



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



# UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

## *DESODORIZACIÓN DE HÍGADO DE CERDO POR ARRASTRE DE VAPOR*

TRABAJO FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN GESTIÓN DE LA SEGURIDAD Y CALIDAD  
ALIMENTARIA

ALUMNO/A: JORGE GIMÉNEZ LUJÁN

TUTOR/A ACADEMICO: JOSE V GARCÍA PEREZ

DIRECTOR EXPERIMENTAL: BLANCA ABRIL GISBERT

*Curso Académico: 2021-2022*

VALENCIA, FECHA

*5/2/2022*

# DESODORIZACIÓN DE HÍGADO DE CERDO POR ARRASTRE DE VAPOR

Giménez Luján, J.; García Perez, J.V.<sup>1</sup>; Abril Gisbert B.<sup>1</sup>

## RESUMEN

El hígado de cerdo es un alimento muy completo nutricionalmente debido principalmente a su elevado contenido en proteína y, además, micronutrientes de gran valor; entre los que destacan el fósforo, el potasio y la vitamina B12. Por este motivo, puede ser interesante la utilización de esta materia prima como base para la fabricación de distintos productos alimentarios. Sin embargo, el hígado presenta el problema de un intenso aroma que provoca rechazo en los consumidores, lo que ha limitado su consumo en fresco en los últimos años y también puede dificultar posteriores aplicaciones de sus productos derivados. Así, el objetivo de este trabajo fue analizar la efectividad del arrastre por vapor como método de desodorización del hígado de cerdo fresco y sometido a tratamientos de deshidratación y desgrasado. Los compuestos volátiles en la muestra desodorizada se analizaron mediante microextracción en fase sólida con espacio de cabeza (HS-SPME) acoplada a cromatografía de gases (GC) y detección con espectrómetro de masas (MS) (HS-SPME-GC/MS). Se identificaron diez compuestos volátiles principales en el hígado fresco, de los cuales, el Hexano, 2,2-dimetil-; la Oxima-, metoxi-fenil- y la 2-Heptanona, 6-metil-; fueron eliminados con todos los tratamientos realizados de desodorización. Los siete compuestos restantes vieron su concentración alterada en función del tratamiento efectuado, siendo la deshidratación con posterior desodorización el que mejores resultados produjo.

PALABRAS CLAVE: volátiles; desodorización; hígado; muestra.

## RESUM

El fetge de porc és un aliment molt complet nutricionalment degut principalment al seu elevat contingut en proteïna i, a més, micronutrientes de gran valor; entre els quals destaquen el fòsfor, el potassi i la vitamina B12. Per aquest motiu, pot ser interessant la utilització d'aquesta materia prima com a base per a la fabricació de diferents productes alimentaris. No obstant això, el fetge presenta la problemàtica d'un intens aroma que provoca rebuig en els consumidors, el que ha limitat el seu consum en fresc en els últims anys i també pot dificultar posteriors aplicacions dels seus productes derivats. Així, l'objectiu d'aquest treball va ser analitzar l'efectivitat de l'arrossegament per vapor com a mètode de desodorització del fetge de

---

<sup>1</sup> Grupo de Análisis y Simulación de Procesos Agroalimentarios. Departamento de Tecnología de Alimentos. Camino de Vera s/n, Edificio 3F, 46022, Valencia (España).

porc fresc i sometut a tractaments de deshidratació i desgreixat. Els compostos volàtils en la mostra desodoritzada es van analitzar analitzar mitjançant microextracció en fase sòlida amb espai de cap (HS-SPME) acoblada a cromatografia de gasos (GC) i detecció amb espectròmetre de masses (MS) (HS-SPME-GC/MS). Es van identificar deu compostos volàtils principals al fetge fresc, dels quals, el Hexà, 2,2-dimetil-; la Oxima-, metoxi-fenil- y la 2-Heptanona, 6-metil-; van ser eliminats amb tots els tractaments de desodorització realitzats. Els set compostos restants van veure la seva concentració alterada en funció del tractament efectuat, sent la deshidratació amb posterior desodorització el que millors resultats va produir.

PARAULES CLAU: volàtils; desodorització; fetge; mostra.

## ABSTRACT

The pork liver is a nutritionally complete food due to its high content of protein and, in addition, micronutrients of great value; among which phosphorus, potassium and vitamin B12 stand out. For this reason, it may be interesting to use this raw material as a basis for the manufacture of different food products. However, the liver presents the problem of an intense aroma which causes rejection by consumers, fact that has limited its fresh consumption in recent years and it can also hinder subsequent applications of its derived products. The goal of this work was to analyse the effectiveness of steam entrainment as a deodorization method in fresh pork liver and subjected to dehydration and degreasing treatments. The volatile compounds in the deodorized sample were analyzed by microextraction in solid phase with headspace (HS-SPME) coupled with gas chromatography (GC) and mass spectrometer detection (MS) (HS-SPME-GC / MS). Ten major volatile compounds were detected in fresh liver, of which, Hexane, 2,2-dimethyl-; Oxime-, methoxy-phenyl- and 2-Heptanone, 6-methyl-; were eliminated with all the deodorization treatments carried out. The seven remaining compounds saw their concentration altered depending on the treatment carried out, being dehydration with subsequent deodorization the one that produced the best results.

KEYWORDS: volatile compounds; deodorization; liver; sample.

## 1. INTRODUCCIÓN

El hígado de cerdo es considerado un alimento con un alto valor nutricional. Entre sus cualidades nutricionales cabe destacar la alta cantidad en proteínas (22,05 g/100 g), siendo de alto valor biológico y, a su vez, conteniendo todos los aminoácidos esenciales. También tiene un alto contenido en ácidos grasos esenciales, destacando el ácido docosahexaenoico que solo se encuentra en el hígado, el corazón y el bazo del cerdo. Por otro lado, tiene un alto contenido en minerales, resaltando el

fósforo (350 mg/100 g) y potasio (330 mg/100 g), pero también incluyendo cierta cantidad de otros minerales como calcio, hierro, zinc, yoduro, selenio, yodo, magnesio y sodio. El hígado de cerdo es un producto con un alto contenido en vitaminas entre las que destacan la vitamina A (6495 µg/100 g) y la vitamina B12 (25 µg/100 g), asimismo, posee también una gran cantidad de vitaminas del mismo grupo B como son: la vitamina B6, B1 y B2 (Seong *et al.*, 2014). Por último, es interesante destacar la posible problemática de su elevado contenido en colesterol en la salud cardiovascular, ya que es del orden de (301 mg/100 g) (Bedca, 2016).

Así, el hígado es una excelente materia prima debido a su alto valor nutricional. Sin embargo, su intenso aroma puede ser causa de rechazo, por lo que es interesante tratar de eliminar las sustancias volátiles causantes de este problema organoléptico mediante desodorización.

La desodorización consiste en eliminar completamente o reducir la concentración de aquellos compuestos volátiles relacionados con un aroma desagradable. Estudios previos han aplicado la desodorización en aceites, ya sean procedentes de oleaginosas (Zehnder, 1995) o de pescado (Oliveira *et al.*, 2016). También se ha aplicado en pescados (Yuan-ping y Fei-bao, 2011) y especias (Silva *et al.*, 2005), entre otros alimentos.

Existen diferentes estrategias para la desodorización de un alimento. En primer lugar, hay métodos que consisten en añadir sustancias que “oculten” o “disimulen” el olor desagradable (Ming-qian., 2012). Yuan-ping y Fei-bao (2011) estudiaron el efecto de la desodorización de carne de tilapia mediante el uso de ingredientes en diferentes proporciones como son levadura, té negro, té verde, té de crisantemo, carbón activo, vinagre y vino blanco. Tras la realización de un análisis sensorial, se concluyó que la combinación de ingredientes más efectiva en la desodorización era 1% de vino blanco, 3% de albahaca y 1% de vinagre durante 2 horas.

Otro de los métodos que se han aplicado en desodorización se basa en aplicar elevadas temperaturas durante un determinado período de tiempo, utilizadas mayormente en aceites (Tzompa-Sosa *et al.*, 2021) y pescados (Oliveira *et al.*, 2016). En el caso de aceites, se tiende a utilizar métodos de hidrodestilación que se basan en la utilización de agua, ya sea en estado líquido o gaseoso, para la extracción de compuestos volátiles. Hay tres métodos principales: inmersión directa de la muestra en agua; inmersión en agua y posterior inyección de vapor; e inyección de vapor (Silva *et al.*, 2005). El método más extendido y efectivo es la hidrodestilación mediante arrastre de vapor, que consiste en generar vapor a alta temperatura (con o sin vacío) para arrastrar el compuesto aromático (Zehnder, 1995). Se demostró que este método es el más efectivo para dar lugar a cúrcuma en polvo con menos aroma en comparación a otros como Kjeldahl, evaporación mediante rotavapor o destilación a vacío (Silva *et al.*, 2005).

Uno de los problemas principales de la desodorización a alta temperatura es la pérdida de componentes de calidad, ya sean nutricionales u organolépticos (De Greyt, 2020). Riyadi *et al.* (2016) y Oliveira *et al.* (2016) tuvieron que enfrentarse a este problema en sus respectivos estudios. En el primer caso para dar solución a la pérdida de carotenos en el aceite de palma rojo y, en el segundo, para evitar la pérdida de ácidos grasos

poliinsaturados en aceite de atún refinado. Para reducir en todo lo posible estas pérdidas, se ajustaron las condiciones de temperatura, presión y tiempo.

Por último, existen métodos que no dependen de la temperatura como son las adsorciones, algunas extracciones y las microencapsulaciones (Deke *et al.*, 2016). Estas técnicas resultan interesantes para conservar propiedades nutricionales y organolépticas de interés, puesto que se realizan a temperatura ambiente. Song *et al.* (2018) evaluaron diferentes técnicas pertenecientes a este grupo como son la extracción líquido-líquido, el tratamiento con polifenoles de té verde y la adsorción en fase sólida en aceite de pescado; concluyendo que la extracción líquido-líquido reduce en mayor medida los volátiles generadores de malos olores en el aceite de atún refinado.

Respecto a la desodorización en productos cárnicos, hay escasa información y puede ser interesante la profundización en su estudio.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, el objetivo principal de este proyecto es la evaluación de la efectividad del arrastre por vapor a baja temperatura como método de desodorización del hígado de cerdo. Se estudiará también los posibles impactos en la eliminación de compuestos aromáticos causados por tratamientos previos sobre el hígado como la deshidratación y el desgrasado. El estudio contemplará únicamente la variación de los compuestos volátiles presentes en el hígado fresco y no se evaluarán aquellos que aparecen como consecuencia de los diferentes tratamientos aplicados, aspectos a evaluar en subsiguientes trabajos.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1 Materia prima**

Para la realización del presente proyecto se utilizó hígado de cerdo procedente del matadero (Carnes de Teruel, Teruel, España). El hígado de cerdo se recibió entero y se procedió a la separación mediante lóbulos. Las muestras fueron almacenadas en congelación (-20°C), hasta la realización de las experiencias. En todos los casos, dos horas antes de realizar las experiencias de secado, desgrasado o desodorización se atemperó el hígado a 4°C y se trituró (Robot 600 plus, Taurus, España). Dichos tratamientos se detallan en los siguientes apartados.

### **2.2 Deshidratación**

Se tomó una muestra de 3g de hígado de cerdo, atemperado previamente a 4°C, y se homogenizó. Posteriormente, se introdujo la muestra en crisoles que fueron llevados a 105°C en estufa de convección (ED 115, Blinder GmbH, Alemania) durante 24 horas para eliminar la humedad. Una vez realizado este proceso, se cuantificó el contenido en humedad y se introdujo en cartuchos de papel de filtro para su posterior desodorización.

## **2.3 Desgrasado**

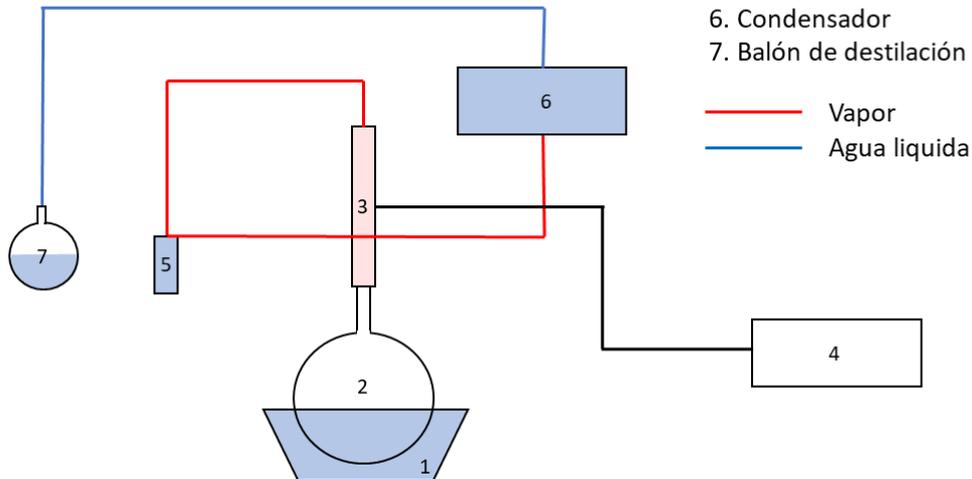
Para realizar el desgrasado, las muestras se deshidrataron tal y como se ha comentado anteriormente con la diferencia que la muestra se introduce directamente en cartuchos de papel de filtro. Posteriormente, los cartuchos con la muestra deshidratada se introducen en un equipo Soxhlet con la intención de separar la grasa. El equipo está formado por varios extractores Soxhlet, en los cuales se introdujeron las muestras y 70 mL de disolvente (éter de petróleo); varios balones de destilación (previamente pesados) unidos a los extractores; un baño y un condensador. Los balones con éter se colocan en un baño a 70°C de manera que el éter se evapora y arrastra el contenido de grasa de la muestra para, posteriormente, condensar y caer de nuevo en el balón donde el proceso volvería a comenzar. La extracción duró 6 horas para asegurar la correcta separación de la materia grasa de la muestra. Una vez que se extrajo la grasa, los balones con la grasa disuelta en el éter de petróleo se llevaron a estufa a 70°C para facilitar la evaporación del disolvente en la posterior etapa de rotaevaporación a 74°C, donde se terminó de eliminar el disolvente y se pudo cuantificar la grasa del hígado por diferencia de peso. Los cartuchos con la muestra también se colocaron en la estufa para eliminar el éter de petróleo restante.

## **2.4 Desodorización**

Para llevar a cabo la desodorización se introdujeron las muestras en cartuchos de papel de filtro. En el caso de las muestras de hígado fresco, se introdujeron 3 g tras la previa descongelación, trituración y homogenización de este. Por otro lado, tanto para el hígado deshidratado como para el hígado desgrasado, al tratarse de muestras secas, se introdujeron 3 g de estas en polvo. Para el proceso de desodorización mediante arrastre por vapor se utilizó el montaje experimental que se muestra en la figura 1.

## GLOSARIO

1. Baño
2. Balón de destilación grande
3. Columna
4. Bomba de vacío
5. Trampa
6. Condensador
7. Balón de destilación pequeño



**FIGURA 1.** Montaje experimental de desodorización mediante arrastre de vapor.

El balón de destilación (2), con 2 L de agua destilada, se colocó en el baño de agua (HB digital 115, IKA, Alemania) (1) que se mantuvo a 80°C. El balón estaba unido a la columna de destilación (3) en la que se colocaba el cartucho con la muestra. Así el vapor generado ascendía por la columna pasando sobre la muestra con un flujo de 0,19 g/s. Posteriormente, el vapor pasaba a un condensador (6), formado por un serpentín de refrigeración y recogíendose en el balón de destilación pequeño (7). Todo el sistema se encontraba conectado a una bomba de vacío (MZ 2C, Vacuubrand, Alemania) (4) (0.07 mbar) que permitía una evaporación del agua a temperaturas cercanas a 40°C (Figura 2).

Se utilizaba una trampa de agua para evitar que el vapor pudiese llegar a la bomba de vacío (5). Tras la operación, se midió el volumen de agua recogido durante el proceso de desodorización con el fin de averiguar el vapor generado (alrededor de 1100-1200 L).

Se fijó el tiempo de desodorización en 90 minutos. Se tomaron 45 mL del condensado y se almacenaron protegidos de la luz en congelación hasta su análisis. Con relación a las muestras sólidas, se extrajeron del cartucho de papel y se congelaron hasta su análisis.

## 2.5 Análisis de volátiles

Para llevar a cabo el análisis de volátiles, se utilizó la metodología descrita por Domínguez *et al.* (2019) de la microextracción en fase sólida con espacio de cabeza (HS-SPME) acoplada a la cromatografía de gases (GC) y detección con espectrómetro de masas (MS) (HS-SPME-GC/MS). Esta determinación se realizó en el Centro Tecnológico de la Carne (Galicia, España).

Para el SPME se utilizó fibra de sílice fundida de 10 mm de longitud recubierta con una capa de 50/30 nm de espesor de divinilbenceno, carboxeno y polidimetilsiloxano (Supelco, Bellefonte, PA, USA). Antes de llevar a cabo el análisis, se acondicionó la fibra por calor a 270°C durante 30 minutos. Para realizar la extracción se introdujeron 1 ±0,02g en viales de 20mL (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA) y se atornilló con un disco de goma de teflón laminado. Se equilibraron las muestras durante 15 minutos a 37°C para asegurar una temperatura homogénea de la muestra y el espacio de cabeza. A continuación, se realizaron las extracciones a 37°C durante 30 minutos.

Una vez finalizada la extracción, la fibra se transfirió a la zona de inyección del sistema constituido por el cromatógrafo de gases y el espectrómetro de masas (GC-MS). La fibra SPME fue desorbida y mantenida en la zona de inyección (modo splitless y una presión de helio de 9,59 psi) a 260°C durante 8 minutos. Tras cada inyección, la fibra fue lavada y acondicionada a 270°C durante 2 minutos para asegurar que estuviera limpia antes de la siguiente extracción. Se utilizó helio como gas portador con un caudal constante de 1,2 mL/min (9,59 psi). La columna que se usó para la separación de los componentes volátiles fue una columna capilar DB-624 de 30 m de longitud, 250 µm de ancho y 1,4 µm de espesor de película (J&W Scientific, Folsom, CA, USA). Se realizó un precalentamiento para alcanzar una temperatura isoterma de 40°C durante 10 minutos, seguido de un primer calentamiento donde la temperatura ascendió hasta 200°C a 5°C/min. Finalmente, se llevó a cabo un segundo calentamiento donde la temperatura ascendió hasta 250°C a 20°C/min, la cual se mantuvo durante 5 minutos. El análisis duró 49,5 minutos.

En cuanto a las condiciones del MS, la línea de transferencia se mantuvo a 260°C. La fuente de iones utilizada fue la Extraction Source Xtr EI 350 (Agilent Technologies, Santa Clara, CA, USA). El espectro de masas se obtuvo utilizando el detector de masas selectivo 5977B trabajando con una energía electrónica de 70 eV, con un voltaje multiplicador de electrones de alrededor de 900 V (factor de ganancia=1) y obteniendo 2,9 escáneres/s en el rango m/z 40–550 en el modo adquisición de escaneo. La fuente de masa se mantuvo a 230°C mientras que el quad de masa se ajustó a 150°C.

Tras el análisis cromatográfico, todos los datos obtenidos se estudiaron con el software MassHunter Quantitative Analysis B.07.01. Se llevó a cabo una comparación de estos con información bibliográfica. La integración de las áreas de los picos se realizó con el algoritmo Agile2 a, mientras que el pico de detección se obtuvo mediante deconvolución. Se identificaron los compuestos comparando los espectros de masas obtenidos con aquellos publicados en la base de datos NIST14. Los compuestos se consideraron correctamente identificados cuando tenían un factor de coincidencia superior que 85%.

A partir de los cromatogramas, se cuantificó la cantidad de cada compuesto mediante el área de sus picos, que se expresaron en unidades de área por gramo (UA/g). Dado que el contenido de humedad de los diferentes tipos de muestras fue diferente, se corrigió la cantidad de este compuesto de acuerdo a su contenido de humedad y se expresaron las

concentraciones en base seca (UA/g ms). En la tabla 1 se muestran los contenidos medios de humedad para cada tipo de muestra:

**TABLA 1.** Humedades experimentales en base húmeda para cada tipo de muestra

<b>Muestra</b>	<b>Contenido de Humedad (g w/g)</b>
Fresco	0,73
Fresco-desodorizado	0,78
Deshidratado-desodorizado	0,45
Deshidratado-desgrasado-desodorizado	0,29
Deshidratado	0,04

## 2.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se evaluó la normalidad mediante el test de Shapiro-Wilk y la homocedasticidad con el test de Levene. A continuación, se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) por cada compuesto volátil para diferentes agrupaciones de los tratamientos. Las comparaciones de medias se realizaron a partir de los intervalos LSD (Least Significant Difference) con un nivel de significación del 95% ( $p < 0,05$ ). La nomenclatura que se utilizó para identificar las diferentes muestras fue la siguiente:

- F (fresco)
- FD (fresco desodorizado)
- D (deshidratado)
- DD (deshidratado desodorizado)
- DGD (deshidratado desgrasado desodorizado).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Volátiles en fresco (F)

Los principales compuestos volátiles que se encontraron en el hígado fresco fueron los que se muestran en la tabla 2 clasificados por familias:

**TABLA 2.** Compuestos volátiles del hígado clasificados por familias.

Familia	Compuesto volátil
Alcoholes	1-Hexanol, 2-etil-
Compuestos halógenados	Metano, oxibis [dicloro-
Cetonas	Acetona
	2-Heptanona, 6-metil-
Hidrocarburos	Hexano, 2,2-dimetil-
	Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-
	n-hexano
Compuestos sulfurados	Dimetil disulfuro
	Sulfuro de carbono
Oxima-, metoxi-fenil-__	Oxima-, metoxi-fenil-__

Los compuestos identificados en el hígado fresco fueron anteriormente identificados en diferentes productos cárnicos. Yu *et al.* (2015) identificaron el 1-hexanol,2-etil- en el hígado de puercoespín. Dicho compuesto tiene unas características aromáticas definidas como florales, verdes y resinosas (Van Ba *et al.*, 2012).

La acetona también se identificó en el hígado de puercoespín (Yu *et al.*, 2015); así como en el hígado de cerdo cocinado a presión (Mussinan y Walradt, 1974). Posee un intenso aroma relacionado con disolventes etéreos, pera y manzana (TGSC, 2018). Asimismo, Estévez *et al.* (2005) identificaron la 2-Heptanona, 6-metil- en diferentes productos a base de hígado de cerdo. Además, también se encontró en el hígado de puercoespín (Yu *et al.*, 2015). La acetona posee unas características aromáticas relacionadas con el mentol y el clavo (Van Ba *et al.*, 2012).

El n-hexano, hidrocarburo encontrado en la carne de diferentes animales, como en la ternera (Hodgen, 2006). Se caracteriza por tener un ligero olor muy particular (Van Ba *et al.*, 2012).

Por otro lado, el dimetil sulfuro es un volátil que se identificó en el hígado de cerdo cocinado a presión, al igual que la acetona (Mussinan y Walradt, 1974). Sus características aromáticas son definidas como mohosas, picantes, gomosas y similares al olor a cebolla (Van Ba *et al.*, 2012).

Para el resto de los compuestos volátiles analizados en el presente estudio no hay información bibliográfica respecto a su presencia en productos cárnicos.

En la tabla 3 se muestran, ordenados de mayor a menor, la concentración de los distintos volátiles del hígado de cerdo.

**TABLA 3.** Valores medios de concentración de compuestos volátiles en hígado fresco de cerdo.

Compuesto	Concentración (UA · 10 <sup>4</sup> /g ms)	Error estándar
n-Hexano	612,03	78,01
Oxima-,metoxi-fenil-	121,06	12,18
Acetona	117,86	16,44
Sulfuro de carbono	93,32	14,06
Metano, oxibis [dicloro-	80,22	6,61
Dimetil disulfuro	78,66	7,07
Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-	23,94	3,38
2-Heptanona, 6-metil-	11,12	1,97
Hexano, 2,2-dimethyl-	10,64	1,05
1-Hexanol, 2-etil-	5,49	0,49

Se encontró una elevada variabilidad experimental en relación a la concentración de compuestos volátiles, tal y como se muestra en la tabla 3. Se puede apreciar como el n-hexano es el volátil presente en hígado fresco que se encuentra en una mayor cantidad, seguido de Oxima-, metoxi-fenil- y acetona. Im y Kurata (2003) definieron distintos tipos de ácidos (ácido hexanoico, ácido tetradecanoico, ácido pentadecanoico, entre otros) como los compuestos volátiles que en mayor concentración se encontraron en el hígado de cerdo, representando el 80,06% del total, lo que difiere en relación a los resultados del presente trabajo. Sin embargo, se ha de tener en cuenta que los autores analizaron todos los volátiles (diferentes aldehídos, alcoholes, cetonas, furanos, pirazinas, tiazoles, fenoles, tiofenos, pirroles, ésteres, indoles y ácidos), no únicamente los causantes de un olor desagradable como se ha realizado en este proyecto. Por otro lado, no hay presencia de todos los compuestos analizados por Im y Kurata en el presente estudio.

En los siguientes apartados de este trabajo se va a analizar como los tratamientos de desgrasado y desodorización descritos en el apartado de materiales y métodos afectaron a los compuestos volátiles del hígado de cerdo.

En la tabla 4, se puede observar cómo la aplicación de tratamientos de desodorización mediante técnicas convencionales eliminó tres compuestos: 2-heptanona, 6-metil-, Hexano, 2,2-dimethyl- y Oxima-,metoxi-fenil-. Se trata de compuestos, cuyas propiedades fisicoquímicas (PUBCHEM, 2020) contribuyeron a su eliminación con el aumento de la temperatura, hecho que se dio también con el resto de tratamientos.

**TABLA 4.** Presencia o ausencia de los compuestos volátiles encontrados en el hígado de cerdo en muestras sometidas a diferentes tratamientos.

Compuesto	Tratamiento				
	F	D	DD	DGD	FD
1-Hexanol, 2-etil-	x	x	x	x	X
Metano, oxibis [dicloro-	x	x	x	x	X
Acetona	x	x	x	x	X
2-Heptanona, 6-metil-	x	-	-	-	-
n-Hexano	x	x	x	x	X
Hexano, 2,2-dimethyl-	x	-	-	-	-
Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-	x	x	x	x	X
Dimetil disulfuro	x	x	x	x	X
Sulfuro de carbono	x	x	x	x	X
Oxima-,metoxi-fenil-	x	-	-	-	-

Muestra fresca (F), deshidratada (D), deshidratada y desodorizada (DD), deshidratada, desgrasada y desodorizada (DGD) y fresca desodorizada (FD).

### 3.2 Fresco desodorizado (FD)

La desodorización directa del hígado fresco conllevó una disminución significativa ( $p < 0,05$ ) de la concentración de sulfuro de carbono, pero un incremento significativo ( $p < 0,05$ ) de la concentración de acetona y Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-, tal y como se muestra en la tabla 5. Este aumento puede estar relacionado con problemas de crecimiento microbiano ya que la desodorización se realiza a una temperatura cercana a la óptima de muchos microorganismos (Pascual y Calderón, 1999).

**TABLA 5.** Resultados de la ANOVA para la comparación entre los compuestos volátiles del hígado fresco (F) y fresco desodorizado (FD).

Compuesto	Shapiro	Levene	F (n=6)	FD (n=18)
n-Hexano	-	+	612 <sup>a</sup>	407 <sup>a</sup>
Acetona	+	-	118 <sup>b</sup>	611 <sup>a</sup>
Sulfuro de carbono	-	-	93 <sup>a</sup>	26 <sup>b</sup>
Metano, oxibis [dicloro-	-	+	80 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>
Dimetil disulfuro	-	-	79 <sup>a</sup>	256 <sup>a</sup>
Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-	+	-	24 <sup>b</sup>	15157 <sup>a</sup>
1-Hexanol, 2-etil-	-	+	5 <sup>a</sup>	173 <sup>a</sup>

Se muestran valores medios (UA/g ms) y grupos homogéneos establecidos según intervalos LSD (95%).

### 3.3 Deshidratación (D)

La deshidratación mediante estufa a 105 °C durante 24h contribuyó a reducir de forma significativa la concentración de dimetil disulfuro ( $p < 0,05$ ). Asimismo, compuestos como el sulfuro de carbono y el n-Hexano también redujeron su concentración, aunque de forma no significativa ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, del mismo modo que en el caso anterior, la concentración de

Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil- se incrementó en casi tres órdenes de magnitud (tabla 6), lo que indica el impacto que puede tener la deshidratación a alta temperatura en el perfil de compuestos volátiles de este producto. No existe información bibliográfica previa donde se haya abordado esta temática por lo que su comparación no resulta factible.

**TABLA 6.** Resultados de la ANOVA para la comparación entre los compuestos volátiles del hígado fresco (F) y deshidratado (D).

Compuesto	Shapiro	Levene	F (n=6)	D (n=2)
n-Hexano	-	+	612 <sup>a</sup>	81 <sup>a</sup>
Acetona	+	+	118 <sup>a</sup>	102 <sup>a</sup>
Sulfuro de carbono	-	+	93 <sup>a</sup>	2 <sup>a</sup>
Metano, oxibis [dicloro-	+	+	80 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>
Dimetil disulfuro	+	+	79 <sup>a</sup>	1 <sup>b</sup>
Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-	+	-	24 <sup>b</sup>	5354 <sup>a</sup>
1-Hexanol, 2-etil-	+	+	5 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>

Se muestran valores medios (UA/g ms) y grupos homogéneos establecidos según intervalos LSD (95%).

### 3.4 Deshidratación y desodorización (DD)

La deshidratación del hígado fresco junto con su posterior desodorización contribuyó a disminuir la concentración de manera significativa ( $p < 0,05$ ) del sulfuro de carbono, el dimetil disulfuro y el n-Hexano que son los volátiles de aroma desagradable más presentes en el hígado fresco. Por otra parte, se incrementó de manera significativa ( $p < 0,05$ ) la concentración de 1-Hexanol, 2-etil- y de Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-. Siendo en este último caso un incremento de hasta casi 4 órdenes de magnitud (tabla 7):

**TABLA 7.** Resultados de la ANOVA para la comparación entre los compuestos volátiles del hígado fresco (F) y deshidratado desodorizado (DD).

Compuesto	Shapiro	Levene	F (n=6)	DD (n=15)
n-Hexano	-	-	612 <sup>a</sup>	145 <sup>b</sup>
Acetona	-	+	118 <sup>a</sup>	309 <sup>a</sup>
Sulfuro de carbono	-	-	93 <sup>a</sup>	15 <sup>b</sup>
Metano, oxibis [dicloro-	-	+	80 <sup>a</sup>	48 <sup>a</sup>
Dimetil disulfuro	-	-	79 <sup>a</sup>	5 <sup>b</sup>
Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-	+	-	24 <sup>b</sup>	11960 <sup>a</sup>
1-Hexanol, 2-etil-	+	-	5 <sup>b</sup>	25 <sup>a</sup>

Se muestran valores medios (UA/g ms) y grupos homogéneos establecidos según intervalos LSD (95%).

### 3.5 Deshidratación, desgrasado y desodorización (DGD)

En el caso del hígado deshidratado, desgrasado y posteriormente desodorizado se produjo una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) de la concentración de sulfuro de carbono, dimetil disulfuro y Metano, oxibis [dicloro-. Al contrario que en el caso anterior, se puede apreciar cómo no se redujo de manera significativa ( $p < 0,05$ ) el n-Hexano presentando un ligero aumento (tabla 8):

**TABLA 8.** Resultados de la ANOVA para la comparación entre los compuestos volátiles del hígado fresco (F) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

Compuesto	Shapiro	Levene	F (n=6)	DGD (n=21)
n-Hexano	-	+	612 <sup>a</sup>	1169 <sup>a</sup>
Acetona	-	+	118 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>
Sulfuro de carbono	-	-	93 <sup>a</sup>	37 <sup>b</sup>
Metano, oxibis [dicloro-	-	-	80 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>
Dimetil disulfuro	-	-	79 <sup>a</sup>	2 <sup>b</sup>
Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-	+	-	24 <sup>b</sup>	7330 <sup>a</sup>
1-Hexanol, 2-etil-	+	-	5 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>

Se muestran valores medios (UA/g ms) y grupos homogéneos establecidos según intervalos LSD (95%).

### 3.6 Comparación de tratamientos

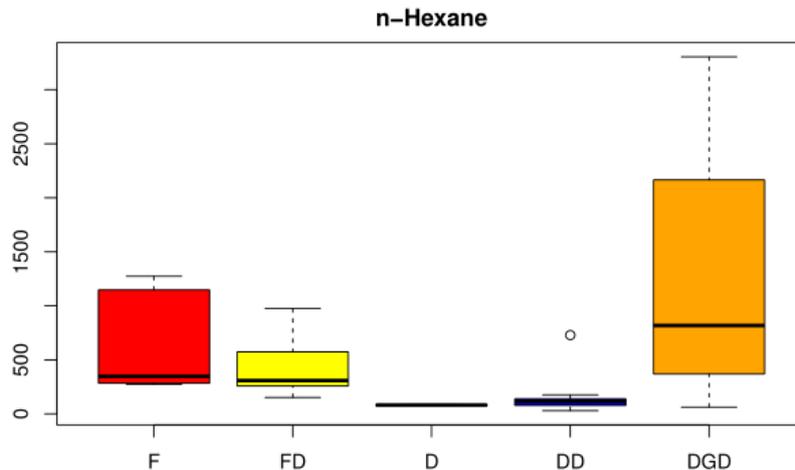
Se realizó un análisis global con los resultados de las muestras sometidas a los diferentes tratamientos con el objetivo de comparar su impacto en los compuestos volátiles presentes en el hígado de cerdo fresco (Tabla 9)

**TABLA 9.** Concentración de compuestos volátiles para hígado fresco y sometido a diferentes tratamientos.

Compuesto	F (n=6)	FD (n=18)	D (n=2)	DD (n=15)	DGD (n=21)
n-Hexano	612 <sup>ab</sup>	407 <sup>b</sup>	81 <sup>b</sup>	145 <sup>b</sup>	1169 <sup>a</sup>
Acetona	118 <sup>b</sup>	611 <sup>a</sup>	102 <sup>b</sup>	309 <sup>b</sup>	150 <sup>b</sup>
Sulfuro de carbono	93 <sup>a</sup>	26 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>	15 <sup>b</sup>	37 <sup>b</sup>
Metano, oxibis [dicloro-	80 <sup>a</sup>	74 <sup>a</sup>	98 <sup>a</sup>	48 <sup>ab</sup>	11 <sup>b</sup>
Dimetil disulfuro	79 <sup>ab</sup>	256 <sup>a</sup>	1 <sup>b</sup>	5 <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>
Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-	24 <sup>c</sup>	15157 <sup>a</sup>	5354 <sup>bc</sup>	11960 <sup>a</sup>	7330 <sup>b</sup>
1-Hexanol, 2-etil-	5 <sup>b</sup>	173 <sup>a</sup>	7 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>

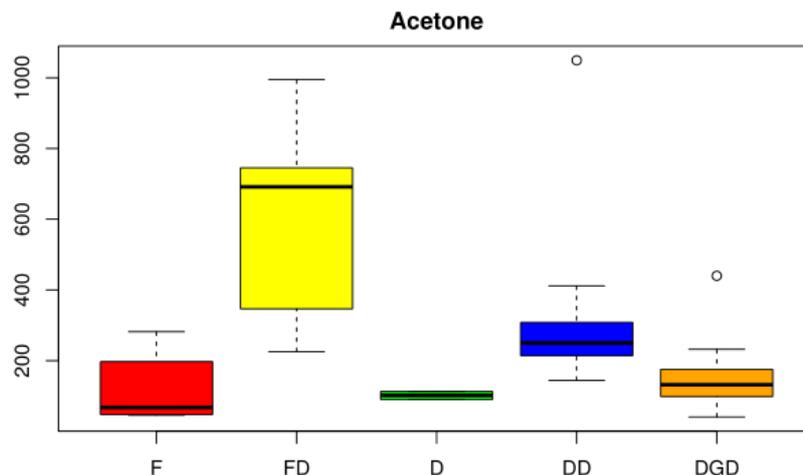
Se muestran valores medios (UA/g ms) y grupos homogéneos establecidos según intervalos LSD (95%).

Se puede apreciar como el tratamiento que más redujo la concentración de n-Hexano con respecto al hígado fresco fue la deshidratación (Figura 2). Sin embargo, ese descenso no fue significativo ( $p > 0,05$ ); por lo que el tratamiento más eficaz fue la deshidratación seguida de una desodorización. La desodorización del hígado fresco no produjo una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) de la concentración de n-hexano, seguramente al no alcanzarse temperaturas lo suficientemente elevadas para su completa evaporación (69°C) (ILO, 2020). En el caso del tratamiento de deshidratado, desgrasado y desodorizado se puede observar cómo no se redujo de manera significativa ( $p < 0,05$ ) el n-Hexano y parece que aumentó. Esto se debe a que el éter de petróleo (reactivo utilizado en el desgrasado Soxhlet), está formado por diferentes hidrocarburos muy inflamables entre los que se encuentra el hexano (CHEMICALBOOK, 2020), que puede aparecer como residuo en la muestra.



**FIGURA 2.** Diagrama de Box y Whiskers para la concentración de n-Hexano en hígado fresco (F), fresco desodorizado (FD), deshidratado (D), deshidratado desodorizado (DD) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

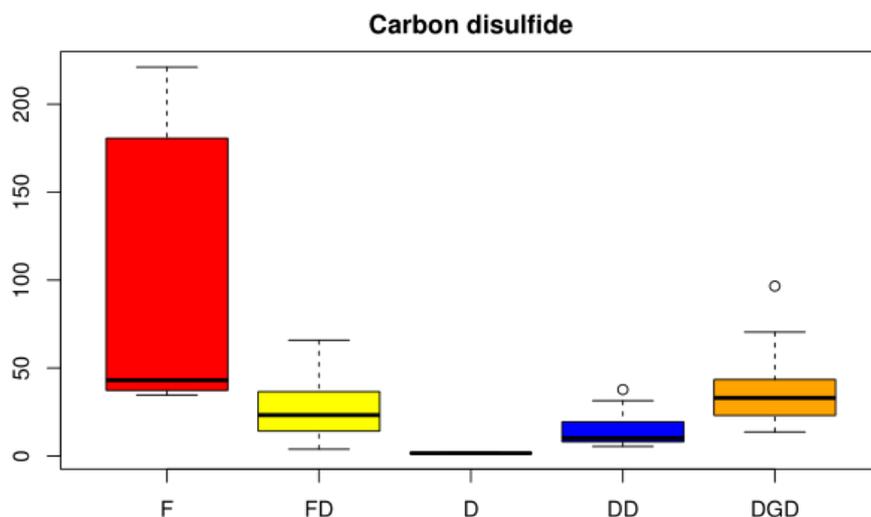
En la figura 3 se muestra como ningún tratamiento redujo la concentración de acetona del hígado fresco de forma significativa ( $p < 0,05$ ). Así, se puede afirmar que las temperaturas a las que se trabajaron en los distintos tratamientos no conllevan a la reducción de la concentración de este compuesto. De hecho, este se ha identificado en el hígado de cerdo cocinado a presión a  $162^{\circ}\text{C}$  (Mussinan y Walradt, 1974). En concreto en las muestras frescas desodorizadas, se observó un incremento relevante de su concentración, lo que como ya se ha comentado anteriormente podría haberse visto ocasionado por una degradación microbiana.



**FIGURA 3.** Diagrama de box y whiskers para la concentración de acetona en hígado fresco (F), fresco desodorizado (FD), deshidratado (D), deshidratado desodorizado (DD) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

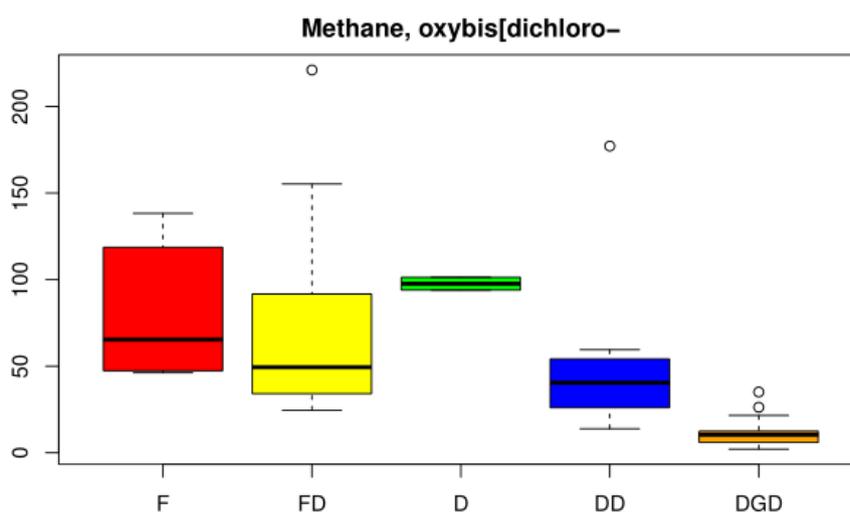
En relación con el sulfuro de carbono (Figura 4), el tratamiento que más redujo la concentración respecto al hígado fresco fue la deshidratación, sin embargo, no fue significativo ( $p > 0,05$ ). La reducción en la concentración de

sulfuro de carbono puede verse favorecido por la baja temperatura de ebullición que tiene este compuesto (46°C) (PUBCHEM, 2020). Así, en todos los tratamientos se llevó a cabo una etapa donde la temperatura superaba el punto de ebullición del sulfuro de carbono, lo que conllevó una disminución significativa ( $p > 0,05$ ) de su concentración.



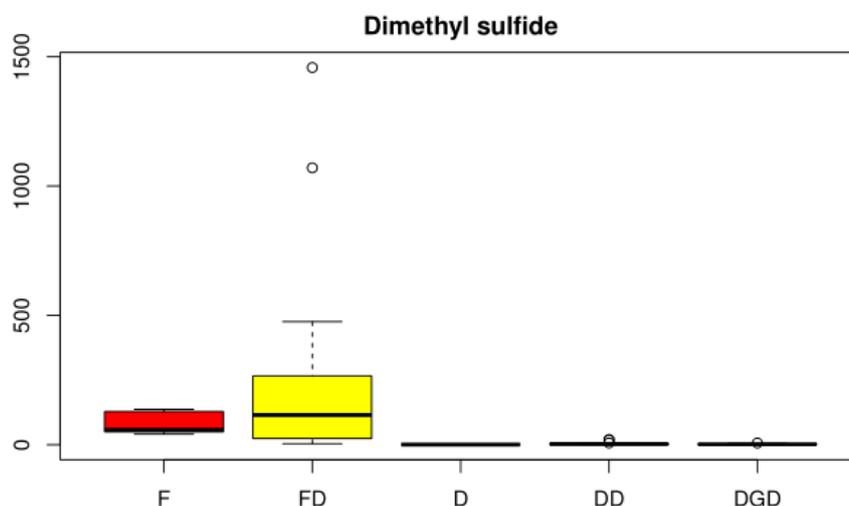
**FIGURA 4.** Diagrama de box y whiskers para la concentración de sulfuro de carbono en hígado fresco (F), fresco desodorizado (FD), deshidratado (D), deshidratado desodorizado (DD) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

La concentración de Metano, oxibis [dicloro- (figura 5) se redujo en mayor proporción con el tratamiento de deshidratación, desgrasado y posterior desodorización. Se trata de un compuesto apolar, muy influenciado por el contenido en grasas del alimento, por lo que la eliminación de estas favoreció su pérdida (PUBCHEM, 2020).



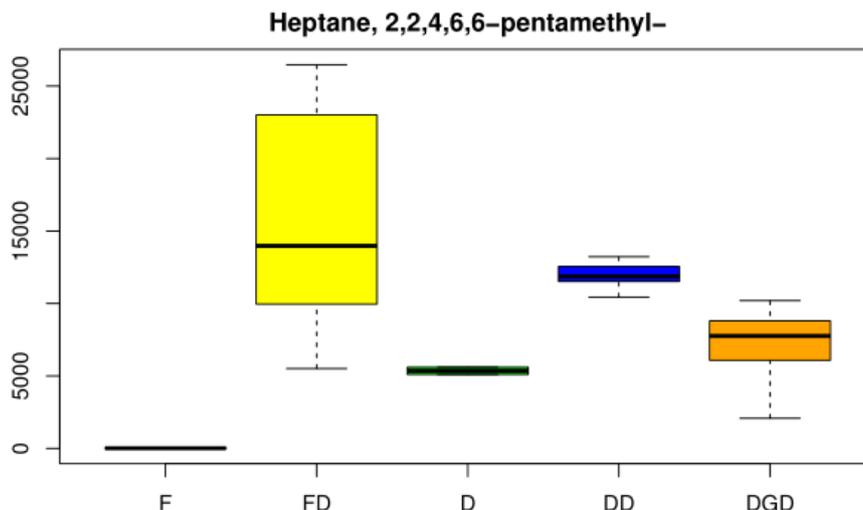
**FIGURA 5.** Diagrama de box y whiskers para la concentración de Metano, oxibis [dicloro- en hígado fresco (F), fresco desodorizado (FD), deshidratado (D), deshidratado desodorizado (DD) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

Respecto al dimetil sulfuro (figura 6), las muestras deshidratadas (D), deshidratadas y desodorizadas (DD); y deshidratadas, desgrasadas y desodorizadas (DGD) produjeron una reducción significativa ( $p < 0,05$ ) de la concentración del compuesto respecto al hígado fresco (F). El tratamiento que fue más eficaz a la hora de reducirla fue la deshidratación. Se puede apreciar que la desodorización del hígado fresco produjo un incremento de la concentración de este compuesto, sin embargo, no fue significativo ( $p > 0,05$ ). Debido al bajo punto de ebullición de este compuesto  $38^{\circ}\text{C}$  (CHEMICALBOOK, 2020), la temperatura del resto de tratamientos fue la principal causa de la reducción de su concentración. A pesar de su disminución, el dimetil sulfuro no se eliminó completamente lo cual coincide con trabajos previos que han observado su presencia en hígado de cerdo cocinado a presión a  $162^{\circ}\text{C}$  (Mussinan y Walradt, 1974). Este hecho puede deberse a su alta capacidad de adsorción a la matriz sólida.



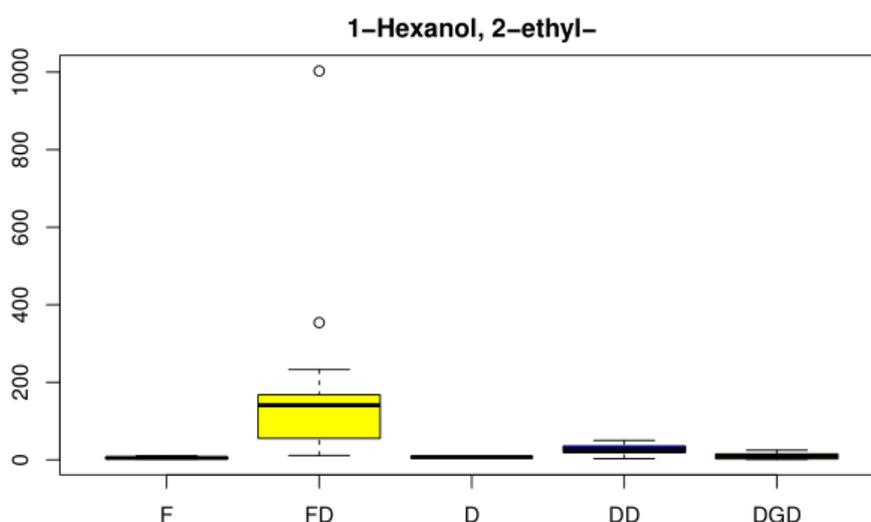
**FIGURA 6.** Diagrama de box y whiskers para la concentración de dimetil sulfuro en hígado fresco (F), fresco desodorizado (FD), deshidratado (D), deshidratado desodorizado (DD) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

En la figura 7 se aprecia como todos los tratamientos produjeron un incremento significativo ( $p < 0,05$ ) en la concentración del Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil-, siendo el hígado deshidratado la muestra en la que menos se incrementó. El aumento tan destacado de la concentración del Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil- fue causado probablemente por el efecto del calor producido en todos los tratamientos. Sin embargo, no existe información bibliográfica concreta con la que comparar y contrastar esta hipótesis.



**FIGURA 7.** Diagrama de box y whiskers para la concentración de Heptano, 2,2,4,6,6-pentametil- en hígado fresco (F), fresco desodorizado (FD), deshidratado (D), deshidratado desodorizado (DD) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

En el caso del 1-Hexanol, 2-etil- (Figura 8), su concentración aumentó de manera significativa ( $p < 0.05$ ) en las muestras de hígado fresco desodorizadas. En el resto de tratamientos su concentración fue ligeramente superior a la del hígado fresco. En ningún caso se redujo la concentración de este producto debido probablemente a que su punto de ebullición es de alrededor de  $180^{\circ}\text{C}$  (CHEMICALBOOK, 2020), temperatura a la que ningún tratamiento llegó. De hecho, Estévez et al. (2005) identificaron la presencia de este compuesto en productos a base de hígado de cerdo para cuya elaboración es necesario una cocción. Seguramente el aumento de la concentración en el caso del hígado fresco desodorizado fuese debido al crecimiento microbiano (Pascual y Calderón, 1999).



**FIGURA 8.** Diagrama de box y whiskers para la concentración de 1-Hexanol, 2-etil- en hígado fresco (F), fresco desodorizado (FD), deshidratado (D), deshidratado desodorizado (DD) y deshidratado, desgrasado y desodorizado (DGD).

## 4. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se extraen de este trabajo son las que se exponen a continuación:

- La desodorización mediante arrastre de vapor llevado a cabo en este trabajo a baja temperatura es más o menos efectiva dependiendo del tratamiento previo que se proporcione a la muestra de hígado.
- La aplicación de todos los tratamientos (FD, D, DD y DGD) ha permitido la eliminación de ciertos compuestos volátiles como son el Hexano, 2,2-dimetil-; Oxima-, metoxi-fenil- y 2-Heptanona, 6-metil-.
- Ningún tratamiento conlleva a la reducción de todos los compuestos estudiados. Algunos aumentan la concentración de ciertos volátiles mientras que otros reducen esta misma. El único compuesto que aumenta con todos los tratamientos realizados es el Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-.
- Ningún tratamiento reduce la concentración de acetona de manera significativa ( $p > 0,05$ ) con respecto al hígado fresco. Sería interesante estudiar otros métodos que permitan disminuir la concentración de este volátil.
- El tratamiento de muestra menos efectivo para la eliminación de compuestos volátiles es la desodorización del hígado fresco (FD). Esto es debido a que solo reduce de manera significativa ( $p > 0,05$ ) la concentración de sulfuro de carbono, mientras que aumenta muy acusadamente la de acetona y Heptano, 2,2,4,6,6- pentametil-. Este hecho puede estar asociado por el crecimiento microbiano que la desodorización (a 40°C) puede provocar (Pascual y Calderón, 1999).
- El tratamiento que mejores resultados produce a la hora de reducir la presencia de volátiles causantes de un aroma desagradable en el hígado fresco (F) es la deshidratación con posterior desodorización (DD). Reduce la concentración de un mayor número de compuestos estudiados y es un tratamiento simple y rápido.

## 5. REFERENCIAS

- BEDCA. *Base de Datos Española de Composición de Alimentos*.  
<https://www.bedca.net/bdpub/> [Consulta: 5 de febrero 2020].
- CHEMICALBOOK. Chemical Search Engine.  
[https://www.chemicalbook.com/ProductIndex\\_en.aspx](https://www.chemicalbook.com/ProductIndex_en.aspx)
- De Greyt, W. (2020). Deodorization. *AOCS Lipid Library*. <https://lipidlibrary.aocs.org/edible-oil-processing/deodorization> [Consulta: 1 de junio 2020].
- Deke, C., Xin, C., Hua, C., Bingna, C., Peng, W., Xiaolian, Z., Han, S., Huili, S. Jianyu, P. (2016). Identification of Odor Volatile Compounds and Deodorization of *Paphia undulata* Enzymatic Hydrolysate. *J. Ocean Univ. China (Oceanic and Coastal Sea Research)*, 15 (6), 1101-1110.
- Domínguez, R., Purriños, L., Pérez-Santaescolástica, C., Pateiro, M., Barba, F. J., Tomasevic, I., Bastianello, P. C., Campagno, J. L. (2019). Characterization of Volatile Compounds of Dry-Cured Meat Products Using HS-SPME-GC/MS Technique. *Food Analytical Methods*, 12, 1263–1284.

- Estévez, M., Ventanas, J., Cava, R., Puolanne, E. Characterisation of a traditional Finnish liver sausage and different types of Spanish liver pâtés: A comparative study. *Elsevier. Meat Science*, 71, 657–669.
- Hodgen, J. M. J. (2006). Factor influencing off-flavor in beef. *Theses and Dissertations in Animal Science*. University of Nebraska – Lincoln.
- ILO. *International Labour Organization. Fichas Internacionales de Seguridad Química (ICSCs)*. [https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p\\_lang=es](https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.listcards3?p_lang=es) [Consulta: 16 de enero 2021].
- Im, S. Kurata, T. (2003). Characterization of Off-Flavors in Porcine Liver Collected by SDE. *Food Sci. Technol. Res.*, 9 (4), 338–341.
- Ming-qian, Z., Yunhe, L., Dongrui, Y. (2012). Comparative Research on Deodorization of Loach (*Misgurnus anguillicaudatus*). *Journal of Anhui Agri. Sci*, 40 (36), 17761–17765.
- Zehnder, C. T. (1995). Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization. Chapter 14 – Deodorization. *AOCS PRESS*. 239-257.
- Oliveira, D., Minozzo, M. G., Licodiedoff, S., Waszczynskyj, N. (2016). Physicochemical and sensory characterization of refined and deodorized tuna (*Thunnus albacares*) by-product oil obtained by enzymatic hydrolysis. *Elsevier. Food Chemistry*, 207, 187-194.
- Yuan-ping, Z., Fei-bao, L. (2011). Comparative study on deodorization of tilapia meat. *CNKI*, 32 (2), 217-222.
- Mussinán, C. J., Walradt, J. P. (1974). Volatile Constituents of Pressure Cooked Pork Liver. *J. Agr. Food Chem.*, 22 (5), 827-831.
- Pascual, M., Calderón, V. (1999). Microbiología alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas. Ediciones Día de Santos.
- PUBCHEM. Base de datos de moléculas. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/> [Consulta: 16 de enero 2021].
- Riyadi, A. H., Muchtadi, T. R., Andarwulan, N., Haryati, T. (2016). Pilot Plant Study of Red Palm Oil Deodorization Using Moderate Temperature. *Elsevier. Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 209-216.
- Seong, P. N., Park, K. M., Cho, S. H., Kang, S. M., Kang, G. H., Park, B. Y., Moon, S. S., Ba, H. V. (2014). Characterization of Edible Pork By-products by Means of Yield and Nutritional Composition. *Korean J Food Sci Anim Resour*. 34 (3), 297–306.
- Silva, L. V., Nelson, D. L., Drummond, M. F. B., Dufossé, L., Glória, M. B. A. (2005). Comparison of hydrodistillation methods for the deodorization of turmeric. *Elsevier. Food Research International*. 38 (8–9), 1087-1096.
- Song, G., Zhang, M., Peng, X., Yu, X., Dai, Z., Shen, Q. (2018). Effect of deodorization method on the chemical and nutritional properties of fish oil during refining. *Elsevier. LWT* 96, 560-567.
- TGSC. The Good Scents Company Information System. <http://www.thegoodscentscompany.com/data/rw1001331.html> [Consulta: 16 de enero 2021].
- Tzompa-Sosa, D.A., Dewettinck, K., Gellynck, X. Schouteten, J. J. (2021). Replacing vegetable oil by insect oil in food products: Effect of deodorization on the sensory evaluation. *Elsevier. Food Research International*, 141, 110-140.
- Van Ba, H. Hwang, I., Jeong, D., Touseef, A. Principle of Meat Aroma Flavors and Future Prospect. Chapter 7. *Latest Research into Quality Control. InTech*, 145-176.
- Yu, X., Chen, Sheng, L., Sheng, L., Tong, Q. Volatile Compounds Analysis and Off-Flavors Removing of Porcupine Liver. *Food Science and Technology Research*, 22 (2), 283-289.