



ESTUDIO PRELIMINAR PARA EL DESARROLLO DE UN AROMA NATURAL DE PESCADO BLANCO DESTINADO A PROCESADOS DE PESCADO

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Curso: 2023/24

**Alumno: Daniel Antolín Puebla
Tutor: Pedro Antonio Caballero Calvo**

Máster en Calidad, Desarrollo e Innovación de Alimentos
E.T.S. Ingenierías Agrarias, Campus de la Yutera (Palencia)
Universidad de Valladolid

Índice de contenido

Resumen	2
Abstract	2
1. Introducción	1
2. Objetivos y plan de trabajo.....	4
3. Materiales y métodos	6
3.1. Materiales.....	6
3.2. Métodos	7
Recepción	7
Limpieza y preparación del pescado	7
Aplicación de las técnicas culinarias	9
Abatido y conservación	11
Regeneración.....	11
Desarrollo de aroma a pescado blanco	12
Cata y análisis estadístico	12
4. Resultados y discusión	14
4.1. Fase exploratoria.....	14
4.2. Desarrollo de aroma a pescado blanco	17
4.3. Cata y análisis estadístico	20
5. Conclusiones	25
Agradecimientos	26
Bibliografía.....	27

Resumen

El uso de aromas es de gran importancia en alimentos procesados de pescado, en los que se busca la mayor semejanza posible al aroma con el pescado blanco natural. Este trabajo busca desarrollar un aroma natural a partir de muestras analizadas sensorialmente por un panel de catadores entrenados. Se han estudiado diferentes especies de pescado que han sido sometidas a diferentes técnicas culinarias de cocción como *sous-vide*, vapor, horno o a la costra de sal. El análisis sensorial posterior ha constado tanto de una parte cualitativa en búsqueda de notas aromáticas características, como de un Análisis Cuantitativo Descriptivo (QDA) para determinar las diferencias significativas entre las muestras. Las especies de agua salada de pescados de roca presentaron notas aromáticas más cercanas a crustáceo, de gran interés en productos de surimi; por el contrario, otras especies como los pescados planos, presentaron notas “terrosas” no tan adecuadas para análogos de crustáceo. Los pescados magros y semigrasos no destacaron por ninguna nota aromática, sino que su componente principal fue el aroma a “pescado blanco”. Finalmente, se pudo constatar que la alimentación del pescado afecta en gran medida a las notas aromáticas de su carne una vez cocinada, pudiendo detectarse diferentes aromas en una misma especie.

Palabras clave: Pescado blanco, Aroma, QDA, *Sous-vide*, Surimi, Crustáceo.

Abstract

The use of added aroma is of great importance in processed foods from fish, which look for as big of a resemblance to the aroma of natural white fish as they can. This work aims to develop a natural white fish aroma from samples which were analyzed by a panel of trained tasters. Different fish species have been studied after being put under different culinary techniques such as *sous-vide*, steamed, baked in oven or salt crusted. The later sensory analysis was carried out on a qualitative level on the search for characteristic aromatic notes, as well as a Quantitative Descriptive Analysis to determine significant differences between samples. Fish species which live around the rocks in the sea showed aromatic notes closer to crustacean, widely used in surimi, while others like flat fish displayed “earthy” notes not as suitable for crab analogues. Lean and semi-fat fish did not stand out for any aromatic note, but instead their main component was the “white fish” aroma. Finally, it was possible to confirm that fish feed affects their aroma when cooked, detecting different aromas in the same species.

Key words: White fish, Aroma, QDA, *Sous-vide*, Surimi, Crustacean.

1. Introducción

Los aromas y aditivos son cada vez más usados en alimentos procesados, particularmente en los procesados a partir de pescado blanco, por lo que se debe prestar especial atención a la calidad y autenticidad de estos aromas con el fin de mejorar la experiencia sensorial del consumidor y no caer en procesados con aromas artificiales, poco fieles a la materia prima o idea original que buscan reproducir los análogos.

Diferentes factores como el porcentaje de grasa (magros, semigrasos), la forma (redondos, planos), la estructura esquelética (óseos, cartilagosos), el hábitat (pelágicos, bentónicos, demersales), el agua (dulce, salada) y la profundidad (costeros, oceánicos) pueden afectar a las propiedades aromáticas del pescado blanco. Los diferentes modos de cocinado bajo técnicas culinarias como el horneado, la cocción al vapor, *sous-vide* o a la costra de sal son factores que también pueden condicionar el aroma de los productos alimenticios y, en particular el de los derivados de pescado.

El aroma a pescado blanco es el resultado de una mezcla compleja de compuestos volátiles y puede depender en gran medida del número, naturaleza, abundancia y umbral de estos (Nieva-Echevarría *et al.*, 2018). Este aroma a pescado blanco presenta atributos de frescura como característica intrínseca, así como aromas característicos de cada especie siempre que el pescado se encuentre en buen estado (Calanche *et al.*, 2019). Cuando el pescado no es fresco, puede presentar fenómenos como crecimiento de bacterias y oxidación de lípidos. Una mala conservación durante un periodo de tiempo prolongado puede generar cambios físicos y sensoriales, generando compuestos oxidados y haciendo que las características no sean aceptables para su consumo (Rodríguez *et al.*, 2016), especialmente en pescados azules, por su mayor contenido en grasas susceptibles de sufrir procesos oxidativos, que se pueden ver agravados por factores como luz, oxígeno y especies pro-oxidantes.

Diferentes elementos como la parte del pescado, la manipulación posterior o el origen pueden influir en la aceptabilidad del consumidor. El pescado puede ser consumido tanto crudo como cocinado, pero presenta una mayor aceptación entre los consumidores cuando ha sido cocinado, ya que se producen cambios físicos que afectan a la percepción sensorial, como degradación de proteínas, formación de

compuestos aromáticos y de complejos, cambios en el pH y color, lo cual generalmente aumenta la aceptación sensorial y grado de ternura del pescado (Erdem *et al.*, 2022).

El surimi es una masa obtenida a partir del músculo de pescado cocinado y gelificado, el cual se moldea y se puede dar diferentes formas para obtener análogos con diferentes presentaciones que reciben diferentes nombres como palitos de cangrejo, angulas, colas de langosta o bastones de mar. Este producto en forma de análogos de crustáceo elaborado a partir de exclusivamente pescado e ingredientes como almidones resulta una buena alternativa especialmente para personas alérgicas al marisco, además de evitar el deterioro de los atributos de frescura del pescado y crear un producto con mayor vida útil (Arpi *et al.*, 2020).

Existen estudios que evidencian que el fileteado tiene efectos en el aroma por la diferente composición de las partes del pescado. Tradicionalmente se eliminan cabeza y vísceras para la elaboración de surimi, pero también se debe tener en cuenta qué parte del pescado se usa, ya que se encuentran diferencias entre lomo, ventresca y cola. La ventresca es más rica en grasa, mientras que la cola tiene un mayor contenido de proteínas sarcoplasmáticas hidrosolubles (Shi *et al.*, 2021), pudiendo resultar interesante descartar aquellas partes del pescado que no aporten los aromas deseados.

En cuanto al origen del pescado, estudios intercomparativos concluyen que, partiendo de diferentes especies de pescado con el mismo tratamiento culinario, aquellos pescados de agua dulce presentan notas aromáticas como “césped/hierba”, “terroso”, “pepino”, “metálico” o “setas”; mientras que las especies de agua salada destaca la nota “bruma marina” (An *et al.*, 2024).

La técnica de cocción en el pescado también es un factor determinante del aroma. La cocción *sous-vide*, consiste en un tratamiento térmico a temperatura controlada de manera precisa a una muestra que se encuentra envasada en una bolsa a vacío, consigue impedir la recontaminación, oxidación, crecimiento de microorganismos aerobios y pérdida de humedad, reteniendo compuestos aromáticos deseados (Cosansu, Mol y Haskaraca, 2022). La temperatura generalmente empleada en esta técnica se encuentra entre 55°C y 70°C, siendo la más adecuada a 70°C (Çalış y Oğuzhan, 2022).

Técnicas como el hervido o microondas para recalentar surimi previamente congelado ofrecen resultados similares mediante el análisis con lenguas y narices electrónicas, mientras que la fritura genera un perfil más diferenciado, probablemente relacionado con el mayor contenido de sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico o TBARS (Luo *et al.*, 2021). Por otro lado, la técnica de cocción del pescado en costra de sal tradicionalmente empleada puede provocar cambios significativos en humedad, proteína, lípidos y cenizas brutos (Kaba *et al.*, 2015).

En el proceso productivo del surimi la pasta de pescado se somete una etapa de aclarado que sirve para eliminar impurezas. Factores como el pH, número de ciclos de aclarado, tipo de músculo empleado y temperatura de procesado pueden afectar a diferentes atributos, dentro de los cuales se encuentran el contenido de proteína, contenido de colágeno, blancura (L^*), textura, fuerza de gel y finalmente en la aceptabilidad del producto (Jin *et al.*, 2009,2007), si la temperatura empleada es demasiado alta pueden aparecer aromas y sabores no deseados denominado como warmed-over flavor (An *et al.*, 2022), los cuales se asocian con la hidrólisis de proteínas y su consecuente liberación de aminoácidos como la glicina y fenilalanina, así como ácidos grasos saturados. Sin embargo, aminoácidos como la leucina, isoleucina, valina, asparagina y ácidos grasos insaturados están asociados a la nota positiva de aroma a pescado (Li *et al.* 2023).

Uno de los pescados más utilizados para la producción de surimi es el abadejo de Alaska, el cual ha sido sometido a estudios en los que se busca la relación entre diferentes temperaturas de procesado y cómo afectan estas al producto final. El análisis mediante FTIR sugiere que, a mayor temperatura, mayor es el daño que recibe la estructura secundaria de las proteínas, lo cual lleva a la agregación de estas y finalmente a la reducción de la fuerza del gel, así como un efecto significativo en los compuestos volátiles tales como aldehídos, cetonas, alcoholes, hidrocarburos y compuestos aromáticos (Zhang, Zhu y Shi, 2018).

Por otro lado, el aroma a pescado puede tomar otra dirección cuando se somete a Reacciones de Maillard, que además de crear compuestos coloreados conocidos como melanoidinas (Badui, 2006), también produce la formación de compuestos aromáticos que en pescado pueden dar lugar a notas aromáticas como “cárnico” o “asado” (Gao *et al.*, 2020).

2. Objetivos y plan de trabajo

El objetivo general de este trabajo se centra en la exploración de diferentes especies de pescado blanco con diferentes características entre sí, como el porcentaje de grasa, tamaño, morfología, hábitat, vida marina, despiezado, proporción de músculo, espinas y colágeno, con el fin de generar muestras de pescado que tengan en común el aroma a pescado blanco con notas diferenciadas características de cada especie.

Para ello se estudiaron diferentes factores que permitieron obtener un amplio rango de muestras diferentes entre sí:

- Especie de pescado: pescados de roca, semigrasos, magros, planos.
- Fileteado: lomo, ventresca, cola, con espina, sin espina.
- Técnica culinaria empleada: horno tradicional, al vapor, *sous-vide* y a la costra de sal.
- Temperatura de interior de producto: 55°C a 70°C.

Con el estudio de estos factores se buscó optimizar la manipulación del pescado para obtener un aroma que tuviera la mayor similitud posible al pescado blanco cocinado, evaluando diferentes maneras de potenciarlo.

Las muestras previamente seleccionadas se analizaron sensorialmente por el equipo de catadores entrenados mediante análisis cualitativos de las notas aromáticas, en las que se valoraron las diferencias y se seleccionaron las muestras que presentaron una mayor aceptabilidad y similitud a las notas de pescado blanco.

Las muestras de pescado que presentan una mayor con el aroma a pescado constituyen la base para extraer el aroma para su posterior uso en procesados como surimi y otros aperitivos de pescado. Sin embargo, este procesado posterior no forma parte de este trabajo.

El plan de trabajo estuvo integrado por tres fases diferentes, cada una de las cuales se compuso por las siguientes actividades:

Fase exploratoria

- i. Búsqueda teórica sobre los tipos de pescado a trabajar: se seleccionan diferentes especies con distintas características y composición entre sí, así como técnicas culinarias para emplear y potenciar el aroma a pescado blanco sin aportar notas no deseadas.
- ii. Creación de un mapa de posibilidades culinarias.
- iii. Selección de tipo y parámetros de las técnicas aplicadas: calor seco, calor húmedo, temperatura, etc.
- iv. Diseño, estructuración y valoración de la fase de desarrollo.

Desarrollo de aroma a pescado blanco

- i. Ejecución y desarrollo de las pruebas culinarias.
- ii. Dos catas y selección de las muestras más representativas

Cata y análisis estadístico

Se llevó a cabo un Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) con una escala de 9 puntos, que posteriormente se analizó estadísticamente para conocer las puntuaciones medias, así como las diferencias significativas entre especies y técnicas culinarias en caso de que las haya.

Los métodos que se emplearon fueron un Análisis de Componentes Principales (PCA), un ANOVA simple y un ANOVA multifactorial en el programa Statgraphics Centurion 19 (StatPoint Technologies INC, Warrenton, USA).

3. Materiales y métodos

Antes de aplicar las técnicas culinarias a las muestras, los diferentes pescados se sometieron a algunos procesos de manipulación necesarios previamente. El procedimiento varió en función de la especie y parte del pescado con la que se trabajó, sin embargo, algunos pasos fueron comunes. Tanto la limpieza como el despiece de pescados planos fue diferente por la morfología de estos pescados.

3.1. Materiales

Se emplearon diferentes materiales de cocina como tablas de cortar, cuchillo, tijeras y sondas de temperatura, así como equipos como máquina de vacío S-223 (Vac-Star AG, Sugiez, Suiza), horno multifunción Distform Compact (Mychef Technologies S.L.U., Torrefarrera, España), abatidor MultiFresh®Next (Irinox S.p.A., Conegliano, Italia) y congelador de almacenamiento H-cabinet (Koma, Roermond, Países Bajos).

Las especies de pescado empleadas a lo largo del trabajo fueron las siguientes, por categoría:

Pescados de roca:

- Salmonete de roca: *Mullus surmuletus*
- Lorito: *Xyrichtys novacula*
- Lluerna: *Trigla lucerna*
- Escórpora: *Scorpaena scrofa*

Pescados semigrasos:

- Lubina: *Dicentrarchus labrax*
- Dorada: *Sparus aurata*
- Corvina: *Argyrosomus regius*
- Múgil: *Mugil cephalus*

Pescados blancos magros:

- Merluza: *Merluccius merluccius*
- Pescadilla: *Merluccius merluccius* (de menor tamaño).
- Lenguado: *Solea solea*
- Bacaladilla: *Micromesistius poutassou*
- Bacalao: *Gadus morhua*

- Dentón: *Dentex dentex*
- Brótola: *Phycis blennoides*
- Pagel: *Pagellus erythrinus*

Pescados planos:

- Gallo: *Lepidorhombus boscii*
- Raya: *Raja clavata* (pez cartilaginoso).
- Rodaballo: *Scophthalmus maximus*
- Rémol: *Scophthalmus rhombus*

3.2. Métodos

Recepción

El pescado fresco fue recibido cubierto de hielo en cajas aislantes para su mejor conservación. Se retiró el hielo y se conservó a temperatura de refrigeración hasta su manipulación. Cuanto más fresco sea el pescado, más se aprecian los aromas intrínsecos a frescura y aquellos característicos de cada especie (Calanche *et al.*, 2019).

Limpieza y preparación del pescado

En un lugar limpio y habilitado para la limpieza del pescado se comenzó retirando las escamas del pescado con ayuda de un desescamador. Se cortaron todas las aletas con ayuda de unas tijeras y se desecharon. Se continuó haciendo un corte en la cavidad abdominal, desde el ano hasta el comienzo de la cabeza, con el fin de retirar las vísceras por completo. Se aclaró con agua fría para eliminar los restos de escamas y vísceras y se secó lo más rápido posible con papel absorbente, pues una humedad excesiva puede afectar a la frescura del pescado. En una tabla, se cortó la cabeza con ayuda de un cuchillo y se limpió la sangre que haya podido salir, ya que aporta un aroma metálico no deseado.

Una vez con el pescado limpio, se pasó a bolsas de conservación a vacío de manera diferenciada por especies y se envasó en la máquina de vacío S-223 (Vac-Star AG, Sugiez, Suiza) hasta que alcanzaron el 100% de vacío. Al hacer un envasado piel con piel se evita la quemadura por frío o *freezer burn*, que puede provocar cambios en las características físicas y sensoriales del pescado, como apariencia de la superficie, contenido de humedad y peso, haciendo que disminuya la calidad del producto (Karp, Motsch y Winkler, 2011). La quemadura por frío también afecta a la estructura de la

proteína, pudiendo llegar a desnaturalizarla y hacer que se vean afectados atributos sensoriales como textura o aroma (Partmann, 2011).

El proceso de congelado debe ser lo más rápido posible, para evitar la formación de grandes cristales de hielo que puedan romper las fibras musculares del pescado, por lo que las piezas envasadas fueron primero introducidas en el abatidor MultiFresh®Next (Irinox S.p.A., Conegliano, Italia) programado a -18°C y una vez congeladas fueron conservadas en un congelador de almacenamiento H-cabinet (Koma, Roermond, Países Bajos) a -20°C y permanecieron congeladas durante al menos 24 horas para evitar parásitos como anisakis (Roca, 2016) hasta su manipulación.

El proceso de congelación cuando no es controlado puede producir la oxidación de las proteínas del músculo por diferentes factores, como la formación de cristales, concentración por congelación y el efecto de acumulación macromolecular, inestabilidad de las proteínas en la interfaz hielo-agua, oxidación de lípidos y otros factores (Bao *et al.*, 2021).

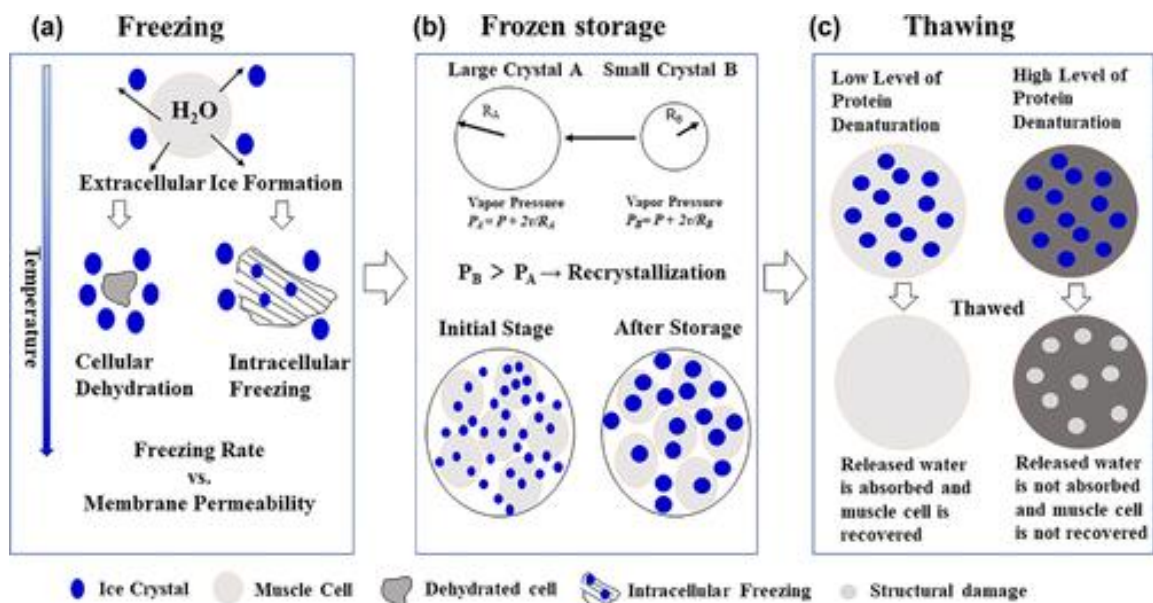


Figura 1. Efectos de la congelación, conservación y descongelado en el tejido muscular del pescado. Fuente: Bao *et al.*, 2021.

La descongelación del pescado fresco se llevó a cabo cambiando las muestras del almacén de congelación a una cámara de refrigeración las 24 horas previas a su manipulación o sumergiéndolas en agua unas horas antes de su manipulación. Las piezas de pescado siempre se mantuvieron en el interior de las bolsas selladas al

vacío y se sumergieron en agua que debe estar a una temperatura no superior a 4°C para no romper la cadena de frío, con el fin de que las reacciones alterantes como la oxidación no se disparen.

Una vez descongeladas, las piezas del pescado fueron sacadas de las bolsas y secadas para eliminar cualquier fluido que hayan podido liberar durante el proceso.

Las muestras que así lo requieran fueron fileteadas, separando cuidadosamente el músculo de la espina y después separando las diferentes partes del pescado, como lomo, ventresca y cola.

Aplicación de las técnicas culinarias

Una vez las muestras de pescado se han manipulado se procedió a la aplicación de las diferentes técnicas culinarias.

Sous-vide

En cuanto a la cocción *sous-vide* o a baja temperatura se envasaron las muestras en bolsas de vacío resistentes a temperaturas de cocción hasta que alcanzaron el 100% de vacío para que no haya un contacto directo con la fuente de calor húmedo y la difusión de calor resulte eficiente por el envasado *vacuum skin packaging*. Las muestras se cocinaron aplicando un vapor con el que no hay intercambio de materia, sino que se cocina en sus propios jugos, por lo que se conservan todos los compuestos volátiles.

Se precalentó el horno multifunción Distform Compact (Mychef Technologies S.L.U., Torrefarrera, España) en función de la temperatura interior que se quiera alcanzar en la muestra, ya que el control de la temperatura durante este paso es un factor crítico (Cosansu et al., 2022). Para aquellas muestras que tengan que alcanzar una temperatura interior de 55°C se precalentó a 70°C, mientras que cuando el interior tenga que alcanzar 70°C la temperatura del horno fue de 85°C. Cuando el horno alcanzó la temperatura y humedad deseadas, se introdujo la muestra en el horno habiendo pinchado previamente una sonda en la muestra para controlar la temperatura del interior. El pinchazo se hizo a través de la espuma adhesiva “sous vide tools foam tape” para no romper el vacío de la bolsa al retirar la sonda.

Horno tradicional

La cocción en horno seco u horno tradicional consiste en una fuente de calor por radiación infrarroja que calienta el aire y este interacciona con la muestra hasta alcanzar un equilibrio. La superficie del pescado se calienta por convección y después se transmite el calor hacia el interior de la pieza por conducción (Nieva-Echevarría et al., 2018). Se precalentó el horno multifunción Distform Compact (Mychef Technologies S.L.U., Torrefarrera, España) con calor seco a 180°C. La muestra se colocó sobre papel de horno en una bandeja de horno agujereada. La muestra cedió humedad al medio, perdiendo también los compuestos más volátiles, pero desarrollando nuevos compuestos aromáticos y complejos por las Reacciones de Maillard, con lo que se modificó el perfil aromático del pescado.

Al vapor

En la cocción al vapor, a diferencia de la cocción *sous-vide*, no se hace uso de bolsas a vacío, sino que la muestra está en contacto directo con el vapor de agua que le cede el calor. Es una técnica de cocción húmeda que presenta ventajas sobre el hervido, ya que el vehículo del calor es el vapor de agua en lugar de agua, sin disolver ni reducir la concentración de los compuestos volátiles aromáticos, además de otras sustancias como vitaminas y minerales, lo que hace que se produzcan cambios en el perfil aromático deseados por la degradación de lípidos y proteínas (Nieva-Echevarría et al., 2017, 2018). Se precalentó el horno multifunción Distform Compact (Mychef Technologies S.L.U., Torrefarrera, España) con humedad al 100% y temperatura de 100°C. Las muestras se colocaron sobre papel de horno en una bandeja de horno agujereada y se sacaron del horno cuando alcanzaron la temperatura interior deseada.

Costra de sal

Se elaboró una pasta con 125 g de agua mineral por cada kg de sal gruesa. El tamaño de la sal afecta a la velocidad de penetración de la sal con una relación inversamente proporcional, es decir, un mayor tamaño de grano de sal implica una menor velocidad de penetración, por lo que se usa sal gruesa para que la velocidad no sea demasiado rápida y obtener una muestra homogénea en cuanto a concentración de sal y actividad de agua (a_w). No se usó la sal fina ya que da lugar a una difusión demasiado rápida de la sal y origina una muestra demasiado salada. Una vez el pescado se encuentra completamente cubierto por una capa de la pasta de sal tanto por encima como por debajo, se introdujo en el horno previamente calentado a 200°C con calor seco.

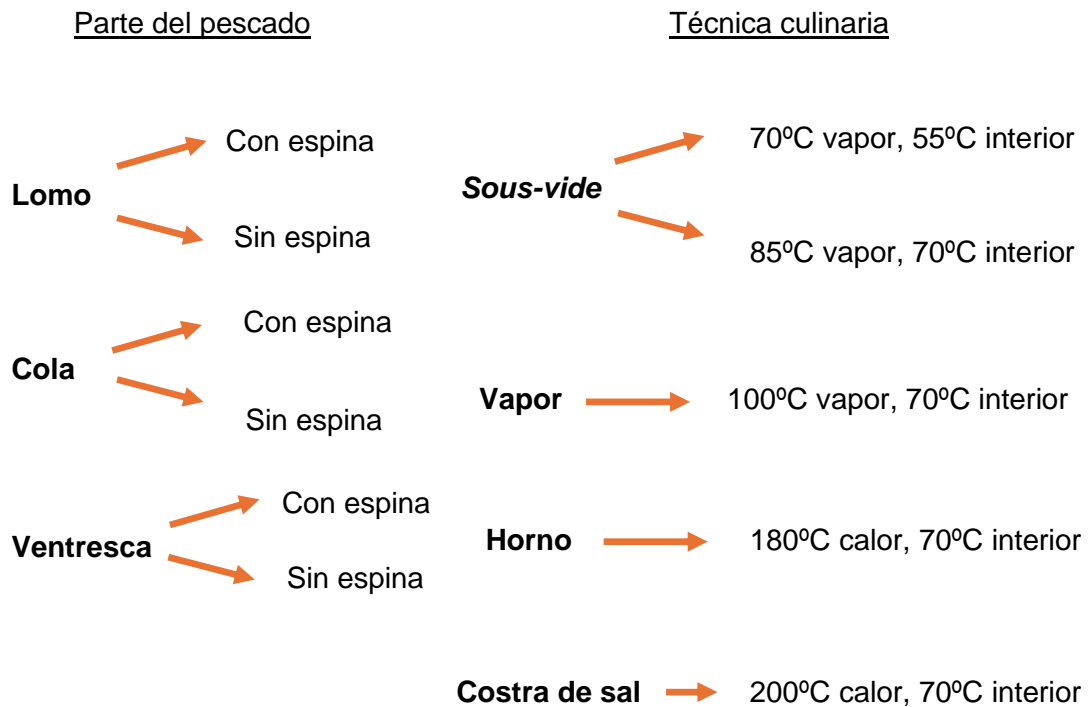


Figura 2. Mapa de posibilidades culinarias

Abatido y conservación

Una vez sometidas al tratamiento térmico, las muestras se introdujeron en el abatidor con un programa rápido de refrigeración para frenar la cocción. Una vez frías las muestras se volvieron a envasar en bolsas a vacío para su conservación. Durante la conservación las muestras se mantuvieron a 4°C y durante un periodo inferior a 24 horas para evitar reacciones de deterioro.

Regeneración

Las muestras conservadas en bolsas a vacío conservan todos los aromas en su interior, pero para tener un mayor despliegue de aromas y unas características sensoriales más agradables para su consumo se calentaron para volver a tener las características de cuando se encontraban recién cocinadas, técnica conocida como regeneración (Roca, 2016).

A la hora de regenerar las muestras, se prestó especial atención a las temperaturas aplicadas a las muestras, para evitar el warmed-over flavor de acuerdo con An *et al.*, 2022

Se preparó un baño termostático Roner a 55°C, en el cual se introducen durante unos minutos antes de la cata las muestras que se encontraban envasadas y refrigeradas.

Las muestras fueron catadas y aquellas que no resultaron interesantes para el trabajo por sus características sensoriales fueron descartadas antes de la fase de desarrollo.

Desarrollo de aroma a pescado blanco

Una vez finalizada la fase de exploración de las especies, solo se trabajó con aquellas especies, técnicas, temperaturas y partes del pescado que presentaron una mayor afinidad con la nota de pescado blanco. A lo largo de esta fase se desarrollaron nuevas muestras con la misma manipulación y técnicas explicadas en el epígrafe de fase exploratoria, con nuevas especies de pescado que pudieran aportar mayor intensidad de aroma o notas aromáticas características de su especie en concreto.

Una vez elaboradas las muestras, un equipo de aromistas cató sensorialmente las mismas para extraer las notas aromáticas características de cada una, sin conocer la especie ni técnica culinaria empleada, dividiendo las muestras entre dos catas. Se trata de un análisis descriptivo cualitativo, por lo que cata catador dispuso de una plantilla con las muestras en la que apuntó los descriptores que captó de cada una de las muestras.

Cata y análisis estadístico

En este trabajo no existe una fase de extracción de aroma, sino que se buscó replicar el aroma de pescado blanco a través del procesado de diferentes muestras de pescado y su evaluación mediante análisis sensorial por catas olfativas. Para ello se llevó a cabo un análisis descriptivo cuantitativo o QDA, valorando diferentes atributos sensoriales en una escala estructurada de 9 puntos. Los atributos evaluados en las muestras fueron los siguientes:

- Intensidad de aroma.
- Nota de crustáceo.
- Nota de pescado blanco.
- Nota cárnica, asado, umami.
- Nota a grasa de pescado, omega 3, EPA, DHA.
- Nota metálica, sangre.

En cuanto al QDA, se eligió una especie representativa de cada grupo de especie, como representación de pescados de roca, el salmonete; como pescados semigrasos, la dorada; y como pescados magros, la pescadilla. Se compararon teniendo en cuenta tanto la especie como la técnica culinaria.

Los factores que se estudiaron fueron la especie y la técnica culinaria. Se descartaron factores como parte del pescado y temperatura interior, estando integradas todas las muestras por lomo de pescado con espina cocinados hasta que alcanzaron los 70°C en su interior.

Los resultados obtenidos de las pruebas realizadas fueron analizados estadísticamente con el programa Statgraphics Centurion 19 (StatPoint Technologies INC, Warrenton, USA). Todos los datos se han presentado como valores medios y han sido analizados mediante el análisis de varianza paramétrico unidireccional (ANOVA) utilizando el test LSD de Fisher ($p < 0,05$) para detectar diferencias significativas entre las medias con un nivel de confianza del 95% ($p < 0,05$).

Asimismo, se realizó un análisis de varianza multifactorial para evaluar el efecto de la especie de pescado y la técnica culinaria empleada para la preparación de las muestras en los atributos sensoriales estudiados.

También se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA) como herramienta estadística de síntesis de la información, con el objetivo de la reducción de la dimensión de los datos. De esa forma los nuevos componentes principales obtenidos pasaron a ser una combinación lineal de las variables originales.

4. Resultados y discusión

4.1. Fase exploratoria

Los resultados de la fase exploratoria se muestran en la tabla 1 que se muestra a continuación. Corresponden a las especies iniciales y hay al menos una especie que representa a cada grupo de pescados estudiados: como pescado de roca, el salmonete; como pescado semigraso, la lubina; como pescado plano, el gallo y el lenguado; y como pescado magro, la merluza y el bacalao.

Tabla 1. Resultados de la cata 1, fase exploración.

Orden	Código	Especie y tratamiento culinario	Notas aromáticas
1º	R1.1	Salmonete. Lomo crudo	Pescado fresco, mar, alga, sangre, dulce, salazón, visceral.
2º	R5.1.1	Salmonete. Lomo sous-vide	Crustáceo cocido, notas tostadas, pescado de roca, mar, dulce, metálico, algas.
3º	R3.4.1	Salmonete. Lomo sous-vide triturado con espina	Cáscara de crustáceo, tostado, pescado cocido, cárnico, TMA*, sulfuro, huevo cocido, amoníaco, metálico.
4º	LL1.12	Lubina. Lomo al vapor	Dimetilsulfuro, pescado blanco, cocido, huevo cocido, terroso.
5º	LL3.1	Lubina. Lomo sous-vide	Alga, huevo cocido, pirazinas, pescado blanco cocido, cárnico, graso, oxidado, EPA*.
6º	LL1.13	Lubina. Ventresca al vapor	Cárnico, hierro, graso, proteína vegetal/ guisante/ soja, sulfuroso, terroso.
7º	LL3.2	Lubina. Ventresca sous-vide	Pescado hervido, cárnico, sulfuroso, huevo, amoníaco, fecal, tierra húmeda.
8º	G4.7	Gallo. Lomo superior sous-vide	TMA*, amoníaco, pescadería, curado, salazón, terroso, alga.
9º	G4.8	Gallo. Lomo inferior sous-vide	Alga, dimetilsulfuro, cárnico, pescadería, huevo cocido, pescado de dieta blanda.
10º	L1.2	Lenguado. Lomo sous-vide	Pescado blanco cocido, ligeramente marino, notas verdes, terroso, amoníaco.
11º	M1.3	Merluza. Lomo/cola sous-vide	Sulfuroso, alga, puerto, manzanilla, harina, pan, roux, bechamel, notas verdes.
12º	B4.1	Bacalao. Lomo al horno	Huevo, tortilla, frutos secos, carne, nota láctica, castaña hervida.
13º	B4.2	Bacalao. Ventresca al horno	Tostado ligero, pan, castaña hervida, pescadería, tortilla, harina.

EPA*: ácido eicosapentaenoico, TMA*: trimetilamina.

A partir de las notas identificadas en cada muestra se obtuvieron una serie de patrones relacionados con los factores estudiados. Los pescados sometidos a un tratamiento térmico presentaron un mayor desarrollo de aroma frente a los pescados crudos, resultado que concuerda con el obtenido por Erdem *et al.*, (2022) quienes asociaron este aroma cocinado a una mayor degradación de macromoléculas y desarrollo de compuestos aromáticos. Las notas aromáticas del pescado crudo recordaron más a sangre y vísceras, las cuales no son buscadas en procesados de pescado como el surimi.

Dentro de los pescados cocinados, aquellos que alcanzaron una temperatura interior de 70°C (lubina al vapor), presentaron en su mayoría un mayor desarrollo de aroma frente a aquellos que alcanzaron una temperatura interior de 55°C (lubina *sous-vide*), la cual puede resultar algo baja para el desarrollo de aromas, pero se aplicó inicialmente con la idea principal de respetar la naturaleza de la materia prima. En siguientes etapas del estudio se decidió aplicar las técnicas culinarias para alcanzar al menos una temperatura interior de 70°C.

Los pescados planos (gallo y lenguado) presentaron mayor heterogeneidad en su composición, tienen algunas zonas con más colágeno que otras, por lo que, con el fin de presentar la misma muestra a todos los catadores, se tomó la decisión de triturar las muestras en aquellos pescados que tengan una anatomía o composición compleja en las próximas catas. De la misma manera, en las especies de pescado de menor tamaño, como los salmonetes de roca, presentaron variabilidad entre ejemplares, por lo que en catas de la siguiente fase fueron triturados con el fin de homogeneizar las muestras entre catadores.

La lubina, en este caso de piscifactoría, presenta aromas grasos especialmente en las partes en las que almacena más grasa como la ventresca, por una vida acuática menos activa. Al ser la ventresca la zona donde el pescado acumula más grasa también es donde aparecen aromas a los piensos con los que se alimentan a los pescados de piscifactoría, que principalmente constan de proteínas vegetales a partir de cereales y leguminosas y aportaron notas aromáticas a guisante, soja, etc.

El bacalao, al haber sido cocinado al horno seco experimentó Reacciones de Maillard, en las cuales no solo se produjeron compuestos coloreados conocidos como melanoidinas, sino que también se generaron aromas a tostado, que pueden recordar a pan y frutos secos tostados.

4.2. Desarrollo de aroma a pescado blanco

En la fase de desarrollo se exploraron nuevas especies de cada grupo de pescados que fueron repartidos entre dos catas con el fin de no saturar la capacidad olfativa de los catadores. En la primera cata de desarrollo (cata 2) se analizaron pescados de roca y planos, cuyos resultados se encuentran en la tabla a continuación:

Tabla 2. Resultados de la cata 2, fase desarrollo.

Orden	Código	Especie y tratamiento culinario	Notas aromáticas
1º	R3.4.1	Salmonete. Lomo sous-vide triturado con espina	Crustáceo, pescado blanco cocido, TMA*, amoniacó, alga.
2º	LO1	Lorito. Lomo sous-vide triturado con espina	Dulce, pescado blanco intenso, carne, fruto seco, amoniacó, animalico.
3º	LO2	Lorito. Lomo sous-vide	Fruto seco, amoniacó, carne, langostino cocido, dulce, marino.
4º	LLU1.2	Lluerna. Lomo triturado con espina sous-vide	Pescado blanco, dimetilsulfuro, fruto seco, terroso, crustáceo.
5º	ES1.1	Escórpora. Lomo sous-vide	Pescado blanco, crustáceo, terroso, cárnico, graso, fruto seco, hígado/víscera, metálico.
6º	G4.7	Gallo. Lomo superior sin espina sous-vide	Ácido, grasa, terroso, floral, notas verdes.
7º	RE2.1	Rémol. Lomo superior con espina sous-vide	Metálico, ácido, cárnico, crustáceo, patata cocida, caldo de pescado.
8º	RO2.1	Rodaballo. Lomo superior con espina sous-vide 55°C	Patata cocida, graso, notas verdes, alga, verdura cocida.
9º	RO2.2	Rodaballo. Lomo superior con espina sous-vide 70°C	Pescado cocido, terroso, nota verde, cárnico, alga, dimetilsulfuro, crema de verduras, hígado.
10º	RA2.2	Raya. Lomo con espina sous-vide 70°C	Ácido, pescado en conserva, amargo, precursores de aminoácidos azufrados.

TMA*: trimetilamina.

Continuando el estudio de los pescados de roca de pequeño tamaño, se crearon nuevas muestras con otras especies como el lorito, valorado culinariamente por su aroma y sabor característicos. Se continuaron encontrando notas aromáticas similares a “crustáceo”, “gamba” o “langostino”, lo cual se debe a la zona en la que vive esta especie y la alimentación que lleva, principalmente de pequeños moluscos que viven cerca de rocas y zonas costeras.

Las muestras que fueron trituradas junto con la espina el pescado cocinado presentaron notas aromáticas no deseadas como “animálico” pudiendo deberse al contenido de sangre que queda en el interior de la columna de la espina.

Otras especies de mayor tamaño, como la lluerna y la escórpora, presentaron notas aromáticas similares al tener también una alimentación basada en pequeños crustáceos y moluscos, por lo que compartieron parte del perfil aromático con el salmonete de roca y el lorito.

Los peces planos y aquellos que viven más cerca del fondo marino como el gallo, el rodaballo o la escórpora presentaron notas terrosas. Esto se debe a que se arrastran por el suelo marino para desplazarse

La raya al tratarse de un pescado cartilaginoso, a diferencia de todos los demás que son óseos, presentó un olor notablemente diferente. Los pescados cartilaginosos tienen una mayor tendencia a presentar aromas a amoníaco en un periodo corto de conservación, lo cual se observó en las muestras creadas con este tipo de pescado, por lo que no es una buena opción para la creación de aromas.

En la siguiente cata (cata 3) se analizaron los grupos de pescados que no fueron estudiados en la cata anterior, como pescados magros, bacalao salado y desalado, y pescados semigrasos. Los resultados se muestran en la tabla 3 a continuación:

Tabla 3. Resultados de la cata 3, fase desarrollo.

Orden	Código	Especie y tratamiento culinario	Notas aromáticas
1º	RP2.1	Rape. Lomo al vapor 70°C interior	TMA*, graso, terroso, cárnico, láctico, pescado cocido
2º	ML1.2	Merluza. Lomo sous-vide sin espina 70°C int	Dimetilsulfuro, cárnico, amoniaco, calamar, yodo
3º	PE1.2	Pescadilla. Lomo con espina a la costra de sal	Patata hervida, marino suave.
4º	PE3.2	Pescadilla. Lomo con espina al vapor	Pescado blanco cocido, amina, caldo de pescado/espinas, metálico
5º	MA1.2	Bacaladilla. Lomo sin espina al vapor	Patata cocida, pirazina, aminas, pescadería, marino, amoniaco
6º	PA1.1	Pagel. Lomo al vapor	Sulfuroso, patata, pescado blanco, TMA* ligeramente, metálico, hierro
7º	PA1.2	Pagel. Lomo a la costra de sal	Sulfuroso, crustáceo, terroso, notas verdes, curado, mar, alga, tostado, cárnico
8º	BA4.1	Bacalao salado. Lomo desalado crudo	Bacalao salado, pescado graso, oxidado, salazón, disolvente
9º	BA4.2	Bacalao salado. Lomo desalado sous-vide	Cárnico, patata hervida, láctico, nueces, alga, pescado blanco salado, caldo, marisco
10º	LL1.13	Lubina de piscifactoría. Lomo al vapor	Pescado blanco cocido, sulfuroso, patata hervida, castaña, huevo cocido, graso
11º	LL.S	Lubina salvaje. Lomo al vapor	Patata, huevo duro, fresco, verde, cítrico
12º	M1	Múgil. Lomo al vapor	Sulfuroso, patata hervida, cloro piscina, champiñón, artificial
13º	C1	Corvina. Lomo al vapor	Patata, cítrico, marino

TMA*: trimetilamina

El rape al ser un pescado blanco demersal, con costumbres bentónicas, y que vive semienterrado, camuflado en fondos fangosos (MAPA, s.a.), presentó una característica nota aromática “terrosa” al igual que los peces planos anteriormente discutidos.

El grupo de pescados blancos magros, integrado por merluza, pescadilla, bacaladilla y pagel, fue caracterizado por su aroma a pescado blanco cocido y ciertas notas a patata cocida. Cuando pescados como la pescadilla o el pagel se sometieron a una cocción más intensa que al vapor, como es la costra de sal, desarrollaron una mayor complejidad de notas más cercanas a “algas”, “marino” o “crustáceo”.

Debido a los resultados en la cata 1, se decidió continuar explorando la especie de lubina, que anteriormente presentó notas aromáticas de soja o harina de proteína vegetal por los piensos con los que se alimentan a los pescados de piscifactoría, en este caso comparando ejemplares salvajes con ejemplares de piscifactoría. La lubina salvaje tiene una vida acuática activa, depredadora (Esencia del mar, 2023) lo que hace que tenga un menor porcentaje de grasa corporal que la lubina de piscifactoría. La ventresca se había descartado anteriormente por su mayor contenido de grasa, por lo que se comparó el lomo de una lubina de piscifactoría con uno de lubina salvaje. En el ejemplar de piscifactoría se apreció una nota de “castaña”, mientras que en la salvaje se apreciaron otras como “fresco”, “verde” y “cítrico”.

4.3. Cata y análisis estadístico

Con los datos obtenidos del QDA se llevó a cabo un análisis de componentes principales (PCA) con Statgraphics Centurion 19 (StatPoint Technologies INC, Warrenton, USA), obteniendo un porcentaje acumulado de 65,296%. Se eligieron tres especies de pescado: dorada, salmonete y pescadilla, que representan los pescados semigrasos, de roca y magros respectivamente, quedando descartados los pescados planos. Los atributos aromáticos fueron “intensidad de aroma”, “crustáceo”, “pescado blanco”, “cárnico”, “grasa de pescado” y “metálico” ya que eran los más representativos de las muestras.

Se empleó el PCA para reducir la dimensión de los datos y que la representación gráfica tenga una interpretación más simple, mostrada a continuación:

Componentes principales de notas aromáticas

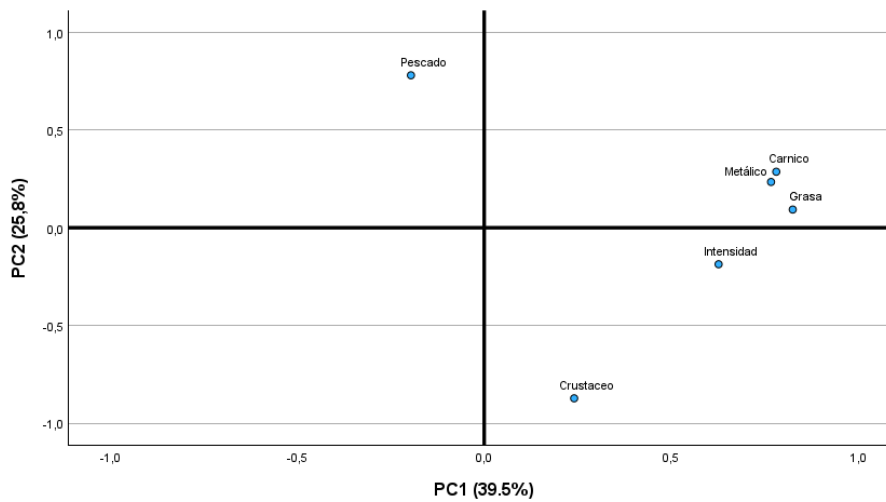


Figura 3. Representación gráfica de los componentes principales de las notas aromáticas.

Componentes principales de muestras

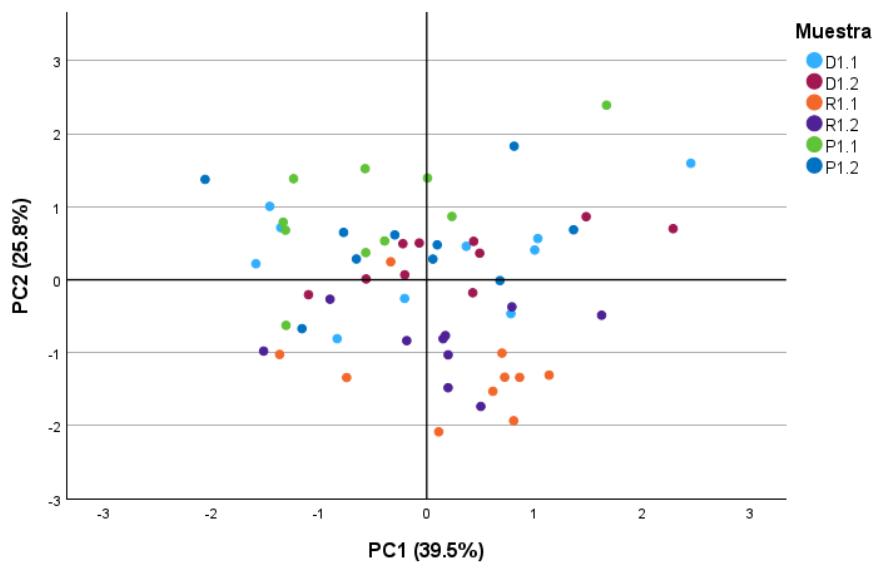


Figura 4. Representación gráfica de los componentes principales de las muestras.

Las muestras representadas corresponden a las siguientes elaboraciones:

- D1.1: lomo de dorada *sous-vide*, 70°C interior cocinado con espina.
- D1.2: lomo de dorada a la costra de sal, 70°C interior cocinado con espina.
- R1.1: lomo de salmonete *sous-vide*, 70°C interior cocinado con espina.
- R1.2: lomo de salmonete a la costra de sal, 70°C interior cocinado con espina.
- P1.1: lomo de pescadilla *sous-vide*, 70°C interior cocinado con espina.
- P1.2: lomo de pescadilla a la costra de sal, 70°C interior cocinado con espina.

En la segunda gráfica del análisis de componentes principales se observó que las dos muestras R1.1 y R1.2, correspondientes al salmonete de roca cocinado *sous-vide* y a la costra de sal respectivamente, se situaron más cercanas a la zona en la que se encuentra el aroma a crustáceo en la Figura 3, pudiendo relacionarse las muestras obtenidas del salmonete con el componente “crustáceo”.

Se pudo ver que las muestras P1.1 y P1.2 de la Figura 4 se encontraron más cercanas a la zona de la nota “pescado blanco” en la Figura 3, mostrando una relación entre las muestras obtenidas a partir de pescadilla, que es un pescado magro, con el componente “pescado blanco”. El resto de las muestras no mostraron una clara relación con ningún componente en concreto, sino que se mostraron dispersas en el gráfico.

Los datos obtenidos en el QDA fueron plasmados en la tabla a continuación (Tabla 4) con la misma nomenclatura de muestras utilizada en el PCA anteriormente mencionada.

Tabla 4. Resultados de los valores promedios obtenidos en el QDA.

Muestra	Intensidad de aroma	Crustáceo	Pescado blanco	Cárnico	Grasa de pescado	Metálico
D1.1	5,8 ^{ab}	4,2 ^b	6,2 ^b	2,9 ^a	4,0 ^a	3,4 ^a
D1.2	7,1 ^b	3,7 ^{ab}	5,8 ^b	3,3 ^a	4,1 ^a	3,4 ^a
R1.1	6,2 ^{ab}	7,4 ^c	3,4 ^a	2,5 ^a	4,1 ^a	3,2 ^a
R1.2	5,9 ^{ab}	6,4 ^c	3,9 ^a	2,7 ^a	4,0 ^a	2,9 ^a
P1.1	4,9 ^a	2,5 ^a	6,9 ^b	2,7 ^a	3,0 ^a	3,1 ^a
P1.2	6,2 ^{ab}	3,4 ^{ab}	6,7 ^b	2,4 ^a	3,7 ^a	3,0 ^a
Error est. agrupado	0,55	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6
ANOVA multifactorial: nivel de significación (valor P)						
Especie	0,2696	0,0000**	0,0000**	0,6006	0,4812	0,7838
Técnica culinaria	0,0937	0,6267	0,9253	0,8389	0,6685	0,7785
Especie x Técnica culinaria	0,2532	0,1544	0,5556	0,8351	0,8220	0,9657

Los dos factores (especie de pescado y técnica culinaria empleada) así como su interacción, en la mayoría de los casos no afectaron significativamente a las notas aromáticas estudiadas, excepto en el caso de las notas a crustáceo y pescado blanco en las que se demostró una influencia significativa ($p > 0,01$) en función de la especie.

La especie como factor ha provocado diferencias significativas en la nota de crustáceo, siendo las muestras R1.1 y R1.2 aquellas que obtuvieron una mayor puntuación. Estas dos muestras fueron obtenidas a partir de la misma especie, el salmonete de roca, con la aplicación de las técnicas *sous-vide* y *costra de sal*,

respectivamente, por lo que se puede relacionar la especie de salmonete de roca con la nota aromática de crustáceo.

La nota de pescado blanco también presentó diferencias significativas con relación a la especie, en este caso siendo las cuatro muestras D1.1, D1.2, P1.1 y P1.2, obtenidas a partir de dorada y pescadilla con las técnicas *sous-vide* y costra de sal, respectivamente, las que obtuvieron una mayor puntuación.

En cuanto a la intensidad de aroma, no se encontraron diferencias significativas para un nivel del 95% de confianza relacionadas con la especie ni con la técnica culinaria o la interacción entre las dos. Sin embargo, todas las muestras sometidas a la técnica *sous-vide* se encuentran al menos en el subconjunto homogéneo A y aquellas que se sometieron a la costra de sal, al menos en el subconjunto homogéneo B.

Las muestras que han obtenido una mayor puntuación en la nota de crustáceo (R1.1 y R1.2) también han obtenido una puntuación más baja en la nota de pescado blanco. La especie en este caso sí representa una diferencia significativa, tanto en relación con la nota de crustáceo como de pescado blanco. Tanto las muestras D1.1 y D1.2 como P1.1 y P1.2, obtenidas de dorada y pescadilla respectivamente pertenecen al mismo grupo homogéneo y tienen una puntuación mayor de “pescado blanco” que las muestras de salmonete.

Para los atributos “cárnico”, “grasa de pescado” y “metálico” no se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las especies ni técnicas culinarias, por lo que no se pueden relacionar con ninguno de estos factores.

5. Conclusiones

El desarrollo de este estudio permitió identificar las notas aromáticas características de las distintas muestras estudiadas, diferenciando entre distintas especies, pieza de pescado y técnicas culinarias estudiadas.

En general, se encontraron diferencias significativas causadas por la especie en atributos como nota de “pescado blanco” y “crustáceo”. Sin embargo, el resto de los atributos no presentaron diferencias significativas causadas por la especie ni por la técnica culinaria empleada.

Se concluyó gracias a las catas cualitativas que tanto la alimentación como la vida acuática o el hábitat afectan en gran medida a las características organolépticas del pescado. Las especies más activas tienen un menor porcentaje de grasa que las de piscifactoría, las cuales además presentaron diferencias por su alimentación con piensos a partir de cereales y legumbres. El hábitat y alimentación de los pescados de roca hacen que tengan un mayor componente de marisco entre sus notas aromáticas, por lo que son el pescado ideal para la elaboración de análogos de crustáceo como palitos de cangrejo, evidenciado por los resultados del QDA.

Especies de pescados magros y semigrasos como la pescadilla o la dorada no destacaron por ninguna nota aromática en concreto, sino que su componente principal fue el aroma a “pescado blanco”.

Los pescados planos presentan notas terrosas, especialmente en su lado ciego, ya que pasa mayor tiempo en contacto con el fondo marino. No se consideran una buena opción para el desarrollo de un aroma a pescado blanco por esta misma razón.

La técnica culinaria no ha mostrado diferencias sensoriales significativas en ninguno de los casos, por lo que no se puede concluir que sea un factor determinante a la hora de la creación de aromas de pescado.

La parte del pescado escogida como mejor para el desarrollo de aromas se ha considerado el lomo sin espina, por su menor contenido de impurezas y la principal presencia de proteínas musculares que se degradan y favorecen la formación de compuestos aromáticos.

El estudio seguirá profundizándose mediante la producción de elaboraciones culinarias como caldo concentrado o pasta de pescado que puedan potenciar su aroma.

Agradecimientos

A mi familia por apoyarme a lo largo de mi camino y permitirme tener los estudios que siempre he querido.

A mis amigos, tanto a los que he conocido durante mis estudios universitarios como a los de toda la vida, por hacer más amena la experiencia.

Al personal de Fundación Alícia, por acogerme y ayudarme a lo largo del trabajo, así como por permitirme hacer uso de sus equipos e instalaciones durante la realización del trabajo.

A mi tutor Pedro por guiarme a lo largo de trabajo y aconsejarme de la mejor manera.

Bibliografía

An YQ., Wen L., Li W., Zhang X, Hu Y. y Xiong S. (2022) Characterization of warmed-over flavor compounds in surimi gel made from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by gas chromatography-ion mobility spectrometry, aroma extract dilution analysis, aroma recombination and omission studies. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 70 (30), 9451-9462. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jafc.2c02119>

An Y., Ruan Q., Li W., Zhang X., Xiong S. (2024) Comparison of volatile aroma compounds in commercial surimi and their products from freshwater and marine fish and aroma fingerprints establishment based on metabolomics analysis methods. *Food Chemistry*, 433. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.137308>

An Y., Li W., Wenrong L., Xuezheng Z., Yang H. y Shanbai X. (2021) Insight into the evolution of aroma compounds during thermal processing of surimi gel from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) *Food Chemistry*, 374. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131762>

Arpi N., Fahrizal F., Rohaya S. y Zahriati S. (2020) Nutritional and sensory properties of shrimp analog made of fresh and saltwater fish surimi and tapioca. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 425. DOI: 10.1088/1755-1315/425/1/012083

Badui Dergal S. (2006) *Química de los alimentos*. Cuarta edición. Pearson Educación.

Bao YL, Ertbjerg P, Estévez M, Yuan L, Gao RC (2021) Freezing of meat and aquatic food: Underlying mechanisms and implication on protein oxidation. *Comprehensive reviews in Food Science and Food Safety*, 20 (6) <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12841>

Calanche J., Tomas A., Martínez S., Jover M., Alonso V., Roncalés P. y Beltrán J.A. (2019) Relation of quality and sensory perception with changes in free amino acids of thawed seabream (*Sparus aurata*). *Food Research International*, 119, 126-134 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.01.050>

Çalış Erümit, P. y Oğuzhan Yıldız, P. (2022). Determination of shelf life of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets cooked at different combinations of temperatures using the sous vide technique. *Marine Science and Technology Bulletin*, 11(2), 221-230. <https://doi.org/10.33714/masteb.1091600>

Cosansu S., Mol S. Y Haskaraca G. (2022) Sous-vide cooking: Effects on seafood quality and combination with other hurdles. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 29, <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100586>

Erdem N., Karakaya M., Babaoglu A.S. y Unal K. (2022) Effects of sous vide cooking on physicochemical, structural and microbiological characteristics of cuttlefish, octopus and squid. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 31 (1), 1-13 <https://doi.org/10.1080/10498850.2022.2092433>

Esencia del mar (2023) Lubina, ¿Es un pecado blanco o azul?. En: <https://esenciadelmar.es/lubina-pecado-blanco-o-azul/> . Accessed June 4, 2024.

Gao P., Xia W., Li X. y Liu S. (2020) Optimization of the Maillard reaction of xylose with cysteine for modulating aroma compound formation in fermented tilapia fish head hydrolysate using response surface methodology. *Food Chemistry*, 331, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127353>

Jin SK, Kim IS, Hur SJ (2007) Effect of muscle type and washing times on physico-chemical characteristics and qualities of surimi. *Journal of Food Engineering*. Volume 81(3), 618-623. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.001>

Jin SK, Kim IS, Yang HS (2009) Effects of number of washes and pH adjustment on characteristics of surimi-like materials from pork leg muscle. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 22 (4) 584-590. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80462>

Josephson D.B., (1983) Identification of Compounds Characterizing the Aroma of Fresh Whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 31(2) <https://doi-org.ponton.uva.es/10.1021/jf00116a035>

Karp A., Motsch T y Winkler G. (2011) Influence of freezer burn on selected physical parameters and sensory judgement of frozen food. *Fleischwirtschaft* 91(5), 113-118.

Li WR, Wen L., An YQ (2023) Investigation of the effect of chemical composition of surimi and gelling temperature on the odor characteristics of surimi products based on gas chromatography-mass spectrometry/olfactometry. *Food Chemistry*. Volume 420. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.135977>

Luo XY, Xiao ST, Ruan QF, Gao Q, An YQ (2021) Differences in flavor characteristics of frozen surimi products reheated by microwave, water boiling, steaming and frying. *Food Chemistry*, volumen 371. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131260>

MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (s.a.) Rape, Angler fish, *Lophius piscatorius*. Pescados, p481-482.

Nieva-Echevarría B., Manzanos M.J., Goicoechea E. y Guillén M.D. (2017) Changes provoked by boiling, steaming and *sous-vide* cooking in the lipid and volatile profile of European sea bass. *Food Research International*, 99(1), 630-640, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.06.043>

Nieva-Echevarría B., Goicoechea E., Manzanos M.J. y Guillén M.D. (2018) Effects of different cooking methods on the lipids and volatile components of farmed and wild European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food Research International* 103, 48-58, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.10.029>

Partmann W (1963) *Post mortem* changes in chilled and frozen muscle. *Journal of Food Science*, 28(1), 15-27, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00154.x>

Pokorny et al., (1976) Development of fish flavor by reaction of autoxidized lipids with amino acids and proteins. *Nahrung*, 20(3), <https://doi.org/10.1002/food.19760200307>

Qiu D., (2023) Effects of different drying temperatures on the profile and sources of flavour in semi-dried Golden pompano (*Trachinotus ovatus*). *Food Chemistry*, 401, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134112>

Roca J. (2016) *Cuina amb Joan Roca a baixa temperatura*. Columna.

Rodríguez A., Maier L., Paseiro-Losada P., Aubourg S.P., (2016) Changes in sensory and physical parameters in chill-stored farmed coho salmon. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 25(5), 633-643, <http://dx.doi.org/10.1080/10498850.2014.913753>

Zhang H., Zhu YZ y Shi WZ (2018) Determination of the effects of different high-temperature treatments on texture and aroma characteristics in Alaska pollock surimi. *Food Science and Nutrition*, 6(8), 2079-2091. <https://doi.org/10.1002/fsn3.763>

Zhao Q., Shen Q., Guo R., Wu J., y Dai, Z. (2016). Characterization of Flavor Properties from Fish (*Collichthys niveatus*) Through Enzymatic Hydrolysis and the Maillard Reaction. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 25(4), 482–495. <https://doi.org/10.1080/10498850.2013.873965>