

INCORPORACIÓN DE ACEITES ÁCIDOS EN LA ALIMENTACIÓN DE LA LUBINA (*Dicentrarchus labrax*)

EFFECTO SOBRE LA CALIDAD DEL FILETE

Departament de Ciència Animal i dels aliments

Universitat Autònoma de Barcelona

Facultat de Veterinària

Trabajo presentado para la superación de los 15 créditos del Módulo
Trabajo Fin de Máster de **Máster del Máster Oficial en Calidad de
Alimentos de Origen Animal**

Noviembre 18, 2020

CARLOS FERRER MEZQUITA

Tutora: Roser Sala Pallarés

Informe del tutor

Roser Sala Pallarés, Professora del Departament de Ciència Animal i dels Aliments de la Universitat Autònoma de Barcelona,

Informa:

Que el trabajo de investigación titulado: “Incorporación de aceites ácidos en la alimentación de la lubina (*Dicentrarchus labrax*). Efecto sobre la calidad del filete”. Ha sido realizado bajo su supervisión por el Sr. Carlos Ferrer Mezquita dentro del módulo Trabajo Fin de Máster del Máster Oficial de Calidad de alimentos de Origen Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Para que conste a los efectos oportunos, firmo la presente en Bellaterra, 18 de noviembre de 2020.

Fdo.: Roser Sala Pallarés.

Declaración de autenticidad

Carlos Ferrer Mezquita, estudiante del Máster Oficial de Calidad de alimentos de Origen Animal de la Universitat Autònoma de Barcelona, Declara:

El presente documento titulado: “Incorporación de aceites ácidos en la alimentación de la lubina (*Dicentrarchus labrax*). Efecto sobre la calidad del filete”, sus contenidos y resultados obtenidos en este Trabajo de Fin de Máster del Máster Oficial en Calidad de Alimentos de Origen Animal es original, auténtico y personal, de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.



Fd.: Carlos Ferrer Mezquita

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a mi tutora Dr. Roser Sala Pallarés, quién sus conocimientos y apoyo, me guio a través de cada una de las etapas de este proyecto para lograr alcanzar los resultados que buscaba.

También agradecer a Gerard Verge Mèrida, Doctorando en Producción Animal, por brindarme todos los conocimientos que fueron necesarios para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos obtenidos. Sin su ayuda no hubiese podido llegar a obtener los resultados actuales.

Además, agradecer a María Carme Martínez Cano, Técnica de laboratorio, por su seguimiento, asesoramiento y ayuda en todos los procesos de análisis de laboratorio. Gracias a su supervisión no hubo incidente alguno.

A Paula Abendea, por la cesión de los datos facilitados en “Composición de la composición en clases lipídicas de los aceites experimentales”.

Finalmente, a mi compañera, Tania Serrano, por apoyarme y acompañarme durante todo el proceso de investigación.

Muchas gracias a todos.

Listado de abreviaciones

AAOO. Aceite ácido de orujo de oliva.

AASG. Aceite ácido de soja-girasol.

AGE. Ácidos grasos esenciales.

AGL. Ácidos grasos libres.

ALA. Ácido α -linolénico.

ANOVA. Análisis de variancia para comparar múltiples medias.

AP. Aceite de pescado.

AOO. Aceite de orujo de oliva.

AS. Aceite de soja.

DAG. Diacilglicéridos.

DHA. Ácido docosahexaenoico.

EB. Energía bruta.

EPA. Ácido eicosapentaenoico.

ESM. Error estándar de la media.

F. Dieta control compuesta por aceite de pescado.

FAME. Éster metílico de ácido graso.

FB. Fibra bruta.

FFA. Ácidos grasos libres.

HUFA. Ácidos grasos altamente insaturados

LA. Ácido linolénico.

ISO. International Organization for Standardization.

MAG. Monoacilglicéridos

NQC. Nivel de corte de calidad noruega.

NS. No significativo.

OL. Oleico.

OO. Dieta experimental compuesta con orujo de oliva.

OOA. Dieta experimental compuesta con aceite ácido de orujo de oliva.

P. *p* Valor.

PUFA. Ácidos grasos poliinsaturados.

S. Dieta experimental compuesta con aceite de soja.

SA. Dieta experimental compuesta con aceite ácido de soja-girasol.

SFA. Ácidos grasos saturados.

TAG. Triacilglicéridos.

UFA. Ácidos grasos insaturados.

Índice

Informe del tutor	2
Declaración de autenticidad	3
Agradecimientos	4
Listado de abreviaciones	5
Resumen	8
1. Introducción.....	9
2. Material y métodos.....	13
2.1. Aceites y dietas experimentales	13
2.2. Condiciones de cultivo y muestreo.....	16
2.3. Evaluación del color de los filetes	17
2.4. Determinación de la cantidad de grasa, proteínas, humedad y capacidad de retención de líquidos de los filetes.....	17
2.5. Determinación de la composición en ácidos grasos del filete	18
2.6. Análisis estadístico	18
3. Resultados	19
3.1. Color	19
3.2. Composición química y capacidad de retención de líquidos de los filetes.....	20
3.3. Composición en ácidos grasos del filete.....	21
4. Discusión	24
4.1. Color	24
4.2 Composición química y capacidad de retención de líquidos de los filetes.....	25
4.3 Composición en ácidos grasos del filete.....	25
5. Conclusiones	27
6. Bibliografía	28

Resumen

Los aceites ácidos vegetales se caracterizan por ser ricos en ácidos grasos libres (AGL) y mantener una composición similar a sus respectivos aceites vegetales crudos. Su uso como una fuente de grasa prometedora con fines alimentarios ha sido señalada debido a que tienen un precio competitivo y participan en la sostenibilidad del medio ambiente. El presente estudio tuvo como objetivo estudiar la substitución de los aceites crudos de soja y orujo de oliva por sus respectivos aceites ácidos, solos o en combinaciones, como alternativas al aceite de pescado en piensos destinados a lubinas (*Dicentrarchus labrax*) y evaluar el efecto sobre la calidad del filete después de 90 días de período experimental. Se valoró el color del filete en fresco y después de congelación, así como la capacidad de retención de líquidos después de congelación y la composición en ácidos grasos. No se observó un claro efecto del tipo de aceite (soja y orujo de oliva) y del grado de acidez (aceite ácido de soja y aceite ácido de orujo de oliva) sobre el color en fresco y después de congelación. Tampoco se observaron cambios en la composición química y en la capacidad de retención de líquidos. El mayor porcentaje de ácidos grasos libres en las dietas ácidas vegetales no dio lugar a cambios importantes en la composición de ácidos grasos del filete.

Vegetable acid oils are characterized by being rich in free fatty acids (FFA) and maintain a composition similar to their respective crude vegetable oils. Its use as a promising fat source for feed purposes, because of their competitive price and promoting environmental sustainability. The present study aimed to study the replacement of crude soybean and olive pomace oils by their respective acidic oils, alone or in combinations, as alternatives to fish oil in feed for seabass (*Dicentrarchus labrax*) and evaluate their effect on fillet quality after 90 days of experimental period. The colour of the fillet was assessed fresh and after freezing, as well as the liquid retention capacity after freezing and the fatty acid composition. No clear effect of oil type (soy and olive pomace) and degree of acidity (acidic soybean oil and acidic olive-pomace oil) was observed on colour fresh and after freezing. Either changes in the chemical composition and liquid retention capacity were observed. The higher percentage of free fatty acids in the vegetable acid diets did not lead to changes in the fatty acid composition of the fillet.

1. Introducción

La sostenibilidad a largo plazo de la pesca y la acuicultura se enfrenta a grandes desafíos, entre algunos de los cuales encontramos la sobrepesca de especies marinas y el cambio climático (Bernatchez et al., 2017; Yue et Wang, 2017). Uno de estos desafíos sería el aumento continuo de la acuicultura (Fig. 1), que desde el 1970 hasta la actualidad ha alcanzado el 46% del total de la producción mundial de animales acuáticos (pesca + acuicultura) (FAO, 2020). La producción mundial de animales acuáticos alcanzó 179 millones de toneladas en 2018, de las cuales 82 millones procedieron de la producción acuícola. Así pues, queda patente el papel esencial que cumple la acuicultura en cubrir la demanda de productos acuáticos a nivel mundial, estimada en 20,5 quilogramos por cápita. El continuo desarrollo de la acuicultura se plantea unos objetivos de producción para el 2030 de 109 millones cuyo cumplimiento supondría un aumento de un 32% más que la producción alcanzada en 2018 (FAO, 2020).

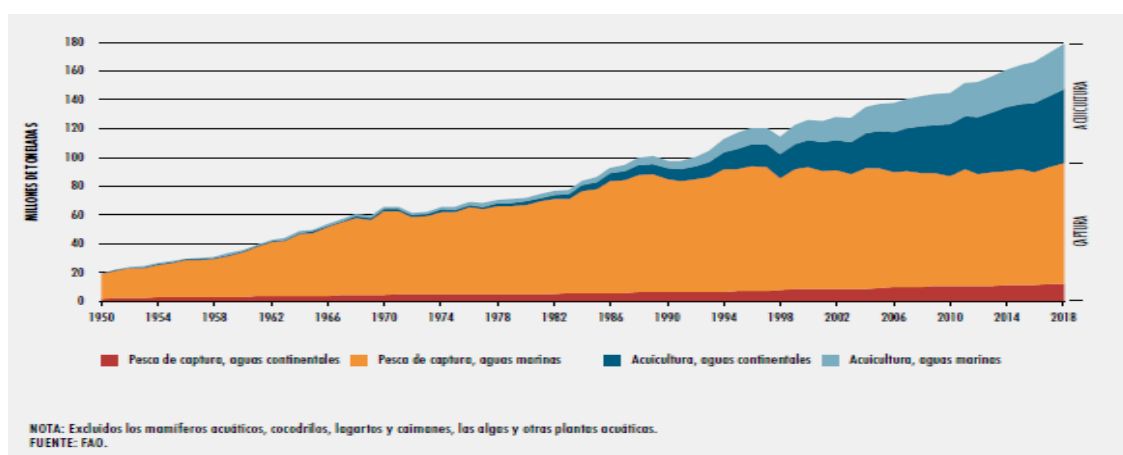


Figura 1. Producción mundial de la pesca de captura y la acuicultura (FAO, 2020).

Desafortunadamente, el sector de la acuicultura (peces y crustáceos) sigue dependiendo de la pesca de captura marina para obtener suministros de nutrientes dietarios clave (Tacon y Metian, 2008) en forma de harina y aceite de pescado. Como publicaba la FAO, ya en 2008, los suministros mundiales de peces forrajeros silvestres destinados a la producción de harina y aceite de pescado se encuentran estáticos, e incluso, decrecientes. En consecuencia, el aumento de la producción en acuicultura ha llevado a un aumento de los precios de estos ingredientes. La alimentación suele representar el elemento de mayor costo de la mayoría de las operaciones de cultivo de peces y crustáceos (FAO, 2006).

Además, la sociedad civil y minoristas ejercen presión al mercado exigiendo la mejora de la sostenibilidad en cuanto a los recursos pesqueros de la acuicultura (Deutsch et al., 2007; Naylor et al., 1998; Naylor et al., 2000). Toda esta situación, ha obligado a los fabricantes de piensos para acuicultura a sustituir parte del nivel de inclusión del aceite de pescado de los piensos con la finalidad de ser más rentables.

Todos los organismos vivos son capaces de sintetizar ácidos grasos saturados o monoinsaturados, en cambio, solo unos pocos pueden producir ácidos grasos poliinsaturados (PUFA); por lo tanto, estos deberían incluirse en la dieta (Sales y Glencross, 2009; Tocher, 2003). Concretamente, los peces carnívoros marinos presentan requerimientos dietarios de PUFA de la serie $\omega 3$ altamente insaturados, concretamente de ácido eicosapentaenoico (EPA, 20: 5 $\omega 3$) y ácido docosahexaenoico (DHA, 22:6 $\omega 3$) debido a que tienen una capacidad de síntesis limitada en comparación a los peces de agua dulce. Este alto requerimiento podría explicarse por la función del DHA y el EPA en el mantenimiento de la estructura y función de las membranas celulares en los peces marinos (Sargent y Tacon, 1999).

El aceite de pescado es rico en estos ácidos grasos altamente insaturados $\omega 3$ DHA y EPA (Menoyo et al., 2007). Mientras que los aceites vegetales son ricos en ácidos grasos C 18, principalmente ácido linoleico (LA, 18: 2 $\omega 6$), oleico (OL; 18: 1 $\omega 9$) y en menor cantidad ácido α -linolénico (ALA; 18: 3 $\omega 3$), careciendo de EPA y DHA (Manjusri et al. 2015).

Debido al elevado precio del aceite de pescado y a aspectos de sostenibilidad, las tasas de inclusión de este en los piensos compuestos para la acuicultura han mostrado una tendencia decreciente junto con el continuo aumento de la demanda de la industria de piensos acuícolas. (FAO, 2020). La sustitución del aceite de pescado por aceite vegetal es posible hasta un 70% en varias especies de peces marinos sin llegar a afectar el rendimiento del crecimiento o la utilización del alimento mientras que estén garantizados los requisitos de ácidos grasos esenciales (AGE) y el ratio $\omega 6 / \omega 3$ están equilibrados (Izquierdo et al., 2005; Montero et al., 2010; Richard et al., 2006 , Benedito-Palos et al., 2008 , Sales y Glencross, 2011).

Se han realizado estudios enfocados a encontrar alternativas al uso de aceite vegetal crudo como sustitutos al aceite de pescado en alimentos acuícolas buscando obtener los mismos parámetros de calidad y, entre ellos, los que utilizan subproductos generados durante el

refinado del aceite vegetal crudo para consumo humano son de especial interés (Aliyu-Paiko y Hashim, 2012; Bahurmiz y Ng, 2007; Ng et al., 2006; Ng et al., 2010). La mayoría de los aceites vegetales necesitan refinarse para que sean comestibles (Vaisali et al., 2015), por lo que se genera una cantidad importante de subproductos de bajo valor comercial, siendo más baratos que sus fuentes originales. Uno de ellos, son los aceites ácidos vegetales que se caracterizan por ser ricos en ácidos grasos libres (AGL) y mantener una composición similar a sus respectivos aceites vegetales crudos. Su uso como una fuente de grasa prometedor con fines alimentarios fue señalada por Nuchi et al. (2009), al tener un precio competitivo y participar en la sostenibilidad del medio ambiente.

Este estudio que se presenta en forma de TFM, forma parte de un proyecto (Ref. AGL2015-64431-C2-1-R) que lleva por título "Utilización de aceites ácidos en la alimentación de animales monogástricos. Caracterización, nutrición comparada y repercusiones sobre la calidad lipídica de la carne" y en cuyos objetivos se incluyen, entre otros, la caracterización de los aceites ácidos disponibles en el mercado, la valoración de su potencial utilización por parte del animal (pollos, cerdos y peces) y repercusiones sobre la producción y la calidad del producto final (carne y filete de pescado).

Es interesante estudiar si los parámetros de calidad en los filetes de pescado pueden alterarse en mayor o menor medida al llevarse a cabo una sustitución parcial de ingredientes que componen su dieta y comprobar si los consumidores apreciarían dichos cambios. Para los consumidores, la percepción de que un producto mantiene las mismas características que siguiendo una producción tradicional puede ser determinante para cualificar su calidad desde su punto de vista.

Varios estudios han examinado los cambios que se producen en diferentes parámetros de calidad según las diferentes fuentes de lípidos de la dieta (Izquierdo et al., 2005 ; Montero et al., 2005 ; Rørå et al., 2005 ; Mørkøre et al., 2007). Si bien se han descrito diferencias para los parámetros de calidad, éstos no parecen tener implicaciones importantes sobre términos de salud o propiedades sensoriales del filete como producto final (Álvarez et al., 2020). Asimismo, los estudios que comparan los parámetros de calidad al añadir un aceite

ácido como sustituto al aceite de pescado son escasos (Monge-Ortiz et al., 2016; Nasopoulou et al., 2011; Nasopolulou y Zabetakis, 2012).

Así pues, el presente trabajo tiene como objetivo ver el efecto sobre los parámetros de calidad del filete de pescado al emplear aceites ácidos vegetales en dietas para lubinas.

Para ello, el presente trabajo se centra en el estudio de la utilización de aceites ácidos vegetales de soja y orujo de oliva, aceite ácido de soja-girasol, orujo de oliva y aceite ácido de orujo de oliva, diferentes combinaciones entre los mismos aceites y aceites ácidos.

La elevada producción a nivel mundial de aceite de soja y, a nivel de la zona mediterránea, de orujo de oliva, es la causa principal de su elección. Por ejemplo, el aceite de soja es el aceite más producido en el mundo con 20 millones de toneladas (Agrodigital, 2019) y España es el mayor productor de orujo de oliva, la producción alcanzó la cantidad récord de 10.3 millones de toneladas en 2019 (Almaceite, 2019). Su disponibilidad, a su vez, conlleva una elevada generación de subproductos al ser estos refinados por la industria alimentaria, como sería el caso de los aceites ácidos

La especie sujeta al estudio es la lubina europea (*Dicentrarchus labrax*). Es una especie de eurihalina y eutérmica con un crecimiento aceptable y un alto precio de mercado (Stickney, 2008; Yilmaz et al., 2020). Es una de las principales especies producidas en la acuicultura mediterránea (Kotzamanis et al., 2020), y su producción alcanzó las 200.000 toneladas en 2016 (FAO, 2017). Particularmente, la cosecha de lubina de acuicultura en España en 2019 fue de 27.335 toneladas, un 21,7 % más que en 2018 (Apromar, 2020).

2. Material y métodos

2.1. Aceites y dietas experimentales

En este estudio se utilizaron dos tipos de aceites vegetales y sus respectivos aceites ácidos: aceite de soja (AS), aceite ácido de soja-girasol (AASG), orujo de oliva (AOO) y aceite ácido de orujo de oliva (AAOO). Su composición en clases lipídicas se presenta en la Tabla 1. El AS y ASSG fueron proporcionados por Bunge (Sant Just Desvern, España). En el caso del AOO fue suministrado por Astil Nutrición internacional (Yuncos, España) y el AAOO, por la empresa Riosa (Jaén, España).

Tabla 1. Composición en clases lipídicas de los aceites experimentales (Abendea P, *comunicación personal*)

	Dietas ^a				
	F	S	SA	OO	OA
Clases lipídicas (%)					
ΣTAG	85,67	93,88	29,31	77,47	36,27
ΣDAG	6,85	4,16	16,10	8,42	17,35
ΣMAG	4,35	0,50	1,34	0,87	1,43
ΣFFA	3,13	1,46	53,25	13,24	44,95

^a Nomenclatura de aceites experimentales: F: aceite de pescado (dieta control), S: aceite de soja, SA: oleína de soja-girasol, OO: orujo de oliva, OA: oleína de orujo de oliva, S-OA: 50% aceite de soja – 50% oleína de orujo de oliva, S-OO: 50% aceite de soja – 50% orujo de oliva y SA-OA: 50% oleína de soja-girasol – 50% oleína de orujo de oliva.

Tabla 2. Composición en ácidos grasos de las dietas experimentales (Verge G, *comunicación personal*).

	Dietas							
	F	S	SA	OO	OA	S-OA	S-OO	SA-OA
Ácidos grasos (%)								
C14:0	4,74	2,07	2,07	1,99	2,04	2,05	1,99	2,05
C16:0	29,70	23,91	23,45	23,70	22,62	23,36	23,47	23,11

C16:1n7	5,72	2,32	2,32	2,84	3,12	2,74	2,54	2,74
C18:0	8,60	6,98	6,75	6,11	6,13	6,58	6,43	6,49
C18:1n9	22,01	33,25	37,95	74,45	63,14	48,97	53,67	51,27
C18:1n7	3,74	3,18	2,73	3,48	3,23	3,21	3,28	2,99
C18:2n6	12,35	63,97	55,72	21,04	25,23	44,06	41,95	40,19
C18:3n3	1,66	7,59	4,07	2,03	1,86	4,65	4,78	2,98
C20:0	0,57	0,62	0,71	0,67	0,68	0,65	0,63	0,71
C20:1n9	2,08	1,09	1,02	1,16	1,07	1,09	1,11	1,06
C20:2	0,46	0,22	0,21	0,17	0,17	0,21	0,21	0,19
C20:4n6	2,62	0,94	0,91	0,92	0,90	0,93	0,91	0,93
C20:5n3	10,00	4,08	4,08	3,99	4,05	4,01	3,94	4,04
C22:1n9	0,34	0,16	0,16	0,08	0,16	0,16	0,08	0,16
C22:6n3	33,25	11,48	11,21	11,26	11,09	11,31	11,04	11,32
C24:1n9	1,13	0,46	0,47	0,88	1,20	0,85	0,66	0,86
SFA	47,44	35,94	35,87	34,56	33,92	35,08	34,72	35,09
UFA	95,83	128,75	120,83	122,30	115,20	122,21	124,15	118,72
MUFA	35,03	40,46	44,64	82,89	71,91	57,04	61,33	59,07
PUFA	60,80	88,29	76,19	39,41	43,29	65,17	62,82	59,65
MUFA:SFA	0,74	1,13	1,24	2,40	2,12	1,63	1,77	1,68
PUFA:SFA	1,28	2,46	2,12	1,14	1,28	1,86	1,81	1,70
RATIO ω -6 / ω -3	0,33	2,80	2,93	1,27	1,54	2,25	2,17	2,24

La nomenclatura de las dietas experimentales se encuentra en la Tabla 1.

Las dietas experimentales tenían la misma composición de ingredientes, excepto, la grasa añadida (Tabla 2). Los aceites y aceites ácidos experimentales fueron añadidos en la dieta de forma individual o en combinaciones (dieta S/OO: 50% S – 50% OOA); dieta S-OO: 50% S – 50% OO); dieta SA/OOA: 50% SA – 50% OOA) en una proporción del 11,5%. A todas las dietas experimentales se les añadió un 3,85 % de aceite de pescado (AP). Una de ellas fue considerada como dieta control (F), conteniendo únicamente aceite de pescado (15.39%) como fuente de grasa añadida. Las dietas experimentales fueron producidas por la empresa Life Bioencapsulation (La Cañada de San Urbano, Almería, España) como gránulos extruidos. La composición química de las dietas experimentales fue determinada siguiendo los procedimientos estándar (AOAC, 2005): humedad

(934.01), ceniza (942.05), proteína bruta (968.06) y extracto etéreo (920.39). Determinación del contenido de energía bruta (Parr 6300 Calorimeter, Parr Instrument Company, Moline, IL, USA) de acuerdo con la Norma UNE-EN ISO 9831-2004.

Su composición en ácidos grasos se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Ingredientes, composición aproximada y composición lipídica de los aceites experimentales.

	Dietas							
	F	S	SA	OO	OA	S-OA	S-OO	SA-OA
Composición de ingredientes (g/kg)								
Harina de trigo	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03	11,03
Gluten de trigo	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59	15,59
Soprotex-concentrado proteico de soja	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60	26,60
Harina de pescado LT94	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25	20,25
CPSP90-Hidrolizado proteína de pescado	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53	2,53
Harina de Krill	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55	2,55
Lecitina de soja	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Aceite pescado	15,39	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85	3,85
Aceite experimental	0,00	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54	11,54
Lisina	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Metionina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloruro de colina	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Betaina	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Vitaminas y minerales	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
Vitamina C	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Goma guar	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92

Composición aproximada (g/kg)

Materia seca	7,26	7,12	7,03	7,26	7,14	6,75	7,64	7,32
Proteína bruta	41,83	40,53	39,62	41,31	41,43	41,96	41,09	41,47
Grasas brutas	19,05	19,04	18,28	18,69	18,00	18,29	18,61	18,42
Cenizas	7,22	7,24	7,32	7,24	7,34	7,10	7,11	7,21
FB	1,58	1,23	1,12	1,23	0,99	0,67	1,23	1,38
EB kcal/kg	5188	5208	5201	5181	5243	5218	5196	5172

La nomenclatura de las dietas experimentales se encuentra en la Tabla 1. Premix vitaminas y minerales – Aquafeed – Bioencapsulación: Vitaminas (mg/kg): vitamina A (acetato de retinilo), 2,000,000 UI; vitamina D3 (DL-colecalciferol), 200,000 UI; vitamina E , 10,000 mg; vitamina K3 (bisulfito sódico de menadiona), 2,500 mg; vitamina B1 (clorhidrato de tiamina), 3,000 mg; vitamina B2 (riboflavina), 3,000 mg; pantotenato de calcio, 10,000 mg; ácido nicotínico, 20,000 mg; vitamina B6 (clorhidrato de piridoxina), 2,000 mg; vitamina B9 (ácido fólico), 1,500 mg; vitamina B12 (cianocobalamina), 10 mg; vitamina H (biotina), 300 mg; inositol, 50,000 mg; betaína (Betafin S1), 50,000 mg. Minerales (mg kg): Co (carbonato de cobalto), 65 mg; Cu (sulfato cúprico), 900 mg; Fe (sulfato de hierro), 600 mg; I (yoduro de potasio), 50 mg; Mn (óxido de manganeso), 960 mg; Se (selenito de sodio), 1 mg; Zn (sulfato de zinc) 750 mg; Ca (carbonato cálcico), 186,000 mg; KCl, 24,100 mg; NaCl 40,000 mg. Resto hasta 1000: 1/3 sustancias antiaglomerantes + 2/3 agentes de soporte.

2.2. Condiciones de cultivo y muestreo

Todos los procedimientos se llevaron a cabo de acuerdo con la Comisión de Ética en la Experimentación Animal y Humada de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y siguiendo las Directrices de la Unión Europea para el cuidado y uso de animales en investigación (2010/63/UE).

La prueba se llevó a cabo en el Centro de Acuicultura (IRTA, Sant Carles de Ràpita, España). Fueron un total de 480 lubinas con un peso de $101,5 \pm 0,4$ g que fueron distribuidas aleatoriamente en 24 tanques cilindro cónico con 500 litros de capacidad (20 peces por tanque) con un sistema de semi-recirculación de agua de mar. Los peces fueron alimentados con las dietas experimentales durante 90 días. Cada dieta fue asignada aleatoriamente a 3 tanques replicados (8 dietas, en triplicado, $n=24$) y fueron alimentados ad libitum dos veces al día (a las 8:00 am y a las 14:00 pm). El alimento no consumido era recogido de los tanques experimentales, después de suministrar el alimento. La temperatura del agua se mantuvo entre los $22,6 \pm 0,87^{\circ}\text{C}$, el oxígeno disuelto entre los $7,3 \pm 0,66$ mg /l y el fotoperíodo seguía los cambios naturales de acuerdo con el curso del estudio (julio-octubre).

Al final del período experimental, 6 peces de cada tanque fueron anestesiados (MSS222), sacrificados en hielo, individualmente eviscerados y fileteados. Se determinó el color de los filetes izquierdos y, posteriormente, estos fueron identificados y congelados a -20°C hasta su posterior análisis.

2.3. Evaluación del color de los filetes

Una determinación colorimétrica fue realizada con el filete izquierdo fresco (inmediatamente después de filetear) y en filete izquierdo descongelado (después de 6 meses de almacenaje a -20°C), a nivel del corte de calidad noruega (NQC) (NS9401, 1994). La descongelación de los filetes se llevó a cabo durante toda una noche a 4°C . Las medidas se realizaron en los espacios colorimétricos L^* , a^* , b^* (CIE, 1976) usando el medidor Minolta Chroma (Modelo CR-410, Minolta Co., Ltd, Osaka, Japón); L^* representa la luminosidad que va de valores de 0 (negro) a 100 (blanco), a^* es la posición entre el rojo/magenta y el verde ($+a^*$: intensidad en rojo y $-a^*$: intensidad en verde) y la b^* es la posición entre el amarillo y el azul ($+b^*$: intensidad en amarillo y $-b^*$: intensidad en azul). Seguidamente, los valores obtenidos son transformados a los parámetros de apariencia del color L^* , C^* y $H(^{\circ})_{ab}$ (Whyszecki y Stiles, 1967); C^* (chroma) expresa la intensidad del color y $H(^{\circ})_{ab}$ (hue) es el atributo de una sensación visual según el cual un área parece ser similar a uno de los colores percibidos, rojo, amarillo, verde y azul o una combinación de dos de ellos (Fraichild, 2005). Las medidas de color se realizaron por triplicado en cada filete (6 filetes / tanque; 3 tanques / tratamiento) y la media del valor de cada tanque ($n=24$) se empleó en el análisis estadístico de los datos.

2.4. Determinación de la cantidad de grasa, proteínas, humedad y capacidad de retención de líquidos de los filetes

La cantidad total de grasas del filete determinó mediante la determinación de la grasa bruta por el método Soxhlet, previa hidrólisis ácida de las muestras. El nitrógeno (N) total se determinó por combustión según el método Dumas, mediante un analizador Leco (Leco Corporation, St. Joseph, MI) y el contenido proteico se calculó como $N \times 6.25$ según AOAC (2003). El agua fue extraída mediante el método estándar para humedad

(934.01) (AOAC,2005). Estas determinaciones fueron realizadas con un pool de seis filetes por tanque, y el promedio del valor de cada tanque (n=24) fue usado en los análisis estadísticos de los datos.

La capacidad de retención de líquidos de los filetes se determinó de acuerdo con el método descrito por Rørå et al., 2005, con adaptaciones. Se tomaron muestras triplicadas de músculo que fueron pesadas y añadidas en un tubo junto a un papel de filtro (Filtro-Lab Filtros Anolia, España). Seguidamente los tubos se centrifugaron (Sigma 4k 15, Sigma, Alemania) a 500g durante 10 minutos a 10°C. El peso húmedo fue calculado como $100\% (V1-V2) \times S^{-1}$, el agua perdida como $100\% (V2-V3) \times S^{-1}$ y la grasa perdida, de forma genérica, como $100\% (V3-V1) \times S^{-1}$. Siendo V1 y V2 el peso del papel de filtro antes y después de ser centrifugado, respectivamente, y V3 el peso del papel de filtro después de ser secado a 50°C hasta obtener un peso constante. La capacidad de retención de líquidos fue expresada como porcentaje del agua calculadas como el $(\% \text{ total de humedad} - \% \text{ agua perdida}) \times \% \text{ total de humedad}^{-1}$ y la retención de grasa fue calculada como $(\% \text{ grasa total} - \% \text{ grasa perdida}) \times \% \text{ grasa total}^{-1}$.

2.5. Determinación de la composición en ácidos grasos del filete

La composición de ácidos grasos del filete se determinó mediante cromatografía de gases usando un detector de ionización de llama (GC-FID) Los ésteres metilados de ácidos grasos se obtuvieron por metilación directa, de acuerdo con Meiret et al., (2006) y analizados usando el cromatógrafo de gases HP6890 Series II. Se identificaron mediante la comparación de sus tiempos de retención con los estándares conocidos. Se realizó por duplicado a un pool de 6 filetes de cada tanque (n=24).

2.6. Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) y la significancia de las diferencias entre las medias se probó mediante la prueba de Tukey. Los valores son dados como media \pm el error estándar de la media (ESM) de grupos triplicados de seis filetes de pescado en el caso del color, de triplicados de un pool de seis

filetes de pescado en el total de grasa, proteína, capacidad de retención de líquidos y proteínas, ácidos grasos. Las diferencias son consideradas significativas cuando $P < 0.05$. Los análisis estadísticos fueron realizados mediante para el programa R (R Core Team, 2018).

3. Resultados

3.1. Color

Los valores de los parámetros de color obtenidos en los filetes frescos y descongelados de los peces alimentados con las dietas experimentales se muestran en la Tabla 4.

En los filetes frescos, únicamente se obtuvieron diferencias en los parámetros L^* y $H(^*)_{ab}$. En todas las dietas se observó una L^* sin diferencias significativas, exceptuando en SA-OA que presentó un valor más bajo que el resto, pero sin ser significativo. En cuanto a $H(^*)_{ab}$, todas las dietas presentaron un valor sin diferencias significativas, exceptuando SA que mostró un valor un poco inferior, pero sin ser significativo.

Después del periodo de congelación, no se observaron diferencias en los parámetros L^* y $H(^*)_{ab}$ pero sí en los parámetros C^* y b^* . Las dietas no mostraron diferencias significativas en cuanto a C^* , pero las dietas OO y S-OA presentaron un valor un poco inferior pero sin ser significativo. Por parte de b^* , no hubieron diferencias significativas entre las dietas, únicamente las dietas S-OA y SA-OA mostraron un valor inferior pero sin llegar a ser significativo.

En general, los valores L^* , C^* y b^* se ven aumentados después del periodo de congelación, a diferencia de los valores $H(^*)_{ab}$ y a^* que se ven reducidos en comparación a sus respectivos valores en fresco.

Tabla 4. Valores colorimétricos en filetes frescos y descongelados de lubinas alimentadas con las dietas experimentales.

	Dietas									
	F	S	SA	OO	OA	S-OA	S-O	SA-OA	ESM	P
Filete fresco (%) ^a										
L*	41,88 ^{ab}	41,72 ^{ab}	41,63 ^{ab}	41,27 ^{ab}	42,53 ^a	41,44 ^{ab}	41,60 ^{ab}	40,71 ^b	0,32	*
C*	3,04	3,45	2,89	3,06	3,28	3,22	2,91	2,86	0,23	NS
H(*) _{ab}	0,94 ^{ab}	1,13 ^a	0,05 ^b	1,14 ^a	0,71 ^{ab}	0,98 ^{ab}	0,43 ^{ab}	0,58 ^{ab}	0,24	*
a*	0,92	1	0,43	0,82	0,68	0,92	0,48	0,93	0,22	NS
b*	2,82	3,25	2,64	2,87	3,11	3,06	2,89	2,58	0,21	NS
Filete descongelado (%) ^a										
L*	48,94	47,46	48,61	48	49,51	48,16	49,51	47,78	0,77	NS
C*	4,16 ^a	3,52 ^{ab}	3,68 ^{ab}	3,08 ^b	3,93 ^{ab}	2,9 ^b	3,6 ^{ab}	3,25 ^{ab}	0,23	**
H(*) _{ab}	-1,3	-1,09	-1,18	-1,05	-1,02	-0,93	-0,84	-0,99	0,11	NS
a*	-0,98	-1,35	-1,27	-1,48	-1,24	-1,51	-1,52	-1,5	0,13	NS
b*	3,99 ^a	3,15 ^{abc}	3,39 ^{abc}	2,64 ^{bc}	3,67 ^{abc}	2,39 ^c	3,08 ^{abc}	2,74 ^c	0,29	*

La nomenclatura de las dietas experimentales se encuentra en la Tabla 1. Los valores corresponden a la media de grupos triplicados de seis filetes de pescado. Valores dentro de la misma fila con diferentes letras (a, b, c, d, e) son significativamente ($P < 0.05$) diferentes, de acuerdo con ANOVA y la prueba de Tuckey. Valores de P. NS: no significativo = $P < 0,1$; * = $0,05 - P < 0,01$; ** = $0,01 - P < 0,001$; ***: $0,001 > P$.

^a L*, luminosidad, C* (chroma, saturación = $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$) (Wyzecki y Stiles, 1967); H(*)_{ab} valor del tono = $\arctan b^*/a^*$ (Wyzecki y Stiles, 1967), a* = posición entre el rojo/magenta y verde y b* = posición entre el amarillo y el azul.

3.2. Composición química y capacidad de retención de líquidos de los filetes

Las diferencias en cuanto a la composición química del filete de lubina en fresco y la capacidad de retención de líquidos después de la congelación se muestran en la Tabla 5. No se aprecian diferencias significativas entre los valores obtenidos en las diferentes dietas en comparación a la dieta control (F). La cantidad media de proteína, grasa y humedad de los filetes alimentados con las dietas experimentales fue de 19,9%, 7,65% y 68,62%, respectivamente.

En cuanto a la pérdida de líquido del filete fue de media un 22,86%. Representando un 19.37% la pérdida de agua y un 3,49% la pérdida de grasa, lo que corresponde a una capacidad retención de agua media del 72,73% y de un 85,32% en el caso de la grasa.

Tabla 5. Composición química de los filetes de lubinas alimentadas con las dietas experimentales.

	Dietas									P
	F	S	SA	OO	OA	S-OA	S-O	SA-OA	ESM	
Composición del filete en fresco (%)										
Materia seca	31,77	31,51	30,87	30,44	31,01	31,58	31,98	31,83	0,51	NS
Humedad	68,23	68,43	69,13	69,56	68,99	68,42	68,02	68,17	0,51	NS
Materia orgánica	30,42	30,29	29,57	29,13	29,65	30,24	30,66	30,46	0,46	NS
Cenizas	1,34	1,27	1,29	1,31	1,36	1,34	1,32	1,37	0,46	NS
Proteína bruta	20,23	19,4	19,65	19,85	19,71	19,65	19,96	20,75	0,54	NS
Grasa bruta	7,84	8,39	7,33	6,88	7,36	7,81	8,44	7,18	0,57	NS
Pérdida por goteo (%)										
Líquido perdido	21,92	23,39	21,68	22,84	23,18	24,93	21,38	23,53	1,1	NS
Agua perdida	18,62	19,01	19,17	19,27	19,83	20,71	18,25	20,16	0,60	NS
Grasa perdida	3,3	3,27	3,43	3,57	3,37	4,11	3,02	3,37	0,51	NS
Capacidad de retención de líquidos (% retenida)										
Agua retenida	72,7	72,22	72,27	72,3	71,02	69,73	73,16	70,41	1,18	NS
Grasa retenida	86,68	83,8	85,35	84,16	85,67	83,33	88,44	85,11	2,05	NS

La nomenclatura de las dietas experimentales se encuentra en la Tabla 1. Valores de P. NS: no significativo = $P < 0,1$; * = $0,05 > P < 0,01$; ** = $0,01 > P < 0,001$; ***: $0,001 > P$.

3.3. Composición en ácidos grasos del filete

Las diferencias entre los ácidos grasos presentes en los filetes de pescado según las dietas experimentales consumidas se pueden observar en la Tabla 6. Respecto al contenido en ácidos grasos saturados (SFA) es la dieta control (F) la que presenta una cantidad más elevada frente al resto de las dietas experimentales. Por el contrario, en cuanto la cantidad de ácidos grasos insaturados sucede a la inversa, es la dieta control (F) la que tiene menos cantidad frente al resto de las dietas experimentales. En cuanto a los ácidos grasos monoinsaturados (AGM), la dieta OO presenta un mayor contenido, siendo

estadísticamente superior a la dieta OA. Por su parte, las dietas de soja (S y SA) y la dieta control (F) presentan la menor cantidad, sin diferencias significativas entre ellas. A nivel de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), las dietas (S y SA) son las que muestran un mayor contenido en ácidos grasos poliinsaturados, superior a la dieta control (F). La dieta con orujo de oliva presentaron menores contenidos, siendo la dieta OO la que tiene un menor contenido, inferior a la OA.

Teniendo en cuenta las mezclas, vemos que reflejan claramente la combinación en partes iguales de los aceites que componen la mezcla. En el caso de los AGM son las dietas oleicas (OO y OA) las que presentan la mayor cantidad, mientras que las de soja (S y SA) la cantidad más reducida, entonces la mezcla las lleva a combinarse a partes iguales y obtener una cantidad entre ambos casos. Lo mismo sucede en el caso de los PUFA, la dietas (S y SA) presentan la mayor cantidad mientras que las oleicas (OO y OA) son las que presentan la cantidad inferior, entonces en la mezcla se combinan a partes iguales y quedan en valores intermedios.

Los valores que anteriormente se comentan son los que conllevan a las diferencias en las relaciones MUFA:SFA y PUFA:SFA. La dieta que presenta una mayor relación de MUFA:SFA es la OO mientras que la que presenta un valor más bajo es la dieta control (F). En cambio, para la relación PUFA:SFA, son dos dietas (S y SA) las que presentan un mayor valor, sin mostrar diferencias significativas entre ellas y son las dietas (OO y OA) las que presentan el valor menor de relación, también sin mostrar diferencias significativas entre ellas.

En cuanto al total de ácidos grasos ω -3 y ω -6 s, fue la dieta control (F) la que mostró mayor cantidad de AG ω -3, mientras que OO es la que contiene una menor cantidad. En cuanto a la cantidad de ω -6, las dietas (S y SA) son las que muestran más cantidad, sin presentar diferencias significativas entre ellas, frente a las dietas (F y OO) que contienen la menor cantidad, también sin presentar diferencias significativas entre ellas. Después, referente a la ratio ω -6/ ω -3, es la dieta control (F) la que muestra una ratio mayor mientras que tres dietas (S, SA y S-OA) presentan la ratio menor, sin diferencias significativas entre las tres.

Tabla 6. Contenido de ácidos grasos presentes en los filetes de lubinas alimentadas con las dietas experimentales.

	Dietas									ESM P
	F	S	SA	OO	OA	S-OA	S-O	SA-OA		
Ácidos grasos (%)										
C14:0	2,4 ^a	1,52 ^{ab}	1,57 ^{ab}	1,49 ^c	1,62 ^b	1,49 ^c	1,53 ^{ab}	1,52 ^{ab}	0,03	***
C14:1	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	***
C15:0	0,52 ^a	0,25 ^c	0,28 ^b	0,25 ^c	0,27 ^{ab}	0,26 ^{ab}	0,26 ^{ab}	0,27 ^a	0	***
C16:0	17,56 ^a	15,19 ^b	15,17 ^b	15,61 ^b	15,56 ^b	15,39 ^b	15,44 ^b	15,24	0,16	***
C16:1	3,74 ^a	2,36 ^c	2,31 ^c	2,47 ^c	2,81 ^b	2,35 ^c	2,44 ^c	2,43 ^c	0,05	***
C17:0	0,7 ^a	0,38 ^c	0,42 ^b	0,38 ^c	0,38 ^c	0,39 ^{ab}	0,38 ^c	0,4 ^{ab}	0,01	***
C18:0	4,54 ^a	4,3 ^{ab}	4,3 ^{ab}	4 ^b	4,01 ^b	4,26 ^{ab}	4,13 ^b	4,17 ^{ab}	0,08	**
C18:1n9t	0,07 ^{ab}	0,06 ^b	0,06 ^b	0,06 ^b	0,09 ^a	0,07 ^{ab}	0,05 ^b	0,07 ^{ab}	0,01	**
C18:1n9c	24,69 ^f	26,82 ^e	28,51 ^d	42,95 ^a	39,79 ^b	33,31 ^c	34,5 ^c	34,35 ^c	0,28	***
C18:1n7	2,68 ^a	2,27 ^d	2,11 ^e	2,4 ^{bc}	2,44 ^b	2,29 ^d	2,3 ^{cd}	2,27 ^d	0,02	***
C18:2n6c	11,92 ^d	27,94 ^a	26,53 ^a	13,13 ^d	15,38 ^c	22,46 ^b	21,01 ^b	21,18 ^b	0,32	***
C18:3n6	0,16 ^e	0,26 ^a	0,25 ^{ab}	0,16 ^e	0,2 ^d	0,22 ^{cd}	0,21 ^{cd}	0,23 ^{bc}	0	***
C18:3n3	1,89 ^e	3,64 ^a	2,5 ^c	1,77 ^e	1,91 ^e	2,73 ^b	2,74 ^b	2,13 ^d	0,04	***
C20:0	0,28 ^{bd}	0,27 ^{bd}	0,25 ^d	0,29 ^{ab}	0,27 ^{bd}	0,28 ^{bc}	0,29 ^{bc}	0,26 ^{cd}	0,01	**
C20:1n9	1,92 ^a	1,56 ^{bc}	1,47 ^c	1,63 ^{bc}	1,68 ^b	1,54 ^{bc}	1,63 ^c	1,52 ^{bc}	0,04	***
C20:2	0,68 ^c	1,02 ^a	0,79 ^b	0,46 ^d	0,52 ^d	0,69 ^{bc}	0,72 ^{bc}	0,63 ^c	0,02	***
C20:3n6	0,12 ^a	0,09 ^b	0,09 ^{bc}	0,08 ^d	0,09 ^{bc}	0,08 ^{cd}	0,09 ^{bd}	0,09 ^{bd}	0	***
C21:0	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	*
C20:4n6	1,41 ^a	0,61 ^d	0,71 ^b	0,7 ^{bc}	0,7 ^{bc}	0,63 ^{cd}	0,65 ^{bc}	0,71 ^b	0,02	***
C20:3n3	0,19 ^a	0,11 ^b	0,1 ^b	0,9 ^b	0,1 ^b	0,1 ^b	0,1 ^b	0,1 ^b	0	***
C20:5n3	5,29 ^a	2,96 ^c	3,07 ^{ab}	3 ^{ab}	3,16 ^b	2,87 ^c	2,97 ^{ab}	3,06 ^{ab}	0,04	***
C22:0	0,16 ^{de}	0,18 ^{acd}	0,2 ^a	0,15 ^e	0,17 ^{ce}	0,19 ^{ac}	0,17 ^{bce}	0,2 ^{ab}	0,01	***
C24:0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	*
C22:6n3	18,6 ^a	7,99 ^c	9,07 ^b	8,76 ^{ab}	8,65 ^{ab}	8,18 ^{ab}	8,16 ^{ab}	8,92 ^{ab}	0,2	*
C24:1n9	0,43 ^a	0,23 ^{ab}	0,25 ^b	0,18 ^c	0,23 ^{ab}	0,22 ^{ab}	0,23 ^{ab}	0,22 ^{ab}	0,01	***
SFA	26,2 ^a	22,08 ^b	22,19 ^b	22,17 ^b	22,32 ^b	22,26 ^b	22,2 ^b	22,09 ^b	0,2	***
UFA	73,12 ^b	76,9 ^a	77,02 ^a	77,38 ^a	77,16 ^a	77,05 ^a	77,08 ^a	77,28 ^a	0,19	***
MUFA	3,35 ^d	3,33 ^d	3,47 ^d	4,97 ^a	4,7 ^b	3,98 ^c	4,12 ^c	4,09 ^c	0,31	***
PUFA	39,57 ^b	43,6 ^a	42,31 ^a	27,69 ^e	30,2 ^d	37,27 ^c	35,93 ^c	36,42 ^c	0,38	***
MUFA:SFA	1,28 ^e	1,5 ^d	1,56 ^d	2,24 ^a	2,1 ^b	1,79 ^c	1,85 ^c	1,85 ^c	0,02	***
PUFA:SFA	1,51 ^c	1,98 ^a	1,91 ^a	1,25 ^d	1,35 ^d	1,67 ^b	1,62 ^{bc}	1,65 ^{bc}	0,03	***
TOTAL. ω-3	25,96 ^a	14,70 ^b	14,74 ^b	13,62 ^c	13,83 ^{bc}	13,88 ^{bc}	13,97 ^{bc}	14,22 ^{bc}	0,22	***
TOTAL ω-6	13,61 ^d	28,90 ^a	27,57 ^a	14,07 ^d	16,37 ^c	23,39 ^b	21,96 ^b	22,20 ^b	0,32	*
RATIO ω-6/ ω-3	0,52 ^e	1,96 ^a	1,87 ^a	1,03 ^d	1,18 ^c	1,68 ^a	1,57 ^b	1,56 ^b	0,02	*

La nomenclatura de las dietas experimentales se encuentra en la Tabla 1. Valores de P. NS: no significativo = $P < 0,1$; * = $0,05 > P < 0,01$; ** = $0,01 > P < 0,001$; ***: $0,001 > P$.

4. Discusión

4.1. Color

La calidad sensorial tiene una influencia clave en cómo los consumidores perciben la calidad de un producto y en las preferencias de los consumidores (Green-Petersen, 2010). Entre las especies de acuicultura, el color es un criterio de calidad importante para los consumidores (Amaya y Nickell, 2015) existiendo una directa asociación entre la aceptación o el rechazo del producto (Izquierzo et al., 2005). El color es uno de los parámetros de calidad más importante en salmónidos como el salmón y la trucha, constituyendo un rasgo muy característico de su filete. En especies con un color de filete blanco, como sería el caso de la lubina, , un cambio en la tonalidad esperada por los consumidores podría ser determinante en la aceptación por parte del consumidor.

En el presente estudio no se observaron diferencias en el color de los filetes entre las dietas a simple vista. Los resultados nos muestran que hay diferencias significativas en luminosidad (L^*) del filete en fresco y en cuanto a después de la congelación vemos que hay diferencias en C^* y b^* . De forma general, las diferencias observadas no parecen presentar ninguna tendencia clara ni estar relacionada por el tipo de aceite experimental. Este sería el caso de las diferencias de en luminosidad observadas en los filetes en fresco, así como las diferencias de C^* y b^* después de la congelación.

En líneas generales, comparando el filete fresco y descongelado, se aprecia que los valores de L^* (luminosidad), C^* (saturación) y b^* (posición entre el amarillo y azul) se vieron ligeramente aumentados después de un período de congelación de seis meses, mientras que los valores de a^* (posición entre el color rojo y el verde) se vieron reducidos

Parte de nuestros resultados concuerdan con estudios que investigaron acerca el efecto del almacenamiento sobre la calidad de las lubinas de cultivo y silvestre, como Smichi et al., 2017. Comentaban que después de 45 días de congelación, el filete de lubina aumenta su luminosidad y b^* aumenta lentamente al consumir una dieta con aceites vegetales.

Si existieran cambios significativos en el color del filete se podría atribuir a que los aceites ácidos del refinado químico pueden presentar una concentración de diferentes

compuestos como FFA, acilgliceroles, pigmentos y otros materiales lipofílicos como fosfolípidos, tocoferoles, esteroides y resinas (Haas et al., 2003; Nuchi et al., 2009).

Varios factores como la modificación de proteínas y la temperatura, dinámica y tipo de proceso de descongelación (Doughikollae, 2012; Ozbay et al., 2006) se ha sugerido que afectan el color de los filetes de pescado.

4.2 Composición química y capacidad de retención de líquidos de los filetes

La grasa total, las proteínas, la humedad, el pH y el LHC son atributos de calidad importantes de los filetes (Hernández et al., 2009; Mørkøre et al., 2002; Rosenlund et al., 2011). En nuestro estudio hemos comprobado que la sustitución parcial del aceite de pescado por aceite vegetal no genera cambios significativos en cuanto a su composición y capacidad de retención de líquidos. De la misma manera, los aceites vegetales ácidos han presentado resultados sin diferencias significativas tanto con la dieta control (F) como con sus respectivos aceites crudos.

Diferentes autores no informaron de cambios en cuanto a los peces que fueron alimentados con dietas compuestas de aceites vegetales y de pescado (Houguo et al., 2021; Nanton et al., 2007; Ofori-Mensah et al., 2020; Pettersson et al., 2009; Richard et al., 2006; Torstensen et al., 2005). Aunque otros autores sí hallaron diferencias en sus estudios (Trullàs et al., 2017).

4.3 Composición en ácidos grasos del filete

Nuestro estudio ha mostrado diferencias en cuanto a la composición de ácidos grasos del filete de lubina al consumir las distintas dietas.

A nivel de ácidos grasos, comprobamos que las dietas de oliva (OO y OA) han presentado un mayor porcentaje de ácido oleico (C18:1n9c), las mezclas se han mantenido con valores intermedios probablemente a causa de que contienen parte de las dietas anteriores y hay una combinación a partes iguales entre las dietas que presentan una mayor cantidad con las que presentan un valor inferior, que en este caso son las dietas de soja (S y SA). Pero se trata de la dieta control (F) la que presenta el menor porcentaje. Referente al ácido

linoleico, es la dieta SA la que presenta el porcentaje mayor , mientras la dieta control la que presenta menor cantidad que. El resto de las dietas y mezclas se mantienen en valores intermedios sin diferencias significativas entre ellas.

Referente al estudio del efecto del orujo de oliva y el aceite de orujo de oliva sobre la composición de ácidos grasos en peces marinos de Nasopoulou et al. (2011), nuestros resultados coinciden en cuanto a estos aceites.

Las lubinas estudiadas presentaron un alto nivel de PUFA al tener unos valores altos de contenido de ácidos grasos linoleicos (n-6). Estos resultados concuerdan con las lubinas de cultivo estudiadas por otras investigaciones como Smichi y Baha et al. 2017 y, anteriormente, por Periago et al. 2005. Se ha afirmado que este ácido se encuentra presente en los aceites vegetales empleados para alimentación de peces de acuicultura, quedándose acumulado y mantenido inalterado en los lípidos de peces marinos (Ramírez et al. 2013). En cuanto al nivel de PUFA altamente insaturados de la serie 3 (EPA y DHA), la lubina muestra una cantidad significativa. Entonces, puede considerarse como buena fuente de ácidos grasos de la serie ω -3 (Nabil Smichi, Baha Eddine Abdelmalek et al. 2017). Pero en todas las dietas sigue habiendo un porcentaje de EPA (C20:5n3) y DHA (C22:6n3) ya que se ha mantenido una mínima cantidad de aceite de pescado para satisfacer el mantenimiento de la estructura y función de las membranas celulares en los peces marinos.

Tomando como referencia la ratio ω -6 / ω -3, se ve aumentada al comparar las dietas vegetales con la dieta control (F). Las que presentan una mayor ratio son las de soja (S y SA) sin presentar diferencias entre ellas y las que menos ratio tienen son las dietas oleicas (OO y OA). En este caso las mezclas vuelven a combinarse entre ellas y presentan resultados intermedios entre ambas dietas. Se han obtenido resultados parecidos en cuanto a anteriores estudios como Monge-Ortiz et al., 2016, que determinaba la relación ω -6 / ω -3 fueron más favorable en términos de valor nutricional que en peces alimentados con la dieta F como fuente de lípidos única.

Está establecido que la relación ω -6 / ω -3 es utilizado como un buen índice para comparar la calidad nutricional del aceite de pescado que no debe exceder de 5 (Özogul y Özogul, 2007), tiene una gran importancia para prevenir enfermedades cardíacas y riesgos de cáncer. En nuestro estudio, los filetes de la dieta control presentaron una relación de 0,52

mientras que en los filetes alimentados con las dietas experimentales el valor llegó a duplicarse e, incluso, triplicarse. Aunque, aun así, no se supera la ratio límite que planteaba Ôzogul y Ôzogul, 2007. Lo que concuerda con anteriores estudios (Nabil Smichi, Baha Eddine Abdelmalek et al. 2017).

5. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en este trabajo se presentan las siguientes conclusiones.

Consideramos que la incorporación de aceites ácidos de soja y de orujo de oliva como alternativa a los aceites vegetales crudos para sustitución parcial del aceite de pescado en la alimentación de la lubina (*Dicentrarchus labrax*) sería posible en cuanto a los efectos sobre la calidad del filete puesto que:

- No se han observado cambio en cuanto al color a simple vista por el uso de aceites ácidos, en comparación con los aceites vegetales crudos y el aceite de pescado. Tampoco se ha observado cambios relevantes en los distintos parámetros de color en fresco y después de 6 meses de congelación.
- No existe un efecto del uso de los aceites ácidos sobre la composición química de los filetes ni su capacidad de retención se ve alterada en comparación con los aceites vegetales crudos y con la dieta control (F).
- El mayor contenido de ácidos grasos libres de los aceites ácidos no afecta substancialmente la composición de ácidos grasos del filete. Así mismo, se aprecian diferencias importantes entre las dietas vegetales y la dieta control. Entonces, los ácidos grasos presentes en el filete son un reflejo de la dieta que se consume.

6. Bibliografía

Aliyu-Paiko M, Hashim R. 2012. Effects of substituting dietary fish oil with crude palm oil and palm fatty acid distillate on growth, muscle fatty acid composition and the activities of hepatic lipogenic enzymes in snakehead (*Channa striatus*, Bloch 1793) fingerling. *Aquac Res.* 43(5):767–776. doi:10.1111/j.1365-2109.2011.02888.x.

Almaceite, 2019. Las orujeras españolas han recepcionado 10,3 millones de tn de alpeorujos esta campaña – Revista Almaceite. [accessed 2020 Nov 13]. <https://revistaalmaceite.com/2019/06/13/las-orujeras-espanolas-han-recepcionado-103-millones-de-tn-de-alpeorujos-esta-campana/>.

Apromar, 2020. La acuicultura en España 2020. 2020. [accessed 2020 Nov 13]. http://www.apromar.es/sites/default/files/2020/Informe_Acuicultura_Espana_2020_APROMAR.pdf.

Asuman Yilmaz H, Turkmen S, Kumlu M, Tufan Eroldogan O, Perker N. Alteration of Growth and Temperature Tolerance of European Sea Bass (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus 1758) in Different Temperature and Salinity Combinations. doi:10.4194/1303-2712-v20_5_01. [accessed 2020 Nov 1]. http://doi.org/10.4194/1303-2712-v20_5_01.

Bahurmiz OM, Ng WK. 2007. Effects of dietary palm oil source on growth, tissue fatty acid composition and nutrient digestibility of red hybrid tilapia, *Oreochromis* sp., raised from stocking to marketable size. *Aquaculture.* 262(2–4):382–392. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.11.023.

Benedito-Palos L, Navarro JC, Sitjà-Bobadilla A, Gordon Bell J, Kaushik S, Pérez-Sánchez J. 2008. High levels of vegetable oils in plant protein-rich diets fed to gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.): Growth performance, muscle fatty acid profiles and histological alterations of target tissues. *Br J Nutr.* 100(5):992–1003. doi:10.1017/S0007114508966071.

Bernatchez L, Wellenreuther M, Araneda C, Ashton DT, Barth JMI, Beacham TD, Maes GE, Martinsohn JT, Miller KM, Naish KA, et al. 2017. Harnessing the Power of Genomics to Secure the Future of Seafood. *Trends Ecol Evol.* 32(9):665–680. doi:10.1016/j.tree.2017.06.010.

- Deutsch L, Gräslund S, Folke C, Troell M, Huitric M, Kautsky N, Lebel L. 2007. Feeding aquaculture growth through globalization: Exploitation of marine ecosystems for fishmeal. *Glob Environ Chang.* 17(2):238–249. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.08.004.
- FAO. 2006. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. [accessed 2020 Nov 1]. <http://www.fao.org/3/a-a0699s.pdf>
- FAO. 2008. The state of food and agriculture. [accessed 2020 Nov 1]. <http://www.fao.org/catalog/inter-e.htm>.
- FAO. 2017. Panorama de la seguridad alimentaria y nutricional en américa latina y caribe. [accessed 2020 Nov 1]. <http://www.fao.org/3/a-i7914s.pdf>
- FAO, 2018. The State of World Fisheries and Aquaculture 2018-Meeting the sustainable development goals. [accessed 2020 Nov 1]. <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>
- FAO. 2020. Estado mundial de la pesca y la acuicultura. doi:10.4060/ca9229es. [accessed 2020 Nov 1]. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- Agrodigital, 2019. Perspectivas favorables para el sector de aceites vegetales. [accessed 2020 Nov 1]. <https://www.agrodigital.com/wp-content/uploads/2019/07/Aceitesvegetalesjl19c.pdf>
- Kotzamanis Y, Kumar V, Tsironi T, Grigorakis K, Ilia V, Vatsos I, Brezas A, van Eys J, Gisbert E. 2020. Taurine supplementation in high-soy diets affects fillet quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture.* 520:734655. doi:10.1016/j.aquaculture.2019.734655.
- Menoyo D, Lopez-Bote CJ, Diez A, Obach A, Bautista JM. 2007. Impact of n - 3 fatty acid chain length and n - 3/n - 6 ratio in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets. *Aquaculture.* 267(1–4):248–259. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.02.031.
- Monge-Ortiz R, Tomás-Vidal A, Rodriguez-Barreto D, Martínez-Llorens S, Pérez JA, Jover-Cerdá M, Lorenzo A. 2018. Replacement of fish oil with vegetable oil blends in feeds for greater amberjack (*Seriola dumerili*) juveniles: Effect on growth performance, feed efficiency, tissue fatty acid composition and flesh nutritional value. *Aquac Nutr.* 24(1):605–615. doi:10.1111/anu.12595. [accessed 2020 Mar 2]. <http://doi.wiley.com/10.1111/anu.12595>.

- Montero D, Mathlouthi F, Tort L, Afonso JM, Torrecillas S, Fernández-Vaquero A, Negrin D, Izquierdo MS. 2010. Replacement of dietary fish oil by vegetable oils affects humoral immunity and expression of pro-inflammatory cytokines genes in gilthead sea bream *Sparus aurata*. *Fish Shellfish Immunol.* 29(6):1073–1081. doi:10.1016/j.fsi.2010.08.024.
- Montero D, Robaina L, Caballero MJ, Ginés R, Izquierdo MS. 2005. Growth, feed utilization and flesh quality of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fed diets containing vegetable oils: A time-course study on the effect of a re-feeding period with a 100% fish oil diet. In: *Aquaculture*. Vol. 248. p. 121–134.
- Mørkøre T, Netteberg C, Johnsson L, Pickova J. 2007. Impact of dietary oil source on product quality of farmed Atlantic cod, *Gadus morhua*. *Aquaculture*. 267(1–4):236–247. doi:10.1016/j.aquaculture.2007.01.033.
- Nasopoulou C, Stamatakis G, Demopoulos CA, Zabetakis I. 2011. Effects of olive pomace and olive pomace oil on growth performance, fatty acid composition and cardio protective properties of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Chem.* 129(3):1108–1113. doi:10.1016/j.foodchem.2011.05.086.
- Naylor RL, Goldburg RJ, Mooney H, Beveridge M, Clay J, Folke C, Kautsky N, Lubchenco J, Primavera J, Williams M. 1998. Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science* (80-). 282(5390):883–884. doi:10.1126/science.282.5390.883.
- Naylor RL, Goldburg RJ, Primavera JH, Kautsky N, Beveridge MCM, Clay J, Folke C, Lubchenco J, Mooney H, Troell M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*. 405(6790):1017–1024. doi:10.1038/35016500.
- Ng WK, Codabaccus BM, Carter CG, Nichols PD. 2010. Replacing dietary fish oil with palm fatty acid distillate improves fatty acid digestibility in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, maintained at optimal or elevated water temperature. *Aquaculture*. 309(1–4):165–172. doi:10.1016/j.aquaculture.2010.08.035.
- Ng WK, Tocher DR, Bell JG. 2007. The use of palm oil in aquaculture feeds for salmonid species. *Eur J Lipid Sci Technol.* 109(4):394–399. doi:10.1002/ejlt.200600209.
- Nuchi C, Guardiola F, Bou R, Bondloli P, Bella L Della, Codony R. 2009. Assessment

of the levels of degradation in fat co-and byproducts for feed uses and their relationships with some lipid composition parameters. *J Agric Food Chem.* 57(5):1952–1959. doi:10.1021/jf803369h.

Richard N, Mourente G, Kaushik S, Corraze G. 2006. Replacement of a large portion of fish oil by vegetable oils does not affect lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in European seabass (*Dicentrarchus labrax* L.). *Aquaculture.* 261(3):1077–1087. doi:10.1016/j.aquaculture.2006.07.021.

Rørå AMB, Birkeland S, Hultmann L, Rustad T, Skåra T, Bjerkeng B. 2005. Quality characteristics of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*) fed diets high in soybean or fish oil as affected by cold-smoking temperature. *LWT - Food Sci Technol.* 38(3):201–211. doi:10.1016/j.lwt.2004.06.008.

Sales J, Glencross B. 2011. A meta-analysis of the effects of dietary marine oil replacement with vegetable oils on growth, feed conversion and muscle fatty acid composition of fish species. *Aquac Nutr.* 17(2). doi:10.1111/j.1365-2095.2010.00761.x.

Stickney R. 2008. Encyclopedia of aquaculture. [accessed 2020 Nov 1]. <https://elibrary.ru/item.asp?id=19496391>.

Tocher DR. 2003. Metabolism and functions of lipids and fatty acids in teleost fish. *Rev Fish Sci.* 11(2):107–184. doi:10.1080/713610925.

Vaisali C, Charanyaa S, Belur PD, Regupathi I. 2015. Refining of edible oils: A critical appraisal of current and potential technologies. *Int J Food Sci Technol.* 50(1):13–23. doi:10.1111/ijfs.12657.

Wijekoon MPA, Parrish CC, Mansour A. 2015. Reprint of “Effect of dietary substitution of fish oil with flaxseed or sunflower oil on muscle fatty acid composition in juvenile steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared at varying temperatures.” *Aquaculture.* 447:108–115. doi:10.1016/j.aquaculture.2015.06.022.

Yue GH, Wang L. 2017. Current status of genome sequencing and its applications in aquaculture. *Aquaculture.* 468:337–347. doi:10.1016/j.aquaculture.2016.10.036.