 2.2.1.1. Percepción y umbrales de sabores básicos

Se mostraron los principales sabores básicos utilizando diferentes concentraciones de compuestos saborizantes (tabla 2). Posteriormente, se realizaron pruebas ciegas de identificación de sabores y de sus umbrales de detección (Anexo 1).

Tabla 2. Concentraciones de compuestos saborizantes utilizadas en el entrenamiento de umbrales de sabores básicos

Sabor	Compuesto	Umbral alto (g/L)	Umbral bajo (g/L)
Ácido	Ácido Cítrico	0.60	0.30
Amargo	Cafeína	0.27	0.14
Dulce	Sacarosa	12.0	6.00
Metálico	Sulfato Ferroso	0.02	0.01
Salado	Cloruro Sódico	2.00	1.00
Umami	Glutamato Monosódico (GMS)	1.00	0.50

### 2.2.1.2. Identificación de sabores integrados en matrices alimentarias

Se evaluó la capacidad de los jueces de distinguir un atributo dentro de una matriz alimentaria, mezclando diferentes concentraciones de compuestos saborizantes en requesón y caldo de carne (tablas 3 y 4). Se prepararon dos clases de requesón (dulce y ácido), y dos clases de caldo de carne (salado y umami) utilizando un producto comercial sin sal. Los jueces identificaron y clasificaron los sabores en función de su intensidad (Anexo 2).

Tabla 3. Preparación de distintas intensidades de sabor dulce y ácido en requesón

Intensidad	Requesón (g)	Solución dulce/ácida <sup>1</sup> (mL)	Agua (mL)
1	250	0.00	37.5
2	250	7.50	30.0
3	250	25.0	12.5

<sup>1</sup>Solución dulce (150g sacarosa/L) o ácida (6g ácido cítrico/L)

Tabla 4. Preparación de distintas intensidades de sabor salado y umami en caldo de carne

Intensidad	Caldo (mL)	NaCl (salado) (g)	GMS (umami) (g)
1	300	0.00	0.00
2	300	0.30	0.15
3	300	0.60	0.30



### 2.2.1.3. La escala lineal

Se explicó a los jueces diferentes formas de cuantificar los estímulos sensoriales percibidos. La escala lineal utilizada constó de una línea de 10 cm (figura 1). Se mostró a los jueces su utilización como recomienda la norma UNE-EN-ISO 4121:2006 (AENOR, 2006).



Figura 1. Ejemplo de escala lineal

### 2.2.1.4. Percepción de olor en la carne de conejo

Se evaluó la capacidad de los jueces de detectar el olor a conejo, hígado, caldo de carne y anís. Para la evaluación del olor a conejo, hígado y anís se prepararon albóndigas mezclando muslo de conejo picado con distintas proporciones de grasa perirrenal, hígado, o anís molido (tablas 5 y 6). El olor a caldo de carne se evaluó a partir de tres disoluciones preparadas con un 40%, 60% y 100% de caldo. Para la identificación del olor a conejo, se prepararon albóndigas de carne de cerdo, cordero y conejo y se compararon sus olores. Todas las albóndigas se envasaron al vacío y se cocinaron en baño de agua con agitación (HS-B20, IKA Labortechnik, Staufen, Germany) a 80°C durante 20 minutos. Los jueces identificaron y clasificaron los olores en la escala lineal en función de su intensidad.

Tabla 5. Preparación de distintas intensidades de olor a conejo o hígado

Intensidad	Carne de conejo (g)	Grasa perirrenal/hígado <sup>1</sup> (g)
1	50.0	0.00
2	40.0	10.0
3	30.0	20.0

<sup>1</sup>Grasa perirrenal (olor a conejo), hígado (olor a hígado)

Tabla 6. Preparación de distintas intensidades de olor a anís

Intensidad	Carne de conejo (g)	Anís molido (mg)
1	50.0	0.00
2	50.0	5.00
3	50.0	10.0

### 2.2.1.5. Percepción de los parámetros de textura en la carne de conejo

Se mostró a los jueces distintas intensidades de dureza, jugosidad, fibrosidad y masticabilidad en la carne de conejo. Se utilizó muslo de conejo de 9 semanas como estándar bajo de dureza, fibrosidad y masticabilidad, y alto de jugosidad; lomo de conejo de 9 semanas como estándar medio, y lomo de coneja adulta como estándar alto, basado en el estudio de Carmack et al. (1995) en carne de vacuno. Los jueces clasificaron las muestras en la escala lineal en función de su intensidad.

### 2.2.1.6. Atributos incluidos en el cuestionario

En la tabla 7 se describen los atributos incluidos en el cuestionario de evaluación sensorial de la carne de conejo (Anexo 3).

Tabla 7. Descripción de atributos incluidos en el cuestionario

Olor a conejo	Intensidad de olor característico de la carne de conejo
Olor a hígado	Intensidad de olor asociado a la sangre y los órganos, también evaluado como olor metálico
Flavor a conejo	Combinación de sabor, olor y aroma percibido por vía retronasal característico de la carne de conejo
Flavor a hígado	Combinación de sabor, olor y aroma percibido por vía retronasal asociado a la sangre y los órganos, también evaluado como flavor metálico
Flavor a anís	Combinación de sabor, olor y aroma percibido por vía retronasal asociado al anís y a la hierba
Dureza	Fuerza necesaria para romper la muestra con los molares en las primeras masticaciones
Jugosidad	Cantidad de jugo exudado durante la masticación, procedente del agua de la muestra y de la saliva.
Fibrosidad	Grado de persistencia de las fibras al aplastarlas contra el paladar y frotarlas con la lengua.

### 2.2.1.7. Repetibilidad del panel

Se analizó la repetibilidad de los jueces mediante la evaluación de dos muestras de LD derecho e izquierdo de un mismo conejo y de la misma zona del músculo.

## 2.2.2. Evaluación sensorial de la carne de conejo

Se realizó un análisis cuantitativo descriptivo (Stone et al. 1974). Un panel de 8 jueces entrenados evaluó 4 muestras por sesión (una por grupo de edad y línea) durante 7 sesiones, completando un total de 28 muestras por juez, siguiendo un diseño de bloque completo aleatorizado (Steel & Torie, 1980).

Las muestras envasadas al vacío conservadas a -20°C se descongelaron en nevera a 4°C durante 24 horas y se cocinaron a 80°C durante 1h por inmersión en baño de agua. Los LD cocinados se desenvasaron, se cortaron en cuatro trozos (L1, L2, L3 y L4), desde la zona caudal hasta la craneal (figura 2). Los trozos se envolvieron en papel de aluminio, se etiquetaron con números aleatorios de tres dígitos y se sirvieron calientes utilizando un equipo calefactor (Depil Center D212, Solac s.a., Vitoria-Gasteiz, España) (figura 3).



Figura 2. Lomo de conejo cortado en cuatro trozos para la evaluación sensorial



Figura 3. Trozos de lomo de conejo envueltos en papel de aluminio y servidos en un equipo calefactor para la evaluación sensorial

### **2.3. Análisis estadístico**

Los datos fueron estandarizados antes del análisis. A modo descriptivo, se realizó un análisis de componentes principales y de correlaciones de los datos utilizando el programa estadístico STATGRAPHICS Centurion XVI (StartPoint Technologies Inc, 2010). Posteriormente, los datos se analizaron con el siguiente modelo:

$$y = \text{media} + \text{edad} + \text{línea} + \text{sexo} + \text{zona} + \text{sesión} + \text{juez} + e$$

Donde los efectos de edad (9 y 13 semanas), línea (A y B), sexo (M y H), zona (con 4 niveles) y sesión (con 7 niveles) son considerados como efectos fijos, y el efecto juez como aleatorio con distribución  $N(0, \sigma_j^2)$ .

Se realizó un análisis bayesiano de los datos, estimando las distribuciones marginales posteriores mediante muestreo de Gibbs. Se utilizaron priors planos acotados para todos los efectos y varianzas, los detalles del procedimiento se describen en Sorensen & Gianola (2002). Se tomaron cadenas de 60 000 iteraciones con un periodo de quemado de 10 000 iteraciones y se guardó una muestra de cada 10 iteraciones. La convergencia fue testada con el criterio Z de Geweke y los errores de Monte Carlo fueron obtenidos por series temporales. Para resolver el modelo, se empleó el programa Rabbit (Rabbit, 2012).

Se utilizaron ratios que expresan la superioridad de los animales de 13 semanas sobre los de 9 ( $R_{13/9}$ ), la línea A sobre la B ( $R_{A/B}$ ) y la zona caudal (L1) sobre la craneal (L4) ( $R_{L1/L4}$ ). Las distribuciones marginales posteriores de los ratios se definieron con los parámetros: R, mediana;  $HDP_{95\%}$ , región de alta densidad posterior al 95% de probabilidad; P, probabilidad de ser R mayor que 1 cuando  $R > 1$  y de ser R menor que 1 cuando  $R < 1$ .

### **3. Resultados y discusión**

#### **3.1. Atributos sensoriales evaluados en la carne de conejo**

Los atributos sensoriales evaluados en este estudio se utilizan habitualmente en el análisis sensorial de la carne (UNE-EN-ISO 5492:2008). El olor y flavor característicos de una especie son atributos evaluados de manera habitual en carne de distintas especies (Moloney et al., 2013 en vacuno, Baéza et al., 2013 en pollo, Madeira et al., 2013 en porcino y Ariño et al., 2007 en conejo). El olor y flavor a hígado y a anís se han descrito previamente en carne de conejo (Ariño et al., 2007).

La dureza (también evaluada como terneza) y la jugosidad son los parámetros más utilizados en la evaluación sensorial de las características de textura de la carne (Warriss, 2000).

En la tabla 8 se muestran los atributos sensoriales evaluados en la carne de conejo, incluyendo las medias de las puntuaciones corregidas por el efecto de cada juez y su coeficiente de variación (CV). El olor y flavor a conejo presentaron una mayor puntuación y una menor variabilidad que el olor y flavor a hígado. El flavor a anís tuvo una baja puntuación con un alto CV debido a que su media se encuentra próxima a 0.

El LD del conejo presentó una dureza de 4.5 puntos, una fibrosidad de 4.6 y una jugosidad de 3.6. Hernández et al. (2000) y Carrilho et al. (2009) evaluaron sensorialmente la carne de conejo obteniendo puntuaciones con rangos similares a los obtenidos en el presente estudio.

En comparación con otras especies, los conejos evaluados en este estudio presentaron una intensidad de olor y flavor bajas, una dureza similar a la del vacuno y el porcino, y una jugosidad similar a la del vacuno e inferior a la del porcino (Rødbotten et al., 2004).

Tabla 8. Media y CV de los atributos sensoriales evaluados en carne de conejo

	Media	CVx100
OC	4.53	21.8
OH	1.67	58.4
FC	4.15	23.6
FH	2.17	46.5
FA	0.73	129.0
D	4.50	20.2
J	3.60	24.4
F	4.49	20.2

OC: olor a conejo, OH: olor a hígado, FC: flavor a conejo, FH: flavor a hígado, FA: flavor a anís, D: dureza, J: jugosidad, F: fibrosidad. CV: coeficiente de variación

Para evaluar la relación entre los distintos atributos estudiados se realizó un análisis de componentes principales por edades. La figura 4 muestra la proyección de los atributos evaluados en la carne de conejo de 9 semanas en un plano definido por las dos primeras componentes principales, que explican el 58.2% de la variabilidad a 9 semanas. La figura 5 muestra la proyección de los atributos evaluados en la carne de conejo de 13 semanas en un plano definido por las dos primeras componentes principales, que explican el 54.4% de la variabilidad a 13 semanas. La proximidad entre atributos indica que existe una correlación positiva entre ellos.

En ambas edades, el olor y el flavor a conejo se encontraron muy próximos entre sí, así como el olor y el flavor a hígado, mostrando una correlación positiva (alrededor de 0.60 y 0.50 respectivamente, tabla 9). Ariño et al. (2007) también encontraron correlaciones positivas entre el olor y el flavor a hígado en la carne de conejo. Las correlaciones entre el olor y flavor a conejo y el olor y flavor a hígado fueron bajas, mientras que el flavor a anís no se relacionó con el resto de olores y sabores estudiados. Hernández et al. (2000) tampoco encontraron una correlación entre los sabores a anís e hígado.

La dureza y la fibrosidad mostraron una correlación alta y positiva (0.75, en ambas edades), y una correlación negativa con la jugosidad (en torno al -0.55 tanto con la dureza como con la

fibrosidad en ambas edades). Otros autores también han encontrado correlaciones negativas entre la dureza y la jugosidad de la carne de conejo, como Ariño et al. (2007) y Hernández et al. (2000), con coeficientes de correlación de -0.41 y -0.60, respectivamente. En carne de otras especies también se han encontrado correlaciones negativas entre dureza y jugosidad (Cannata et al., 2002 en porcino y Mateescu et al., 2015 en vacuno).

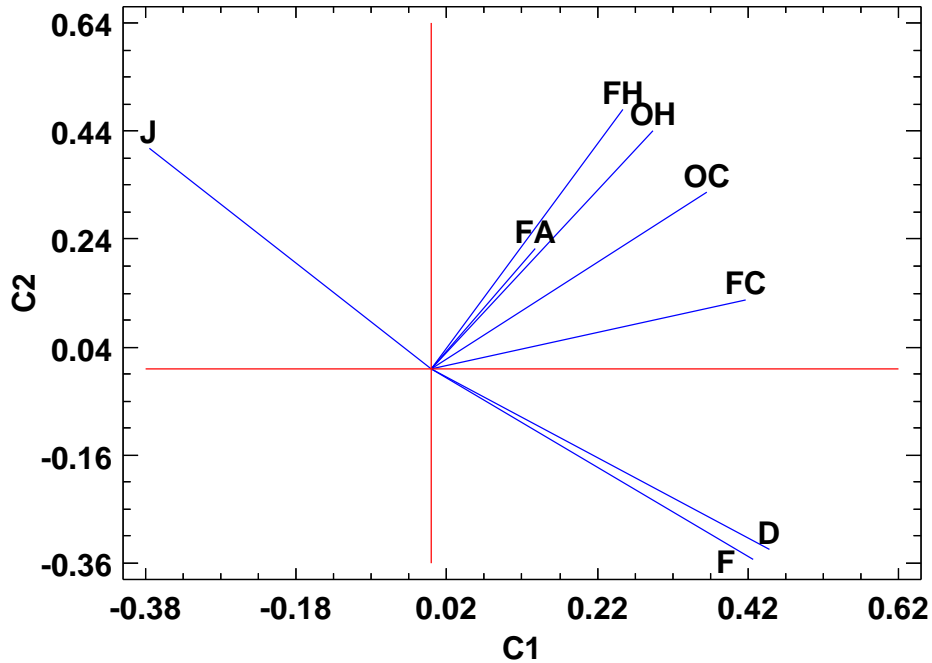


Figura 4. Representación de los atributos sensoriales evaluados en conejo de 9 semanas en un plano definido por las dos primeras componentes principales. OC: olor a conejo, OH: olor a hígado, FC: flavor a conejo, FH: flavor a hígado, FA: flavor a anís, D: dureza, J: jugosidad, F: fibrosidad. C1: componente principal 1, que explica el 35.6% de la variabilidad. C2: componente principal 2, que explica el 22.6% de la variabilidad.

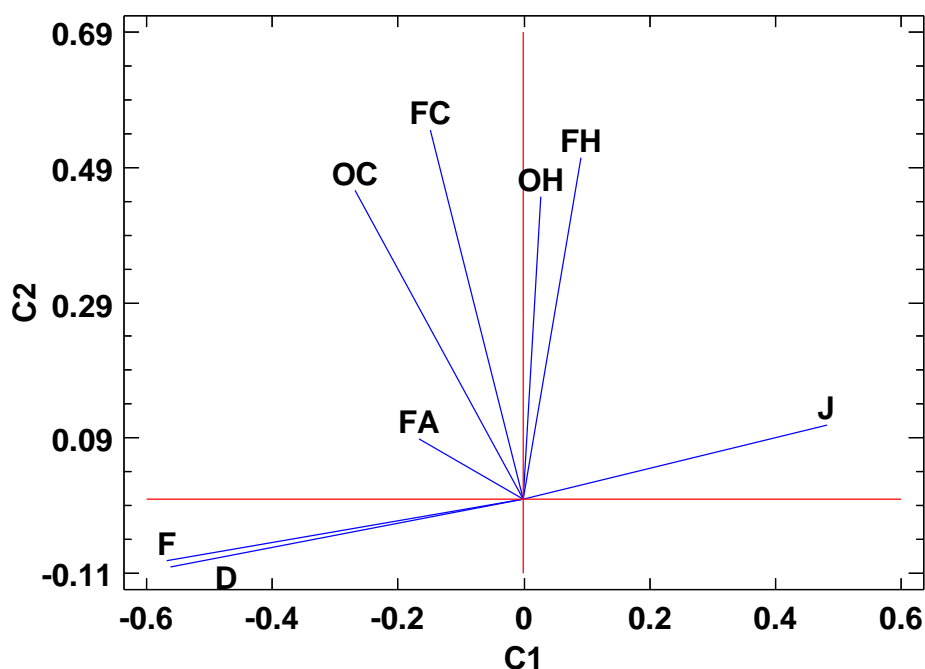


Figura 5. Representación de los atributos sensoriales evaluados en conejo de 13 semanas en un plano definido por las dos primeras componentes principales. OC: olor a conejo, OH: olor a hígado, FC: flavor a conejo, FH: flavor a hígado, FA: flavor a anís, D: dureza, J: jugosidad, F: fibrosidad. C1: componente principal 1, que explica el 29.8% de la variabilidad. C2: componente principal 2, que explica el 24.6% de la variabilidad.

Tabla 9. Correlaciones entre los atributos sensoriales evaluados en conejo de 9 semanas (sobre la diagonal) y en conejo de 13 semanas (bajo la diagonal).

	OC	OH	FC	FH	FA	D	J	F
OC	1	0.40	0.55	0.35	0.17	0.20	-0.15	0.17
OH	0.18	1	0.24	0.51	0.24	0.15	0.01	0.17
FC	0.60	0.21	1	0.33	0.06	0.33	-0.36	0.28
FH	0.17	0.46	0.30	1	0.12	0.10	0.05	0.03
FA	0.06	-0.07	0.18	0.05	1	0.08	-0.01	0.06
D	0.19	-0.04	0.01	-0.13	0.15	1	-0.60	0.75
J	-0.14	-0.01	-0.02	0.17	-0.01	-0.54	1	-0.56
F	0.21	-0.09	0.05	-0.10	0.19	0.75	-0.54	1

OC: olor a conejo, OH: olor a hígado, FC: flavor a conejo, FH: flavor a hígado, FA: flavor a anís, D: dureza, J: jugosidad, F: fibrosidad.

### 3.2.Efecto de la edad de sacrificio

En la tabla 10 se muestran las características de las distribuciones marginales posteriores de los ratios entre 13 y 9 semanas de edad en los atributos sensoriales de la carne de conejo. El LD de los conejos de 13 semanas presentó mayor olor y flavor a conejo, olor a hígado y flavor a anís, con P (probabilidad de que el ratio 13/9 sea mayor que 1) próximas a 1.00. El flavor a anís fue aproximadamente el doble a 13 semanas que a 9, aunque las puntuaciones fueron bajas en

ambos casos. Hay pocos estudios que comparen los atributos sensoriales de la carne de conejo a distintas edades. Jehl & Juin (1999) encontraron un aumento del olor a conejo con la edad al comparar conejos entre 10 y 14 semanas. Gašperlin et al. (2006) y Polak et al. (2006), que compararon conejos de 11 y 13 semanas, y de 13 y 15 semanas respectivamente, no encontraron diferencias en olor y flavor entre edades, aunque las diferencias de edad en estos estudios fueron de tan solo dos semanas. En carne de otras especies, hay diversos estudios que muestran un aumento del olor y flavor con la edad de los animales (Jeremiah et al., 1998 en ovino y Smith et al. 1978 en caprino).

La carne de los conejos de 13 semanas fue más dura, más fibrosa y menos jugosa ( $P=1.00$ ) que la carne de los conejos de 9 semanas. Gašperlin et al. (2006) y Polak et al. (2006), no encontraron diferencias en la ternura y la jugosidad, al comparar conejos con una diferencia de dos semanas de edad. Gondret et al. (1998) observó que los conejos de 18 semanas eran más tiernos y menos fibrosos que los de 11 semanas. No obstante, estos resultados contrastan con la bibliografía encontrada en otras especies, donde se muestra un aumento de la dureza con la edad (Candek-Potokar et al., 1998 en porcino, Wang et al., 2013 en pollo y Shackelford et al., 1995 en vacuno), lo que está de acuerdo con nuestros resultados.

Tabla 10. Características de las distribuciones marginales posteriores de los ratios entre 13 y 9 semanas en los atributos sensoriales de la carne de conejo

	$R_{13/9}$	HPD <sub>95%</sub>		P
OC	1.09	1.04	1.15	1.00
OH	1.16	0.99	1.35	0.97
FC	1.09	1.03	1.15	1.00
FH	0.96	0.85	1.08	0.73
FA	2.21	1.43	3.46	1.00
D	1.12	1.06	1.18	1.00
J	0.80	0.75	0.85	1.00
F	1.13	1.07	1.19	1.00

OC: olor a conejo, OH: olor a hígado, FC: flavor a conejo, FH: flavor a hígado, FA: flavor a anís, D: dureza, J: jugosidad, F: fibrosidad.  $R_{13/9}$ : mediana del ratio. HPD<sub>95%</sub>: región de alta densidad posterior con un 95% de probabilidad. P: Probabilidad de ( $R_{13/9}>1$ ) cuando ( $R_{13/9}>1$ ) o probabilidad de ( $R_{13/9}<1$ ) cuando ( $R_{13/9}<1$ ).

### 3.3.Efecto de la selección genética por GIM

En la sexta generación de selección, la media de GIM del músculo *Longissimus* a 9 semanas fue de 1.05g/100g, y la respuesta a la selección estimada como la diferencia entre las líneas divergentes (A y B) fue de 0.32g/100g, lo que supone un 30.5% respecto a la media. A 13 semanas de edad, la media de GIM del LD fue de 1.43g/100g y la diferencia entre líneas 0.70g/100g, lo que supone un 49.0% respecto a la media (Martínez-Álvaro et al., 2015).



No se han encontrado diferencias entre las líneas A y B en la mayoría de atributos sensoriales (tabla 11). El flavor a anís fue superior en la línea A aunque las puntuaciones fueron bajas en ambas líneas. Schwab et al. (2009) estudió el efecto de la selección por GIM sobre el flavor, la terneza y la jugosidad de la carne de cerdo, y encontró que el grupo seleccionado por alta GIM tenía mayor flavor que el grupo control, aunque la dureza y la jugosidad no se vieron afectadas. No obstante, otros estudios muestran un aumento del flavor, la terneza y la jugosidad al aumentar el contenido en GIM (Rincker et al. 2007 en porcino y Mateescu et al. 2015 en vacuno).

Se ha propuesto un umbral mínimo de 2% de GIM para detectar cambios en los atributos sensoriales de la carne de cerdo (citado por Hocquette et al. 2010). En este sentido, Fernández et al. (1999) mostraron un aumento de la jugosidad de la carne de cerdo con niveles de GIM a partir del 2.25%.

En nuestro experimento, a pesar de la respuesta obtenida, las líneas no superaron en ningún caso un 2% de GIM, lo que podría explicar que la selección por GIM no haya afectado a los atributos sensoriales.

Tabla 11. Características de las distribuciones marginales posteriores de los ratios entre las líneas A y B en los atributos sensoriales de la carne de conejo

	$R_{A/B}$	HPD <sub>95%</sub>		P
OC	1.02	0.96	1.07	0.73
OH	0.99	0.84	1.14	0.54
FC	1.02	0.96	1.08	0.76
FH	1.01	0.90	1.14	0.59
FA	1.21	0.82	1.65	0.85
D	1.00	0.94	1.04	0.57
J	1.00	0.94	1.06	0.51
F	1.01	0.95	1.06	0.59

OC: olor a conejo, OH: olor a hígado, FC: flavor a conejo, FH: flavor a hígado, FA: flavor a anís, D: dureza, J: jugosidad, F: fibrosidad.  $R_{A/B}$ : mediana del ratio. HPD<sub>95%</sub>: región de alta densidad posterior con un 95% de probabilidad. P: Probabilidad de ( $R_{A/B} > 1$ ) cuando ( $R_{A/B} > 1$ ) o probabilidad de ( $R_{A/B} < 1$ ) cuando ( $R_{A/B} < 1$ ).

### 3.4.Efecto del sexo

No se encontraron diferencias entre sexos en ninguno de los atributos sensoriales estudiados (datos no mostrados). Otros autores tampoco observaron un efecto del sexo en la calidad sensorial de la carne de conejo (Gasperlin et al., 2006; Polak et al., 2006 y Carrilho et al. 2009).

### 3.5.Efecto de la zona del músculo

El músculo LD presenta una variación en su metabolismo y en su composición química entre la zona caudal y la craneal (Vigneron et al., 1976 en conejo y Faucitano et al., 2004 en porcino) que podría influir en su percepción sensorial. Hansen et al. (2004) encontraron que la dureza evolucionaba gradualmente desde la zona caudal (más dura) hasta la craneal (más blanda) en LD de cerdo.

En el LD del conejo también se observó esta evolución gradual (datos no mostrados) entre la zona caudal (L1) y craneal (L4). La tabla 12 muestra las características de las distribuciones marginales posteriores de los ratios entre las zonas L1 y L4 del LD en los atributos sensoriales de la carne de conejo. La zona L1 presentó mayor olor y flavor a conejo ( $P=0.95$  y  $P=0.91$  respectivamente), mientras que la L4 presentó mayor olor y flavor a hígado ( $P=0.92$  y  $P=0.94$ ). La dureza y la fibrosidad fueron mayores en L1 con  $P=0.99$  y  $P=1$  respectivamente, mientras que la jugosidad fue mayor en L4 ( $P=1$ ).

Tabla 12. Características de las distribuciones marginales posteriores de los ratios entre las zonas L1 y L4 del LD en los atributos sensoriales de la carne de conejo

	$R_{L1/L4}$	HPD <sub>95%</sub>		P
OC	1.06	0.99	1.15	0.95
OH	0.86	0.68	1.05	0.92
FC	1.06	0.98	1.16	0.91
FH	0.87	0.73	1.03	0.94
FA	1.02	0.60	1.56	0.53
D	1.09	1.01	1.16	0.99
J	0.89	0.82	0.97	1.00
F	1.11	1.03	1.19	1.00

OC: olor a conejo, OH: olor a hígado, FC: flavor a conejo, FH: flavor a hígado, FA: flavor a anís, D: dureza, J: jugosidad, F: fibrosidad.  $R_{L1/L4}$ : mediana del ratio. HPD<sub>95%</sub>: región de alta densidad posterior con un 95% de probabilidad. P: Probabilidad de ( $R_{L1/L4}>1$ ) cuando ( $R_{L1/L4}>1$ ) o probabilidad de ( $R_{L1/L4}<1$ ) cuando ( $R_{L1/L4}<1$ ).

## 4. Conclusiones

La selección divergente por contenido en GIM del LD de conejo no tuvo efecto sobre los atributos sensoriales evaluados.

El conejo de mayor edad presentó mayor intensidad de olor y flavor y mayor dureza, dentro del rango de edad estudiado.

El músculo *Longissimus dorsi* del conejo mostró una evolución gradual de sus características sensoriales entre la zona caudal y la craneal. La zona caudal presentó mayor olor y flavor a conejo y mayor dureza.

## 5. Bibliografía

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación (2006). Norma UNE-EN ISO 4121:2006. Análisis sensorial. Directrices para la utilización de escalas de respuestas cualitativas.

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación (2014). Norma UNE-EN ISO 8586:2014. Análisis sensorial. Guía para la selección, entrenamiento y control de catadores y catadores expertos.

AENOR, Asociación Española de Normalización y Certificación (2008). Norma UNE-EN ISO 5492:2008. Análisis sensorial. Vocabulario.

Angood K.M., Wood J.D., Nute G.R., Whittington F.M., Hughes S.I., Sheard P.R. (2008). A comparison of organic and conventionally-produced lamb purchased from three major UK supermarkets: Price, eating quality and fatty acid composition. *Meat Science*, 78:176-184.

Ariño B., Hernández P., Pla M., Blasco A. (2007). Comparison between rabbit lines for sensory meat quality. *Meat Science*, 75:494-498.

Baeza E., Arnould C., Jlali M., Chartrin P., Gigaud V., Mercierand F., Durand C., Méteau K., Le Bihan-Duval E., Berri C. (2012). Influence of increasing slaughter age of chickens on meat quality, welfare, and technical and economic results. *Journal of Animal Science*, 90:2003-2013.

Bertrand J.K., Green R.D., Herring W.O., Moser D.W. (2001). Genetic evaluation for beef carcass traits. *Journal of Animal Science*, 79(Suppl.E):190-200.

Čandek-Potokar M., Žlender B., Lefauceur L., Bonneau M. (1998). Effects os age and/or weight at slaughter on *longissimus dorsi* muscle: biochemical traits and sensory quality in pigs. *Meat Science*, 48(3-4):287-300.

Cannata S., Engle, T.E., Moeller S.J., Zerby H.N., Radunz A.E., Green M.D., Bass P.D., Belk K.E. (2010). *Meat Science*, 85:428-434.

Carmack C.F., Kastner C.L., Dikeman M.E., Schwekne J.R., García-Zepeda C.M. (1995). Sensory evaluation of beef-flavor-intensity, tenderness, and juiciness among major muscles. *Meat Science*, 39(1):143-147.

Carrilho M.C., Campo M.M., Olleta J.L., Beltrán J.A., López M. (2009). Effect of diet, slaughter weight and sex on instrumental and sensory meat characteristics in rabbit. *Meat Science*, 82: 37-43.

Faucitano L., Rivest J., Daigle J.P., Lévesque J., Gariépy C. (2004). Distribution of intramuscular fat content and marbling within the longissimus muscle of pigs. *Journal of Animal Science*, 84:57-61.

Fernandez X., Monin G., Talmant A., Mourot J., Lebret B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat - 1. Composition of the lipid fraction and the sensory characteristics of *m. longissimus lumborum*. *Meat Science*, 53(1):59-65.

Gašperlin L., Polak T., Rajar A., Skvarèa M., Žlender B. (2006). Effect of genotype, age at slaughter and sensory profile of rabbit meat. *World Rabbit Science*, 14: 157-166.

Gerbens F. (2004). Genetic control of intramuscular fat accretion. En: te Pas M.F.W., Everts M.E., Haagsman H.P. *Muscle development of livestock animals*: 343-361. CABI Publishing, Wallingford, UK

Gondret F., Juin H., Mourot J., Bonneau M. (1998). *Meat Science*, 48(1-2): 181-187.

Hansen S., Hansen T., Aaslyng M.D., Byrne D.V. (2004). Sensory and instrumental analysis of longitudinal and transverse textural variation in pork *longissimus dorsi*. *Meat Science*, 68:611-629.

Hernández P., Pla M., Oliver M. A., Blasco A. (2000). Relationships between meat quality measurements in rabbit fed with three diets of different fat type and content. *Meat Science*, 55(4):379-384.

Hocquette J.F., Gondret F., Baéza E., Médale F., Jurie C., Pethick D.W. (2010). Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Animal*, 4(2):303-319.

Jehl N., Juin H. (1999). Effet de l'âge d'abattage sur les qualités sensorielles de la viande de lapin. *Cuniculture*, 148(26(4)):171-174.

Jeremiah L.E., Tong A.K.W., Gibson L.L. (1998). The influence of lamb chronological age, slaughter weight, and gender. Flavor and texture profiles. *Food Research International*, 31(3):227-242.

Madeira M.S., Costa P., Alfaia C.M., Lopes P.A., Bessa R.J.B., Lemos J.P.C., Prates J.A.M. (2013). The increased intramuscular fat promoted by dietary lysine restriction in lean but not in fatty pig genotypes improves pork sensory attributes. *Journal of Animal Science*, 91:3177-3187.

Martínez-Álvaro M., Agha S., Juste V., Hernández P., Blasco A. (2014). Response to selection for intramuscular fat content and correlated responses in carcass and meat traits in rabbits. 10th World Congress of Genetics Applied to Livestock Production, Vancouver.

Martínez-Álvaro M., Juste V., Blasco A., Hernández P. (2015). Respuesta a la selección por grasa intramuscular del lomo en conejo y respuestas correlacionadas en otros músculos. AIDA, XVI Jornadas sobre Producción Animal, 2: 552-554.

Mateescu R.G., Garrick D.J., Garmyn A.J., Vanoverbeke D.L., Mafi G.G., Reecy J.M. (2015). Genetic parameters for sensory traits in longissimus muscle and their associations with tenderness, marbling score, and intramuscular fat in Angus cattle. *Journal Of Animal Science*, 93(1): 21-27.

Moloney A.P., Mooney M.T., Kerry J.P., Stanton C., O'Kiely P. (2013). Colour fat, and colour, fatty acid composition and sensory characteristics of muscle from heifers offered alternative forages to grass silage in a finishing ration. *Meat Science*, 95:608-615.

Nishimura t., Hattori A., Takahashi K. (1999). Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese Black cattle: Effect of marbling on beef tenderization. *Journal of Animal Science*, 77:93-104.

Rabbit (2012). <http://www.dcam.upv.es/dcia/ablasco/Publi.htm>

Polak T., Gašperlin L., Rajar A., Žlender B. (2006). Influence of genotype lines, age at slaughter and sexes on the composition of rabbit meat. (2006). *Food Technology and Biotechnology*, 44(1): 65-73.

Raes K., de Smet S., Demeyer D. (2001). Effect of doublé-mscling in Belgian Blue young bulls on the intramuscular composition with emphasis on conjugated linoleico acid and polyunsaturated fatty acids. *Animal Science*, 73:253-260.

Rincker P.J., Killefer J., Ellis M., Brewer M.S., McKeith F.K. (2008). Intramuscular fat content has little influence on the eating quality of fresh pork loin chops. *Journal Of Animal Science*, 86(3): 730-737.

Rødbotten M., Kubberød E., Lea P., Ueland Ø. (2004). A sensory map of the meat universe. Sensory profile of meat from 15 species. *Meat Science*, 68:137-144.

Sapp R.L., Bertrand, J.K., Pringle T.D., Wilson D.E. (2002). Effects of selection for ultrasound intramuscular fat percentage in Angus bulls on carcass straits of progeny. *Journal of Animal Science*, 80:2017-2022.

Schwab C.R., Baas K.J., Stalder K.J., Nettleton D. (2009). Results from six generations of selection for intramuscular fat in Duroc swine using real-time ultrasound. I. Direct and correlated phenotypic responses to selection. *Journal of Animal Science*, 87:2774-2780.

Sellier P. (1998). Genetics of meat and carcass traits. En: Rothschild M.F., Ruvinsky A. The genetics of the pig:463-510. CAB International, New York, USA.

Shackelford S.D., Koohmaraie M., Wheeler T.L. (1995). Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. *Journal of Animal Science*, 76:3304-3309.

Smith G.C., Carpenter Z.L., Shelton M. (1978). Effect of age and quality level on the palatability of goat meat. *Journal of Animal Science*, 46(5):1229-1235.

Sorensen D., Gianola D. (2002). *Likelihood, Bayesian, and MCMC Methods in Quantitative Genetics*. Springer. New York

StartPoint Technologies Inc. (2010). *Statgraphics Centurion XVI*. Version 16.1.11, Herndon, VA.

Steel R.G.D., Torie J.H. (1980). *Principles and procedures of statistics*. Mc Graw-Hill, New York.

Stone M. (1974). Cross-validators choice and assessment of statistical predictions. *Journal Of The Royal Statistics Society Series B (Methodological)*, 36(2):111-147.

Vigneron P., Bacou F., Ashmore C.R. (1976). Distribution heterogeneity of muscle fiber types in the rabbit *longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*, 43(5):985-988.

Wang X.Q., Chen X., Tan H.Z., Zhang D.X., Zhang D.X., Zhang H.J., Wei S., Yan H.C. (2013). *British Poultry Science*, 54(1):50-61.

Warriss, P.D. (2000) *Meat Science. An introductory text*. Ed. CABI Publishing, Wallingford, Oxon, UK.

Wood J.D., Enser M., Fisher A.V., Nute G.R., Sheard P.R., Richardson R. I. y Whittington, F.M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: a review. *Meat Science*, 78:343-358.

Wood J.D., Nute G.R., Richardson R.I., Whittington F.M., Southwood O., Plastow G., Mansbridge R., da Costa N., Chang K.C. (2004). Effect of breed, diet and muscle on fat deposition and eating quality in pigs. *Meat Science*, 67:651-667.

Zhao G.P., Chen J.L., Zheng M.Q., Wen J., Zhang Y. (2007). Correlated responses to selection for increased intramuscular fat in a chinese quality chicken line. *Poultry Science*, 86:2309-2314.

Zomeño C., Juste V., Hernández P. (2012). Application of NIRS for predicting fatty acids in intramuscular fat of rabbit. *Meat Science*, 91(2):155-159.

Zomeño C., Hernández P., Blasco A. (2013). Divergent selection for intramuscular fat content in rabbits. I. Direct response to selection. *Journal of Animal Science*, 91:4526-4531.

## Anexo 1. Cuestionario de la prueba de identificación de sabores básicos



### UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ANIMAL

*Laboratorio sensorial*

#### CUESTIONARIO RECONOCIMIENTO UMBRAL

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Los vasitos que tienes delante contienen los sabores básicos en diversas concentraciones: dulce, salado, amargo, ácido, umami y metálico. Pruébalos de izquierda a derecha. Apunta el código del vasito e indica el sabor que has percibido. Si no percibes nada escribe un 0, y si percibes algo pero no puedes identificar de que sabor se trata, escribe un interrogante.

ORDEN	CÓDIGO DEL VASITO	SABOR RECONOCIDO
1°		
2°		
3°		
4°		
5°		
6°		
7°		
8°		
9°		
10°		
11°		
12°		
13°		



## Anexo 2. Cuestionario de la prueba de identificación de sabores integrados en matrices alimentarias



### UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ANIMAL

*Laboratorio sensorial*

#### TEST DE CLASIFICACIÓN SOBRE LA ESCALA LINEAL

Apellidos \_\_\_\_\_ Nombre \_\_\_\_\_ Fecha \_\_\_\_\_

Prueba las muestras de izquierda a derecha y ordénalas en la escala lineal en función de la intensidad de sabor que percibes. Indica el código de la muestra encima de su marca en la escala. Ejemplo:



Test de clasificación del sabor dulce en requesón



Test de clasificación del sabor ácido en requesón



Test de clasificación del sabor salado en caldo



Test de clasificación del sabor umami en caldo





Consistencia	Dureza	Fuerza necesaria para romper la muestra con los molares en las tres primeras masticaciones	
	Jugosidad	Cantidad de saliva segregada durante las tres primeras masticaciones.	
	Fibrosidad	Grado de persistencia de las fibras al aplastarlas contra el paladar y frotarlas con la lengua	