



ISSN 2007-1310

<https://pcti.mx>

Ciencia, Tecnología e Innovación
para el Desarrollo de México

Año 16, PCTI 248-SC-2025-08-26

Efecto de una dieta con levadura (*Cystobasidium benthicum*) y ciruela del Mogote (*Cyrtocarpa edulis*) en la expresión de genes de reconocimiento asociados al sistema inmune en la tilapia del Nilo

Cristian Machuca^a, Carlos Angulo^{a*}, Martha Reyes-Becerril^a, Miriam Angulo^a, Elizabeth Monreal-Escalante^{ab}, Yuniel Méndez-Martínez^c, Ricardo Vázquez-Juárez^a, Jorge Manuel Silva-Jara^d.

^aCentro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), IPN # 195, Playa Palo de Santa Rita Sur, La Paz, 23096, México. ^bSECIHTI-CIBNOR. ^cUniversidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), Quevedo, 120301, Ecuador. ^dCentro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, 44430, Jalisco, México.

Biotecnología y Ciencias Agropecuarias

Abstract

This study evaluated the effect of diets supplemented with *Cystobasidium benthicum* yeast (Cb) and *Cyrtocarpa edulis* plum (Ce) on the expression of carbohydrate recognition genes *cd209* and marco in Nile tilapia. After 14 days, the fish on the Cb diet showed increased *cd209* expression, probably due to recognition of β -glucan in its cell wall, but this expression decreased at 28 days. On the other hand, marco gene expression increased in fish on the Ce diet at 28 days, associated with carbohydrates from the pulp. These results indicate that both ingredients activate the immune system by inducing the expression of immune-stimulatory carbohydrate recognition genes, though at different time points.

Keywords: probiotic, medicinal plants, immune system, aquaculture.

Resumen

Este estudio evaluó el efecto de dietas suplementadas con levadura *Cystobasidium benthicum* (Cb) y ciruela del Mogote *Cyrtocarpa edulis* (Ce) en la expresión de los genes de reconocimiento de carbohidratos *cd209* y marco en tilapia del Nilo. A los 14 días, en los peces alimentados con dieta Cb, la expresión de *cd209* aumentó, probablemente por el reconocimiento del β -glucano de su pared celular de la levadura, pero su expresión disminuyó a los 28 días. Por otro lado, la expresión del gen marco aumentó en los peces con la dieta Ce a los 28 días, lo cual se asoció a los carbohidratos de la pulpa de la ciruela. Estos resultados indican que ambos suplementos activan el sistema inmune al inducir de la expresión de genes que reconocen carbohidratos inmunoestimulantes, aunque en diferentes tiempos.

Palabras clave: probiótico, plantas medicinales, sistema inmune, acuicultura.

Problemática

La resistencia de patógenos a los antimicrobianos y el uso innecesario de antibióticos para prevenir, controlar y tratar enfermedades infecciosas de la tilapia de cultivo.

Usuarios

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretarías de Desarrollo Estatal y Municipal; productores acuícolas; y la sociedad civil.

Introducción

La acuicultura es una industria en constante crecimiento, que enfrenta retos mayores y amenazas por las enfermedades. Entre las alternativas, el fortalecer el sistema de defensa de los peces, mediante el uso de inmunoestimulantes de fuentes naturales, es una estrategia eficaz, económica y sostenible. La levadura *C. benthicum* y la pulpa de ciruela *C. edulis* en la dieta de los peces mejoran la salud porque activan mecanismos de defensa a nivel celular y molecular (Reyes-Becerril et al., 2021;



Órgano Oficial de Difusión y Divulgación de la
AMECTIAC

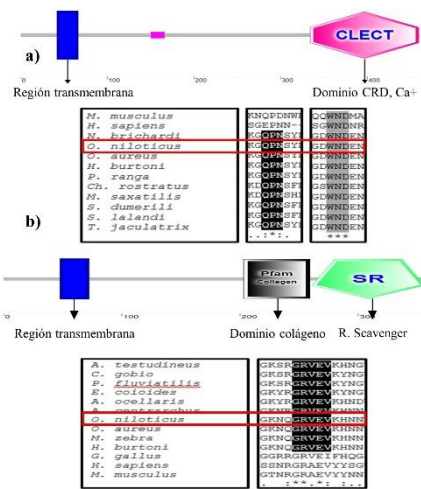


Figura 1. Genes *cd209* y marco de la tilapia del Nilo. a) *cd209*: dominio transmembrana (azul), dominio de lectina de tipo C (rosa) y motivos conservados de unión QPN (negro; Q: glutamina, P: prolina, N: asparagina) y WND (gris; W: triptófano, N: asparagina, D: ácido aspártico). b) marco: dominio transmembrana (azul), dominio de colágeno (negro), receptor Scavenger (verde) y motivo conservado de unión GRVEV (negro; G: glicina, R: arginina, V: valina, E: ácido glutámico, V: valina).

Machuca et al., 2024). Estas fuentes naturales son ricas en carbohidratos, algunos con propiedades inmunoestimulantes, los cuales podrían ser reconocidos por receptores del sistema inmune de peces (Reyes-Becerril et al., 2021; 2024). Su uso en la acuicultura podría contribuir al desarrollo de prácticas más sostenibles y saludables, reduciendo la dependencia de tratamientos químicos y antibióticos, y promoviendo un enfoque ecológico y económico.

Objetivos

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la suplementación dietaria con *C. benthicum* y *C. edulis* en la tilapia del Nilo sobre la expresión de genes de receptores de reconocimiento de carbohidratos.

Materiales y Métodos

Genes y oligonucleótidos: Las secuencias de nucleótidos y aminoácidos correspondientes a los receptores clúster de diferenciación 209 (*Cd209*) y receptor de macrófagos con estructura colágena (Marco) se obtuvieron de la base de datos GenBank (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/>). Las regiones de las proteínas codificadas por *Cd209* y Marco, que reconocen carbohidratos, se localizaron utilizando las herramientas SMART (<http://smart.embl-heidelberg.de/>) y Prosite (<https://prosite.expasy.org/>). Finalmente, los pares de oligonucleótidos (primers) se diseñaron para los análisis de expresión de los genes en la tilapia empleando el servidor web Prime3 (<https://primer3.ut.ee/>).

Dietas: La cepa LR192 de *C. benthicum* (Colección del CIBNOR) se cultivó en medio nutritivo YPD (28 °C, 120 rpm, 48 h) y la biomasa se separó por centrifugación (4 °C, 4000 x g por 10 min). La pulpa de ciruela se obtuvo separando las cáscaras y semillas. Ambos se deshidrataron por liofilización (FreeZone 18, LABCONCO, Kansas City, MO, EE. UU.). Se formularon cuatro dietas suplementadas: Cb (0.5 %), Ce (0.5 %), una combinación (Cb 0.25 % + Ce 0.25 %), y una dieta control (0 %). Como base se utilizó un alimento comercial con 32 % de proteína (Nutripec Purina®, México), al que se añadieron los suplementos, más 1.5 % de aglutinante sal sódica de ácido algínico (Cat. 180947, Sigma, USA) y agua purificada. Finalmente, los pellets se elaboraron en un procesador de alimentos (Oster® Regency, USA) y se secaron a 50 °C (24 h).

Peces: Se utilizaron tilapias del Nilo (peso promedio: 246 ± 44 g) en 12 tanques circulares (1000 L) con seis peces por tanque. Se establecieron cuatro grupos según las dietas: control, Cb, Ce y Cb:Ce, con tres tanques por cada grupo. Los peces se alimentaron dos veces al día en base al 2 % de su peso corporal durante 28 días.

Muestreos: En los 14 y 28 días, las tilapias fueron anestesiadas con aceite de clavo (0.5 ml/L) y se eutanasiaron para recolectar muestras de 1 cm de intestino anterior que se colocaron en solución TRIzol (Invitrogen) para su preservación hasta su análisis.

Extracción de ARN y síntesis de ADNc: El ARN se extrajo triturando las muestras de intestino en la

solución TRIzol, añadiendo cloroformo para separar las fases y luego precipitando el ARN con isopropanol. Para sintetizar ADNc a partir del ARN, se utilizó el proceso de transcripción reversa que sintetiza ADN complementario (ADNc) a partir de ARN con la ayuda de un oligonucleótido llamado oligoT18.

Análisis de la expresión de genes: Los análisis de expresión génica se realizaron mediante qPCR, técnica que mide la cantidad de ADNc amplificado (multiplicado). Los resultados se expresaron como un cambio en la cantidad de ADNc, ajustando cada muestra con respecto un gen control de expresión relativamente estable, en este caso, el gen del factor de elongación 1 alfa. De esta manera, el aumento o la disminución en la expresión de los genes *cd209* y marco se evaluó en función del efecto de la dieta suplementada.

Resultados y Discusión

El gen *cd209* pertenece a la familia de receptores tipo lectina y presentó un dominio especializado en el reconocimiento de carbohidratos (CRD), que incluye los segmentos (motivos) *QPN* y *WND*, responsables específicos de la unión con calcio/carbohidratos, los cuales son conservados entre varias especies de peces (Fig. 1a), y muestran alta afinidad por carbohidratos compuestos por glucosa (Wang et al., 2020). Después de 14 días, los peces alimentados con dietas suplementadas no mostraron diferencias en la expresión del gen *cd209* en comparación con los de la dieta control, aunque sí se observó una tendencia de aumento en los peces alimentados con Cb y Cb:Ce (Fig. 2a). Esto podría estar relacionado al reconocimiento del β -glucano, carbohidrato presente en la levadura, conocido por activar el sistema inmune rápidamente a través de estos receptores y que, en el transcurso del tiempo la expresión disminuye por la activación de mecanismos regulatorios (Petit et al., 2019; Machuca et al., 2022) que probablemente redujeron la expresión del gen al día 28 (Fig. 2b).

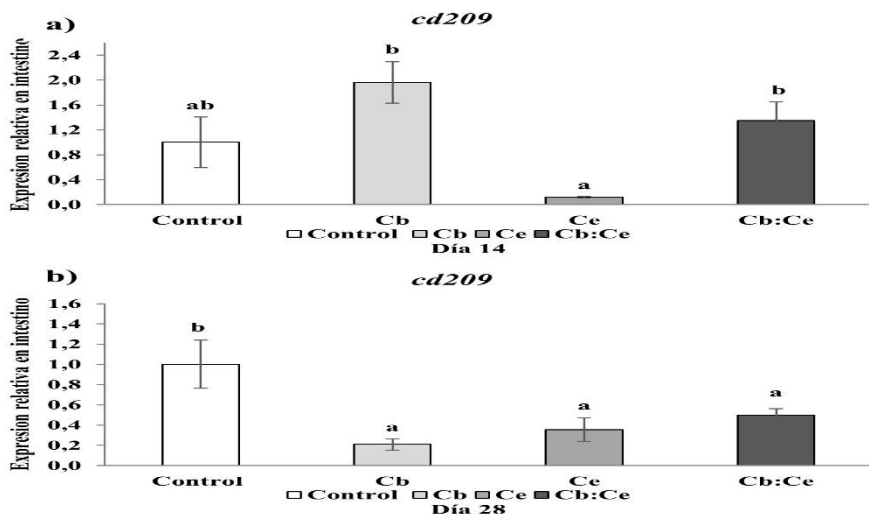


Figura 2. Expresión del gen clúster de diferenciación 209 (*cd209*) en tilapia del Nilo a 14 (a) y 28 días (b) de alimentación con dietas control y dietas suplementadas con *Cystobasidium benthicum* (Cb), *Cyrtocarpa edulis* (Ce) y su combinación 1:1 (Cb:Ce) al 0.5 %. Media ± error estándar, $p < 0.05$.

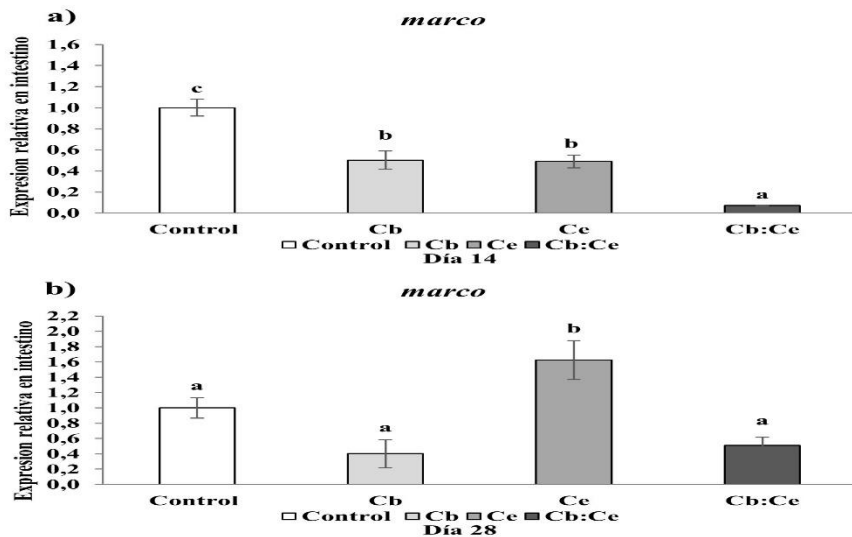


Figura 3. Expresión del gen receptor de macrófagos con estructura colágena (marco) en tilapia del Nilo a 14 días (a) y 28 días (b) de alimentación con dietas control y dietas suplementadas con *Cystobasidium benthicum* (Cb), *Cyrtocarpa edulis* (Ce) y su combinación 1:1 (Cb:Ce) al 0.5 %. Media ± error estándar, $p < 0.05$.

PCTI

Dr. Héctor Nolasco Soria, Editor en Jefe

El gen marco pertenece a la familia de receptores Scavenger o depuradores y se identificó un motivo *GRVEV* (Fig. 1b), especializado en la unión a moléculas asociadas a patógenos que juega un papel crucial en la activación de células (macrófagos) responsables de la destrucción de patógenos. Después de 14 días, los peces alimentados con las dietas no aumentaron la expresión el gen marco (Fig. 3a), pero a los 28 días los peces suplementados con la dieta Ce aumentaron la expresión de este gen en comparación con el grupo control (Fig. 3b). Un efecto similar se observó en el pez jurel (*Seriola rivoliana*) cuando se le suplementó una dieta con la pulpa de la ciruela del Mogote o cimarrón, sugiriendo que existen carbohidratos inmunoestimulantes que inducen la expresión del gen marco (Reyes-Becerril et al., 2024).

Conclusiones

Los resultados indican que la inclusión de la levadura *C. benthicum* y la pulpa de la ciruela del Mogote (*C. edulis*) en la dieta para tilapia del Nilo, activan la expresión de receptores de carbohidratos del sistema inmune.

Impacto Socioeconómico

El uso de nuevos suplementos alimenticios naturales que generan cambios en la expresión de genes relacionados con el sistema inmune podría modular respuestas de defensa contra patógenos y contribuir con la sostenibilidad de producción acuícola.



Artículo completo en <https://pcti.mx>
Contacto PCTI: hnolascosoria@gmail.com