
OBJETIVO 3.3

Generar nuevos ingredientes para piensos de acuicultura a partir de la valorización de descartes de la pesca y otros productos y subproductos de origen vegetal o animal con el fin obtener compuestos de interés para la salud y la nutrición de las especies cultivadas.

Conexión con las líneas de actuación del plan nacional

Líneas de actuación A2: Acuicultura sostenible, inteligente y de precisión

Actuación A2.13: Generación de nuevos ingredientes para piensos de acuicultura a partir de la valorización de descartes de la pesca y otros subproductos de origen vegetal o animal con el fin obtener mediante la aplicación de herramientas biotecnológicas compuestos de interés para la salud y la nutrición de las especies cultivadas.

Descripción de tareas

Tarea 3.3.1. (M1-M42) - Valorizar descartes y subproductos de las industrias pesquera y cárnica – Se valorizarán los descartes y subproductos de las industrias pesquera y cárnica mediante el desarrollo de tecnología basada en hidrólisis enzimática para la producción sostenible de concentrados de péptidos bioactivos y aminoácidos libres con propiedades nutricionales y fisiológicas beneficiosas para la salud, y con sabor y palatabilidad adecuados para su uso como ingredientes en piensos de acuicultura. Para ello se optimizará la producción de hidrolizados enriquecidos en péptidos bioactivos con destacadas actividades de tipo antiinflamatorio, antioxidante y antimicrobiano, para analizar posteriormente posibles efectos beneficiosos “*in vivo*” (CSIC1), mediante el empleo de diferentes indicadores moleculares, metagenómicos y de comportamiento del estado metabólico y de bienestar de doradas en cultivo (ver tareas 3.1.1 y 3.2.1). Por otra parte, también se desarrollarán hidrolizados proteicos con alto contenido en aminoácidos libres, que aseguren una alta biodisponibilidad, para la sustitución parcial de la harina de pescado y valorar su eficiencia en ensayos de laboratorio y pruebas “*in vivo*” de crecimiento en camarón (UPV9) (tarea 3.2.2.).

Responsable: CSIC6

Participantes: CSIC1, CSIC7, CSIC8, UPV9

Resultado: Se ha partido de un subproducto de la industria cárnica como es la sangre higiénicamente recogida en un matadero colaborador. Este subproducto ha sido pretratado mediante ultrasonidos y sometido a distintos tratamientos de hidrólisis enzimática secuencial con proteasas para conseguir un hidrolizado con un alto contenido de péptidos pequeños y aminoácidos libres que es sometido a un proceso de filtración por tamaño molecular inferior a 10 KDa, seguido de atomización, que da lugar al producto en polvo. Se han optimizado las condiciones del pretratamiento, tipos de enzima e hidrólisis enzimática. El proceso ha sido objeto de patente recientemente registrada. Se han determinado el grado de hidrólisis y la composición del hidrolizado en proteínas, perfil de péptidos y contenido de aminoácidos libres y totales. Asimismo, se ha determinado la actividad biológica del hidrolizado en cuanto a las actividades antioxidante, hipoglucémica, inhibidora de la monoacilglicerol lipasa, antiinflamatoria, y antimicrobiana. Se han obtenido altos valores de todas las actividades mencionadas, a excepción de la antimicrobiana que fue nula. Una vez caracterizado el hidrolizado, se procedió a su inclusión en una dieta experimental de bajo contenido en harinas de pescado (ALT, Tarea 3.2.1), lo que mostró en un ensayo de engorde de dorada (CSIC1) que el hidrolizado disminuye la agresividad de los individuos, al mismo tiempo que mejora su capacidad natatoria y la eficacia energética. Asimismo, se realizó la purificación cromatográfica del hidrolizado para determinar los perfiles peptídicos con su bioactividad, y espectrometría de masas para determinar las secuencias, especialmente de aquellos responsables de la bioactividad observada. Otra actividad se ha centrado en el uso de subproductos de trucha, habiéndose caracterizado el mismo, ensayado distintas enzimas y condiciones de hidrólisis, y determinado actividad antioxidante e hipoglucémica. Paralelamente se han generado dos hidrolizados de carcasa de pollo para su inclusión y ensayo en piensos de camarón en colaboración con UPV9.

Grado de consecución: 80%

Impacto: Los resultados representan un avance en la valorización de subproductos cárnicos y pesqueros al convertir residuos, como la sangre de matadero y subproductos de trucha, en hidrolizados proteicos de alto valor nutricional y funcional. El proceso optimizado de hidrólisis y la posterior inclusión del hidrolizado en piensos no solo permite aprovechar estos recursos, sino que además promueve el crecimiento eficiente de los peces y la mejora del bienestar, por lo que se ha solicitado patentar su uso como suplemento nutricional (CSIC6-CSIC1). Co-dirección tesis doctoral (CSIC6-CSIC1).

Tarea 3.3.2. (M3-M45) - Ácidos grasos de invertebrados – Se estudiará el rol de invertebrados acuáticos como generadores de ácidos grasos esenciales con vistas a su posible inclusión en piensos o como

alimento directo. Se abordará el estudio de los mecanismos moleculares que explican la biosíntesis de lípidos fisiológicamente esenciales, como LC-PUFAs y VLC-PUFAs, en invertebrados acuáticos, especialmente anélidos y crustáceos, con el fin de establecer las condiciones de cultivo que favorezcan la activación de las rutas biosintéticas, contribuyendo a la generación de biomásas de alto valor nutricional (ricas en ácidos grasos esenciales) que pueden utilizarse “per se” o en piensos, como ingredientes. Se hará especial énfasis en los efectos de la temperatura como factor modulador, entre otras cosas por las posibles implicaciones que pudiera tener en escenarios de cambio climático asociados al uso de invertebrados en sistemas de acuicultura multitrófica integrada.

Responsable: CSIC8

Resultado: Sorprendentemente, la capacidad de los invertebrados marinos para la biosíntesis de n-3 LC-PUFA ha permanecido en gran medida sin explorar, a pesar de su posición clave en las redes tróficas marinas entre los microorganismos y los peces. Los resultados obtenidos en esta tarea indican que invertebrados tales como los poliquetos nereidos y los copépodos harpacticoides poseen capacidad de síntesis “de novo” LC-PUFA, lo que los postula como candidatos ideales en estrategias de economía circular tendientes a transformar residuos de las industrias agroalimentarias y forestales en biomásas de alto valor funcional. Esta tarea complementa la información generada en la Tarea 3.2.3, ahondando en la potencialidad de los invertebrados como generadores netos de LC-PUFA, estudiando el efecto de factores ambientales (salinidad y temperatura), y dietarios (dietas pobres y ricas en LC-PUFA, y hierro) con el fin de optimizar las condiciones para producir biomásas del máximo valor nutricional desde el punto de vista de su composición en ácidos grasos con vistas a su utilización en la elaboración de piensos o incluso en su uso directo como alimento de acuicultura, en estrategias de economía circular. Se están realizando ensayos de alimentación de poliquetos con distintas materias primas (subproductos de actividades productivas agrícolas y de la acuicultura), estudiando los perfiles de ácidos grasos de la biomasa resultante.

Grado de consecución: 75%

Impacto: Los resultados destacan la capacidad de los invertebrados marinos, como poliquetos nereidos y copépodos harpacticoides, para sintetizar “de novo” ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (n-3 LC-PUFA). Esta capacidad los convierte en candidatos ideales para estrategias de economía circular, transformando residuos agroalimentarios y forestales en biomásas de alto valor funcional.

Tarea 3.3.3. (M6-M45) - Inclusión en piensos de ingredientes funcionalizados – Se estudiará la inclusión en piensos de ingredientes funcionalizados con antimicrobianos de origen natural sobre partículas de óxido de silicio, arcillas y celulosa, con mejor conservación y beneficiosos para la salud y producción de especies cultivables. Se propone por una parte la estabilización de antimicrobianos de origen natural tanto por encapsulación en nanoarcillas, como por inmovilización en partículas de óxido de silicio amorfo y/o celulosa cristalina. Se estudiará la inclusión en piensos langostinos y doradas de ingredientes funcionalizados con antimicrobianos de origen natural sobre partículas de óxido de silicio, arcillas y celulosa. Tras la alimentación de estas dos especies con los piensos diseñados se determinará el efecto de la suplementación sobre el crecimiento, la reproducción y el estado de salud de los ejemplares. En paralelo a estas experiencias, se evaluará si la incorporación de antimicrobianos naturales encapsulados o inmovilizados a la formulación de piensos tiene algún efecto en la prevención del desarrollo de microorganismos, y especialmente mohos productores de micotoxinas.

Responsable: UPV5

Participantes: UPV9, CSIC1

Resultado: Se han probado distintas rutas para inmovilizar carvacrol, timol y ácido cinámico en sílice y celulosa microcristalina, evaluándose su eficacia frente a *E. coli*. De los resultados obtenidos, el o-carvacrol, el p-carvacrol y el p-timol inmovilizados sobre sílice presentan una MIC (concentración mínima inhibitoria) de 1 mg/mL. Los compuestos inmovilizados sobre celulosa presentaron una menor eficacia, y se descartaron. El carvacrol inmovilizado en orto en sílice también inhibió el crecimiento de otras bacterias. Se ha evaluado la acción de diferentes compuestos de aceites esenciales (CAEs) sobre el

crecimiento de diferentes tipos de mohos. De todos los compuestos ensayados, los de mayor actividad frente a estos mohos han sido carvacrol (Ca), timol (Thy) y cinamaldehído (Cin). Se probaron diferentes arcillas para encapsular los compuestos de aceites esenciales, seleccionándose la montmorillonita. Se han empleado diferentes formas de encapsulación, siendo la volatilización el mejor para lograr una encapsulación efectiva. De los ensayos in vitro realizados, se demostró una mayor efectividad de los compuestos encapsulados frente al crecimiento de *A. flavus* y *F. sporotrichioides*, en comparación con los libres. La combinación de Ca y Thy ensayada no mostró un efecto sinérgico en la inhibición microbiana. Por otra parte, en las pruebas realizadas con piensos para dorada y langostino (suministrados por los grupos CSIC1 y UPV9) incorporando los 3 CAEs comentados anteriormente, no se ha observado efecto inhibitorio de los CAEs ni libres ni encapsulados, sobre el crecimiento de mohos, lo que podría deberse a que los componentes del pienso están interaccionando con los CAEs inhibiendo su acción antimicrobiana. Los resultados del efecto de estos compuestos sobre la oxidación de los piensos son similares al efecto antimicrobiano, aunque los resultados no son concluyentes, dado que se ha observado un índice de oxidación bajo en los piensos control. Se sigue evaluando el efecto de la oxidación empleando otros métodos.

Grado de consecución: 60%

Impacto: Este estudio tiene un impacto importante en el desarrollo de alternativas naturales para el control de bacterias y mohos en aplicaciones biotecnológicas y agroindustriales. La inmovilización y encapsulación de carvacrol, timol y ácido cinámico sobre soportes específicos como sílice y montmorillonita ofrecen nuevas posibilidades para crear agentes antimicrobianos más efectivos y duraderos.