



Uso de Levaduras Activas en Nutrición de Camarón

Gabriel Aguirre-Guzman^{1*} ; Ángel I. Campa-Córdova² ; Jaime Salinas-Chavira¹ .

¹Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Tamaulipas, Mexico.

²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Av. Instituto Politécnico Nacional No. 195, La Paz, Mexico.

*Correspondencia: gabaguirre@docentes.uat.edu.mx

Recibido: Septiembre 2022; Aceptado: Febrero 2023; Publicado: Mayo 2023.

RESUMEN

La acuicultura de camarón es una industria que usa harina de pescado en las dietas, el cual es un ingrediente difícil de obtener a bajo costo y es cada vez más escaso. Es importante encontrar estrategias que ayuden a la nutrición del camarón mediante el uso de ingredientes alternativos que reemplacen o complementen a la harina de pescado y ayuden a desarrollar una industria más amigable para el medio ambiente. Las levaduras se pueden añadir a las dietas para los organismos acuáticos y son un producto microbiano generado por sistemas biotecnológicos o un subproducto de las industrias agroalimentarias. Este estudio determinó el uso potencial de levaduras activas (*Candida insectorum*, *C. parapsilosis*, *C. sake*, *C. utilis*, *Debaryomyces hansenii*, *Rhodospidium paludigenum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe*, y *Yarrowia lipolytica*) en camarones juveniles y postlarvas de *Litopenaeus schmitti*, *Fenneropenaeus indicus* y *L. vannamei*. Los resultados muestran que las levaduras activas pueden ser empleadas a diferentes dosis como un sustituto parcial de la harina de pescado y/o harina de soya e incorporarse a dietas de camarones juveniles o usarse directamente en dietas para postlarvas. Sin embargo, es necesario realizar estudios que determinen las estrategias más eficientes para que la levadura activa sea ingerida por el camarón.

Palabras clave: Camarón; dieta; levadura; nutrición; peneido (*Fuente: CAB*).

ABSTRACT

Shrimp aquaculture is an industry that uses fishmeal in diets, which is an ingredient difficult to obtain at low cost and increasingly scarce. It is important to find strategies that help shrimp nutrition by using alternative ingredients that replace or complement fishmeal and help develop a more environmentally friendly industry. Yeasts can be added to diets for aquatic organisms and are microbial products generated by biotechnological systems or a by-product from agri-food industries. This study determined the potential use of active yeasts (*Candida insectorum*, *C. parapsilosis*, *C. sake*, *C. utilis*, *Debaryomyces hansenii*, *Rhodospidium paludigenum*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Schizosaccharomyces pombe*, and *Yarrowia lipolytica*) in juvenile and postlarvae shrimp of *Litopenaeus schmitti*, *Fenneropenaeus indicus*, and *L. vannamei*. The results show that active yeasts can be used at different doses, as partial substitute for a fishmeal-soybean meal and incorporated into diets for

Como citar (Vancouver).

Aguirre-Guzman g, Campa-Córdova AI, Salinas-Chavira J. Uso de Levaduras Activas en Nutrición de Camarón. Rev MVZ Córdoba. 2023; 28(2):e2929. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2929>



©El (los) autor (es) 2023. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>), que permite a otros distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de modo no comercial, siempre y cuando den crédito y licencien sus nuevas creaciones bajo las mismas condiciones.

juvenile shrimp or used directly in diets for postlarvae. However, it is necessary to carry out studies to determine the most efficient strategies for the active yeast to be ingested by shrimp.

Keywords: Diet; nutrition; peneid; shrimp; yeast (*Source: CAB*).

INTRODUCCIÓN

La pesca y acuicultura han tenido el propósito de suministrar alimentos y productos relevantes para el hombre, buscando la sustentabilidad en ambas actividades (1). En el último siglo, se experimentó un incremento en el consumo de productos acuáticos debido al sabor, calidad nutricional, cualidades organolépticas, bienestar y salud que generan estos productos en el consumidor, lo que generó una intensificación de la industria pesquera. Esto aumentó la producción de productos acuícolas y el subsecuente agotamiento del recurso debido a la sobrepesca y sobreestimación de la cantidad de producto que se podía extraer (2). Ante este escenario y con una continua demanda de productos acuícolas, surge la acuicultura como una alternativa que puede apoyar en el suministro de alimentos acuáticos obtenidos por la pesca (1,2). Hoy en día, la acuicultura se ha convertido en una actividad a gran escala e importancia económica en muchos países (1,3). Sin embargo, este desarrollo no es ajeno a problemas que disminuyen la producción, tales como enfermedades, desabasto de alimentos o ingredientes para la fabricación de dietas adecuadas para el consumo de los organismos acuáticos, y el deterioro ambiental.

El cultivo de camarón comercial es uno de los productos más importante en la acuicultura mundial, especialmente en el sudeste asiático y China (1,3,4). En la actualidad, uno de los principales objetivos para mejorar la camaronicultura es la generación de alimentos de bajo costo que favorezcan la seguridad alimentaria, crecimiento y salud de los organismos, y que además reduzcan el impacto al medio ambiente (1). Diversas investigaciones buscan usar ingredientes alternativos como sustitutos de la harina de pescado o soya, y que sirvan como complemento nutricional o aditivos alimenticios que favorezcan el crecimiento de los animales. También se busca que estos ingredientes puedan ayudar en contra de los patógenos a los que están expuestos organismos acuáticos y puedan disminuir las aportaciones de materia orgánica al medio ambiente (3,5).

Las levaduras son un ingrediente convencional que ha sido usado desde hace tiempo en alimentación animal, donde la industria de la biotecnología ha trabajado con varios tipos de preparaciones y cepas que fungen como aditivos alimenticios para mejorar el crecimiento, nutrición, conversión alimenticia y sobrevivencia del camarón (6,7,8). Además, se han desarrollado para poder competir por el espacio intestinal y modificar la flora microbiana, disminuir la presencia de bacterias no benéficas, aumentar la producción de enzimas, y la asimilación de nutrientes o la digestión de estos (9,10,11).

La figura 1 muestra que los trabajos relacionados con la levadura (2000 al 2022) asociados al camarón de acuicultura y enfocados en el uso de la levadura activa o inactiva, y extractos o partes de esta en temas como parámetros de crecimiento, sistema inmune, sistema digestivo, metabolismo, medio ambiente y control de enfermedades. Esta figura también muestra que la levadura activa se usa principalmente en parámetros de crecimiento y sistema inmune (37 y 26%, respectivamente), fenómeno que se invierte al usar levadura inactiva o extractos de esta (24-33 y 37-40% respectivamente). Los temas como metabolismo, medio ambiente, sistema digestivo y enfermedades son menos abordados (0-18%). Este trabajo busca mostrar la información actual sobre el uso de levaduras activas, mostrando el tipo de levaduras empleadas, dosis, y efecto generado en los parámetros de crecimiento de los camarones bajo cultivo.

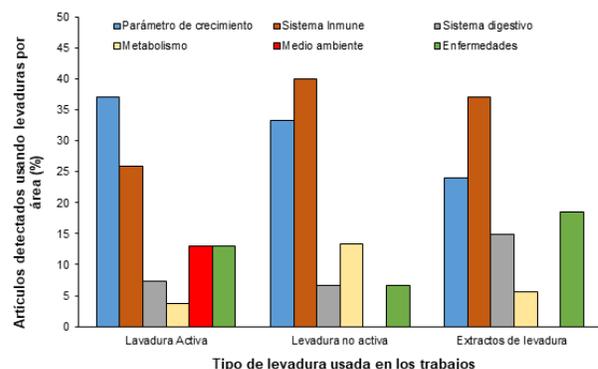


Figura 1. Porcentaje de artículos detectados del 2000 al 2022 que usan levaduras o partes de esta en camarón de cultivo y tema principal que abordan.

Levaduras usadas en camarón

Las levaduras son ascomicetos y basidiomicetos unicelulares con reproducción de gemación o fisión. Se considera que una fracción (2-5%) del total de especies de levaduras se conocen a nivel mundial (12) y se ha demostrado su potencial para producir muchas sustancias bioactivas, como enzimas, fitasa, glucanos, glutatión, toxinas y vitaminas con aplicación en acuicultura, alimentación, farmacéutica, medioambiental y química (13). Las levaduras son un producto popular para usar en la acuicultura como fuente de aminoácidos, proteínas y vitaminas (principalmente del complejo B) con efecto positivo sobre el crecimiento e inmunidad del camarón (14,15). Otro uso de las levaduras en la acuicultura es para el control de enfermedades (bacterias o virus), lo cual puede reducir el uso de antibióticos y otros productos químicos que afectan la resistencia o patogenicidad de los microorganismos (16,17). Las levaduras se pueden utilizar como ingredientes o aditivos alimenticios en dietas para mejorar el valor nutricional de las mismas, al igual que pueden mejorar la salud del crustáceo como fuente de proteínas anticoagulantes, aglutininas, péptidos antimicrobianos o AMP (defensinas y quimiocinas) y bacteriocinas. También se han utilizado como fuente de radicales libres, apoyo en la formación de componentes humorales, enzima fenoloxidasas, lisozimas, nódulos, proteasas, peróxido de hidrógeno, polimixina, sideróforos, y tirotricidina, además de favorecer la fagocitosis (17,18,19,20,21,22,23,24).

Las levaduras marinas son microorganismos que normalmente se encuentran en el entorno natural del camarón de cultivo donde se ha documentado su papel en la salud y nutrición (25). Estos microorganismos pueden obtenerse como subproductos de algunas industrias o bien producirse específicamente para incrementar el aporte de algún nutriente en particular o por sus productos bioactivos (9,17, 26,27,28). A continuación, se muestran las principales levaduras usadas en nutrición de camarón.

Candida. Las levaduras conocidas como *Candida* pertenecen a la clase Saccharomycetes, división Ascomycota, están ampliamente distribuidas

en la naturaleza ya que pueden crecer en diferentes ambiente y temperaturas, y se han descrito al menos 100 especies. Las células de esta levadura son de forma globosa, elipsoidal, cilíndrica o elongada y ocasionalmente ojivales y triangulares durante la reproducción asexual (29). Las levaduras del género *Candida* que se han usado en estas dos últimas décadas como ingrediente en trabajos de investigación asociados a los parámetros de crecimiento del camarón de cultivo (postlarvas de *Litopenaeus schmitti*, *Fenneropenaeus indicus*, y *L. vannamei*) son: *Candida insectorum*, *C. parapsilosis*, *C. sake* y *C. utilis* (14,30,31,32) (Tabla 1). García-Galano y Carrillo-Farnés (30) y Sarlin y Philip (33) utilizaron levaduras activas *C. sake* y *C. utilis* como suplementos en dietas para postlarvas de camarón (*L. schmitti* y *F. indicus*, respectivamente) observando que el uso de las levaduras favoreció el crecimiento y sobrevivencia en camarones en comparación con otras cepas, lo que confirma que las levaduras marinas pueden servir como posibles suplementos alimenticios en camarones de esta talla cuya alimentación es a nivel de micropartículas (33). Gamboa-Delgado et al (14) formularon dietas con harina de pescado y *C. utilis*, observando que la mezcla de estos ingredientes favorecía la tasa de crecimiento de los camarones (*L. vannamei*), en comparación de las dietas que contenían solo *C. utilis*. También se observó que la dieta con 85/15% de harina de pescado/levadura proporcionó un resultado significativamente superior en peso final y tasa de crecimiento en comparación de las otras dietas (con o sin levadura). Esto sugiere que el suministro de esta levadura ayuda a mejorar el perfil de aminoácidos de la harina de pescado cuando esta disminuye en las dietas. Por su parte, Apún-Molina et al (31) usaron *C. parapsilosis* que fue aplicada externamente a una dieta comercial de camarón (32%, Purina, Ciudad Obregón, México) a una dosis de 5×10^5 UFC g⁻¹. Los camarones juveniles *L. vannamei* (2.5 ± 0.06 g) alimentados con esta dieta presentaron un significativo mayor peso final, tasa de crecimiento y tasa conversión alimenticia comparado con los organismos alimentados con la dieta control. Sin embargo, este efecto se veía reducido cuando el alimento no se usaba, lo que sugiere que la vida de anaquel puede afectar la viabilidad de las levaduras.

Tabla 1. Efecto de la levadura activa sobre los parámetros de crecimiento de camarones de interés acuícola.

Levadura	Camarón	Dosis	Aplicación	Ref
<i>Candida utilis</i>	<i>Litopenaeus schmitti</i> (PL)	5-30%	Aumenta significativamente el crecimiento de las postlarvas al usarse en la dieta entre 15-25%.	30
<i>C. parapsilosis</i>	<i>L. vannamei</i> (2.5 ± 0.06 g)	5x10 ⁵ UFC g ⁻¹	Aumento en peso final, tasa de crecimiento y tasa conversión alimenticia.	31
<i>C. utilis</i>	<i>L. vannamei</i> (0.58 ± 0.08 g)	60%	Crecimiento y sobrevivencia similar al ser usadas como remplazo (hasta un 60%) de harina de pescado).	14
<i>C. sake, C. utilis, Debaryomyces hansenii</i>	<i>Fenneropenaeus indicus</i> (PL 20-30 mg)	20%	Mejora la ganancia de peso comparada con dieta control.	32
<i>C. insectorum + D. hansenii</i>	<i>L. vannamei</i> (0.14 ± 0.02 g)	10 ⁶ UFC mL ⁻¹	Mejora significativa en el peso final, consumo de alimento, tasa de conversión alimenticia y sobrevivencia en comparación con la dieta control.	34
<i>D. hansenii</i>	<i>L. vannamei</i> (PL15)	10 ⁶ UFC mL ⁻¹	Mejora la ganancia de peso, tasa específica de crecimiento, tasa de conversión alimenticia y sobrevivencia al ser usada en dietas en estanques comerciales de camarón (PL15).	35
<i>Rhodospiridium paludigenum</i>	<i>L. vannamei</i> (1.0 ± 0.06 g)	1% (10 ⁸ cel g ⁻¹ dieta)	Mejora la ganancia de crecimiento específico y sobrevivencia al ser suministrada oralmente en comparación con la dieta control.	36
	<i>L. vannamei</i> (0.05 ± 0.00 g)	1-1.5 g kg ⁻¹	Mejora la ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia y sobrevivencia.	20
	<i>L. vannamei</i> (0.40 ± 0.01 g)	300 g kg ⁻¹	Los camarones alimentados con esta dieta tienen un crecimiento, tasa de conversión alimenticia y sobrevivencia similar al control, sugiriendo que puede ser usada como ingrediente para substituir parcialmente la harina de pescado y harina de soya.	37
	<i>L. vannamei</i> (3.05 ± 0.22 g)	50-150 g kg ⁻¹	Peso final, tasa de conversión alimenticia y sobrevivencia similar al control, sugiriendo que este ingrediente puede ser usada en dietas para camarones juveniles.	38
	<i>F. indicus</i> (PL 0.02 ± 0.018 g)	50%	Es posible usarla como sustituto de harina de pescado y harina de soya en dosis <50%.	39
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	<i>L. vannamei</i> (1.78 ± 0.03 g)	10-40 g kg ⁻¹	No afectan la biomasa final, peso final, porcentaje de ganancia de peso, conversión alimenticia y relación de eficiencia proteica en comparación con la dieta control.	40
	<i>L. vannamei</i> (0.89 g)	1%	Aumento en el peso final, sobrevivencia, porcentaje de crecimiento específico, y conversión alimenticia.	5
	<i>L. vannamei</i> (12 g)	30%	Presenta una digestibilidad de 84-85% en el camarón.	10
	<i>L. vannamei</i> (0.35 ± 0.002 g)	1%	Mayor ganancia de peso, porcentaje de crecimiento específico y tasa de conversión alimenticia que la dieta control	7
	<i>L. vannamei</i> (1.38 ± 0.01 g)	1.5 × 10 ¹⁰ UFC g ⁻²	Mejor crecimiento específico, ganancia de peso, factor de condición y sobrevivencia comparados con los alimentados con dieta control.	11
<i>Schizosaccharomyces pombe</i>	<i>L. vannamei</i> (0.35 ± 0.002 g)	< 40 g kg ⁻¹	Generan un impacto positivo en crecimiento, conversión alimenticia y retención de proteína al ser combinada con harina de pescado.	41
<i>Yarrowia lipolytica</i>	<i>L. vannamei</i> (0.95 ± 0.11 g)	2% (8000 cel mL ⁻¹)	Ganancia de peso y mayor tasa de crecimiento específico al mejorar la digestibilidad del camarón.	15

Debaryomyces. Este género de levadura pertenece a la clase Saccharomycetes, división Ascomycota, se encuentran comúnmente en el medio ambiente y se utilizan en la industria alimentaria. Se han descrito al menos 30 especies y sus células se caracterizan de por ser de forma globosa, ovoide o lenticular durante la reproducción asexual, la cual es de tipo

germinación multilateral (42). Esta levadura se encuentra en la microflora intestinal y sedimentos en las áreas de cultivo de organismos marinos como el camarón (13). *Debaryomyces hansenii* es la principal especie observada en los estudios para camarón, y se ha empleado como ingrediente que favorece la ganancia de peso, crecimiento y conversión alimenticia tanto en postlarvas como

juveniles (Tabla 1). Sarlin y Philip (32) utilizaron *D. hansenii* viva como suplemento en dietas para postlarvas de camarón (*F. indicus*) a diferentes dosis, mostrando que favoreció el crecimiento y sobrevivencia en camarones. Resultados similares fueron observados por Vidya et al (35) cuando la usaron con *L. vannamei* a la misma dosis (10^6 UFC g^{-1} de dieta). Campa-Córdova et al (34) la suministraron con *C. insectorum* para alimentar a *L. vannamei* (0.14 ± 0.02 g) generando resultados significativos en todos sus parámetros de crecimiento en comparación de una dieta control comercial (Tabla 1).

Rhodospiridium. Este género de levadura pertenece a la clase Ustilaginomycetes, división Basidiomycota. Las células son globosas, ovoides y elongadas durante la reproducción asexual, con germinación multilateral y polar. Posee una visible pigmentación rojiza por su capacidad de producir carotenoides (43). La identificación de las especies requiere de estudios bioquímicos, fisiológicos y filogenéticos y se conocen cerca de 9 especies (*Rhodospiridium azoricum*, *R. babjevae*, *R. diobovatum*, *R. fluviale*, *R. kratochvilovae*, *R. lusitaniae*, *R. paludigenum*, *R. tutoroides* y *R. sphaerocarpum*). Yang et al (36) alimentaron camarones *L. vannamei* (1.0 ± 0.06 g) con una dieta complementada con *R. paludigenum* al 1% (10^8 cel g^{-1} dieta) detectando una mejora en el crecimiento específico y sobrevivencia de los camarones. Sería de gran interés estudiar también el efecto que poseen los carotenoides de esta levadura en los organismos acuáticos como el camarón.

Saccharomyces. *Saccharomyces cerevisiae* es la levadura cuyo uso en nutrición de camarón más se ha reportado (Tabla 1), y también más usada en diferentes procesos a nivel mundial, ya que está involucrada en la producción de cerveza, vino, y pan, siendo también la primera célula eucariota cuyo genoma fue secuenciado (44). Pertenece a la clase Saccharomycetes, división Ascomycota, las cuales se reproducen por medio de gemación presentando un ciclo de vida haploide y diploide. Los estudios genéticos señalan la existencia de ocho especies bien definidas (*S. arboricolo*, *S. cerevisiae*, *S. eudayanus*, *S. jurei*, *S. kudjavevii*, *S. mikatae*, *S. paradoxus* y *S. uvarum*) (44). Se pueden obtener como un subproducto de varias industrias de fabricación de alimentos y bebidas alcohólicas, convirtiéndolas en un ingrediente interesante que se puede utilizar en la alimentación agropecuaria y organismos acuáticos, y se puede usar activa, no activa (muerta) o extractos-

partes de esta (28). La tabla 1 muestran que *S. cerevisiae* se ha usado principalmente en dietas para camarones *L. vannamei* desde postlarvas (0.05 g) hasta juveniles (0.4-3 g) y con postlarvas de *F. indicus* (0.02 g). Los resultados señalan que el uso de este ingrediente mejora la ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia, sobrevivencia y relación de eficiencia proteica (PER en sus siglas en inglés) de los camarones de forma similar a la dieta control que emplea ingredientes como harina de pescado y soya. Esto sugiere que puede ser usada como ingrediente para substituir parcialmente a los ingredientes antes mencionados. Sharawy et al (39) muestran resultados similares y sugieren el uso de la levadura a una dosis $<50\%$. Qiu et al (10) reportan que el uso de *S. cerevisiae* a una dosis de 30% en dietas para *L. vannamei* (12 g), mostrando que el ingrediente tiene un 84-85% de digestibilidad en camarón, lo cual favorece su uso. Las levaduras son interesantes en dietas para larvas de camarón donde el tamaño de la célula incrementa la digestión de esta, debido al sistema digestivo que tienen. Es importante señalar que los camarones juveniles al ser sembrados en las granjas tienen una alimentación inicial asociada a la productividad natural de los estanques de cultivo que favorece su crecimiento (45), lo que hace que el uso de la levadura sea un ingrediente natural para ellos en comparación con juveniles de mayor talla que dependen de alimentos formulados para su alimentación (8,20,37,38).

Schizosaccharomyces. Esta levadura pertenece a la clase Schizosaccharomycetes, división Ascomycota, las cuales se reproducen por medio de fisión binaria y tiene una forma de bastón que mide 3-4 μ de diámetro y 7-14 μ longitud. Se conocen cerca de cinco especies de este género (*Schizosaccharomyces cryophilus*, *Sc. japonicus*, *Sc. pombe*, *Sc. octosporus* y *Sc. osmophilus*) (46). Solorzano-Reyes et al (47) señalan que *Schizosaccharomyces* es una de las levaduras marinas que forman parte de la comunidad microbiana de los ambientes costeros y manglares, contribuyendo al equilibrio de estos ecosistemas y conforman parte de la dieta natural de peces, crustáceos y moluscos que se alimentan de ellas a través de las partículas en suspensión o adheridas a los sustratos donde hay presencia de levaduras. Los trabajos con *Sc. pombe* como ingrediente en la nutrición de camarón en forma activa son escasos, Qiu (41) usó esta levadura en dietas para camarón juvenil *L. vannamei* (0.35 g) a una dosis de 40 $g\ kg^{-1}$, observando que este microorganismo tuvo un

efecto positivo en el crecimiento, conversión alimenticia, y retención de proteína al ser combinada con harina de pescado en la dieta (Tabla 1).

Yarrowia. Esta levadura pertenece a la clase Saccharomycetes, división Ascomycota que poseen un crecimiento asexual por gemación multilateral. Solo existe la especie *Yarrowia lipolytica*, de forma esferoidal, elipsoidal o alargada, encontrándose sola, en pares o pequeños grupos. Las células de esta levadura tienen características dimórficas, se puede observar pseudomicelio y ramificado (48). Patsios et al (49) señalan que *Y. lipolytica* es una levadura detectada en varios tipos de alimentos como carne, pescado, productos lácteos entre otros, lo cual ha llamado la atención ya que puede crecer en diferentes subproductos agropecuarios con altos contenidos de ácidos grasos. Es usada en organismos terrestres y acuáticos generando resultados positivos en su nutrición ya que almacena ácidos grasos esenciales intracelularmente ($\leq 20\%$), posee un bajo contenido de ácidos nucleicos que favorece la palatabilidad de las dietas. También, secreta proteínas heterólogas, tiene un alto contenido de lisina y genera enzimas que favorecen la digestión animal (esterasas, fosfatasa, lipasa y proteasas) (49,50). Álvarez-Sánchez et al (15) emplearon esta levadura activa mezclada en la dieta para camarones juveniles (0.95 g) a una dosis del 2%, detectando que los organismos mostraron una mayor ganancia de peso y tasa de crecimiento comparados con la dieta control, sugiriendo esto a la mejor digestibilidad de las dietas que fue observada en las pruebas *in vitro* (Tabla 1).

Contexto del uso de levadura en nutrición de camarón de cultivo

La camaronicultura es una actividad que evoluciona conforme se mejoran las técnicas y conocimientos sobre los organismos de cultivo y su fisiología, medio ambiente e interacciones bióticas-abióticas, requerimientos nutrimentales y procesos productivos. Las levaduras que se encuentran en el medio ambiente y camarones pueden ser herramientas que favorezcan el crecimiento y salud de los camarones, además de mejorar el medio ambiente para esta industria. Sin embargo, el conocimiento sobre este campo es aún limitado y las levaduras no son la excepción. Las diferentes especies de levaduras, como cualquier otro microorganismo,

no funcionan de la misma forma. Existen diferencias entre las especies o cepas usadas, medio de cultivo donde se produjeron, producto, subproducto o partes de las células obtenidas de estas, método de extracción y purificación de estos subproductos o partes celulares y aplicación específica considerada.

La información en este estudio muestra que las levaduras desempeñan un papel interesante y tienen varias aplicaciones en la camaronicultura por su versatilidad. Las levaduras se han empleado en camarón tanto en forma activa, como inactiva o extractos obtenidos de esta (pared celular, glucanos, nucleótidos, entre otros) (Figura 1). En la parte activa destacan el uso en nutrición (Tabla 1), seguido del sistema inmune, control de enfermedades y para la sustentabilidad del medio ambiente (5,8,17). Mientras que en su forma inactiva o extractos de la célula se usa principalmente para activadores del sistema inmune, seguido de componentes que favorecen la nutrición, control de enfermedades, apoyo del sistema digestivo o metabolismo del camarón (8,10,15,16,23,31).

Inicialmente, las cepas de levadura utilizadas en la acuicultura eran subproductos obtenidos para otras industrias donde se suministraba en diferentes niveles (1-60%). Hoy en día se pueden encontrar levaduras obtenidas biotecnológicamente con aplicaciones muy específicas en nutrición animal (proteínas, lípidos, vitaminas, minerales, etc.) y presencia de compuestos bioactivos con efecto en el crecimiento, sobrevivencia, sistema digestivo, estructura intestinal e interacción de la microflora del camarón (10,13,25). Los resultados presentes en la Tabla 1 revelan la importancia de comprender las características de las diferentes especies o cepas de levadura para su aplicación en la dieta de camarón. Levaduras activas pueden ser usadas como sustituto parcial de la harina de pescado y soya en alimentos balanceados o aditivos con efecto sobre los parámetros de crecimiento (7,8,14).

En camarón, un adecuado balance entre el contenido de proteína, digestión, y absorción de los aminoácidos que contiene las dietas y sus respectivos ingredientes, generalmente representa un mayor crecimiento, sobrevivencia, y menor tasa conversión alimenticia en los organismos cultivados como lo sugieren Ceseña et al (8) y Méndez-Martínez et al (51). Las levaduras activas se han utilizado en las últimas décadas como parte de las dietas para

camarón como fuente de proteínas, a pesar de la falta de algunos aminoácidos esenciales y su alto contenido de ácidos nucleicos (6,16,52). Las levaduras activas han mostrado ser un ingrediente potencial para ser usado en dietas para camarón (postlarvas – juveniles). Esta estrategia puede favorecer la asimilación de nutrientes de las dietas, disminuir el costo de estas, y mejorar el crecimiento de los organismos bajo cultivo.

Es importante en futuras investigaciones con células activas visualizar que estas interactúan de varias formas con el organismo que las ingieren, por ejemplo, las levaduras pueden interactuar como un componente nutricional (nivel de proteínas, aminoácidos, microelementos, ácidos grasos, vitaminas, etc.) y como activadores o reforzadores del sistema inmune, espacio, o competidor de nutrientes en contra de patógenos.

Las levaduras activas pueden interactuar como reforzadores del sistema digestivo con la producción de enzimas extracelulares, reduce el impacto en el medio ambiente o estrés en las interacciones bióticas y abióticas de los organismos cultivados, etc.

Es posible que los estudios moleculares, proteómica, e isotopos, etc. puedan generen nueva información que ayude a entender la aplicación de las diferentes especies de levaduras y cepas usadas en dietas para camarón de acuicultura, y el funcionamiento específico de estas células activas en los organismos y su entorno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses por el envío de este manuscrito.

REFERENCIAS

1. FAO. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma; 2020. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
2. Arreguín-Sánchez F, Arcos-Huitrón E. Fishing in Mexico: state of exploitation and use of ecosystems. *Hidrobiológica*. 2011; 21(3):431-462.
3. Perez-Castañeda R, Sánchez-Martínez JG, Aguirre-Guzman G, Rabago-Castro JL, Vazquez-Sauceda ML. Interaction of fisheries and aquaculture in the production of marine resources: advances and perspectives in Mexico. Finkl CW, Makowski C. (eds.). *Environmental Management and Governance: Advances in Coastal and Marine Resources*, Coastal Research Library 8, Springer International Publishing Switzerland; 2014. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06305-8_5
4. Pahlow M, Oel PRV, Mekkonen MM, Hoekstra AY. Increasing pressure on freshwater resources due to terrestrial feed ingredients for aquaculture production. *Sci Total Environ*. 2015; 536:847-857. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.07.124>
5. Jin M, Xiong J, Zhou Q, Yuan Y, Wang X, et al. Dietary yeast hydrolysate and brewer's yeast supplementation could enhance growth performance, innate immunity capacity and ammonia nitrogen stress resistance ability of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Fish Shellfish Immunol*. 2018; 82:121-129. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.08.020>
6. Guo J, Qiu X, Salze G, Davis DA. Use of high-protein brewer's yeast products in practical diets for the Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquac Nut*. 2019; 25(6):680-690. <https://doi.org/10.1111/anu.12889>
7. Ayiku S, Shen J, Tan BP, Dong X-H, Liu H-Y. Effects of reducing dietary fishmeal with yeast supplementations on *Litopenaeus vannamei* growth, immune response and disease resistance against *Vibrio harveyi*. *Microbiol Res*. 2020; 239:126554. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2020.126554>
8. Ceseña CE, Vega-Villasante F, Aguirre-Guzman G, Luna-González A, Campa-Córdova AI. Update on the use of yeast in shrimp aquaculture: a minireview. *Int Aquat Res*. 2021; 13:1-16 <https://doi.org/10.22034/IAR.2021.1904524.1066>

9. Zhao L, Wang W, Huang X, Guo T, Wen W, et al. The effect of replacement of fishmeal by yeast extract on the digestibility, growth and muscle composition of the shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aqua Res.* 2017; 48(1):311-320. <https://doi.org/10.1111/are.12883>
10. Qiu X, Nguyen L, Davis DA. Apparent digestibility of animal, plant and microbial ingredients for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Aquac Nut.* 2018; 24(3):930-939. <https://doi.org/10.1111/anu.12629>
11. Zheng L, Xie S, Zhuang Z, Liu Y, Tian L, et al. Effects of yeast and yeast extract on growth performance, antioxidant ability and intestinal microbiota of juvenile Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquac.* 2021; 530:735941. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735941>
12. Boekhout T, Amend AS, Baidouri FE, Gabaldón T, Geml J, et al. Trends in yeast diversity Discovery. *Fungal Diversity.* 2022; 114:491-537. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00494-6>
13. Sarkar A, Bhaskara-Rao KV. Marine yeast: a potential candidate for biotechnological applications- a review. *Asian J Microbiol Biotechnol Environ Sci.* 2016; 18(3):627-634.
14. Gamboa-Delgado J, Fernández-Díaz B, Nieto-López M, Cruz-Suárez LE. Nutritional contribution of torula yeast and fishmeal to the growth of shrimp *Litopenaeus vannamei* as indicated by natural nitrogen stable isotopes. *Aquac.* 2016; 453(20):116-121. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2015.11.026>
15. Álvarez-Sánchez AR, Nolasco-Soria H, Peña-Rodríguez A., Mejía-Ruiz H. *In vitro* digestibility of *Yarrowia lipolytica* yeast and growth performance in whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Turk J Fish Aquat Sci.* 2018; 18(3):395-404. https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_3_05
16. Biswas G, Korenaga H, Nagamine R, Kono T, Shimokawa H, et al. Immune stimulant effects of a nucleotide-rich baker's yeast extract in the kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. *Aquac.* 2012; 366-367:40-45. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.001>
17. Babu DT, Antony SP, Joseph SP, Bright AR, Philip R. Marine yeast *Candida aquaetextoris* S527 as a potential immunostimulant in black tiger shrimp *Penaeus monodon*. *J Inverte Pathol.* 2013; 112(3):243-252. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.12.002>
18. Sajeevan TP, Philip R, Singh IB. Dose/frequency: a critical factor in the administration of glucan as immunostimulant to Indian white shrimp *Fenneropenaeus indicus*. *Aquac.* 2009a; 287(3-4):248-252. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.045>
19. Sajeevan TP, Lowman DW, Williams DL, Selven S, Anas A, et al. Marine yeast diet confers better protection than its cell wall component (1-3)- β -D-glucan as an immunostimulant in *Fenneropenaeus indicus*. *Aqua Res.* 2009; 40(15):1723-1730. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2009.02275.x>
20. Deng D, Mei C, Mai K, Tan BP, Ai Q, et al. Effects of a yeast-based additive on growth and immune responses of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) and aquaculture environment. *Aquac Res.* 2013; 44(9):1348-1357. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03139.x>
21. Bai N, Gu M, Zhang W, Xu W, Mai K. Effects of β -glucan derivatives on the immunity of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its resistance against white spot syndrome virus infection. *Aquac.* 2014; 426-427:66-73. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.01.019>
22. Sang HM, Kien NT, Thanh NT. Effects of dietary mannan oligosaccharide on growth, survival, physiological, immunological and gut morphological conditions of black tiger prawn (*Penaeus monodon* Fabricius 1798). *Aquacult Nutr.* 2014; 20(3):341-348. <https://doi.org/10.1111/anu.12083>
23. Neto HS, Nunes AJP. Performance and immunological resistance of *Litopenaeus vannamei* fed a β -1, 3/1, 6-glucan supplemented diet after per os challenge with the infectious myonecrosis virus (IMNV). *Rev Bas Zootec.* 2015; 44(5):165-173. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902015000500001>

24. Wilson W, Lowman D, Antony SP, Puthumana J, Singh IS, et al. Immune gene expression profile of *Penaeus monodon* in response to marine yeast glucan application and white spot syndrome virus challenge. *Fish Shellfish Immunol.* 2015; 43(6):346-356. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2014.12.032>
25. Gyan WR, Ayiku S, Yang Q, Asumah J. Effects of yeast antimicrobial peptide in aquaculture. *J Fish Aquac Dev.* 2019; 6:1048 <https://doi.org/10.29011/2577-1493.101048>
26. Sarlin PJ, Philip R. Efficacy of marine yeasts and baker's yeast as immunostimulant in *Fenneropenaeus indicus*: A comparative study. *Aquac.* 2011; 321:173-178. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.039>
27. Swathi J, Narendra K, Sowjanya KM, Satya AK. Marine fungal metabolites as a rich source of bioactive compounds. *Afr J Biochem Res.* 2013; 7(10):184-196. <https://doi.org/10.5897/AJBR12.068>
28. Øverland M, Skrede A. Yeast derived from lignocellulosic biomass as a sustainable feed resource for use in aquaculture. *J Sci Food Agric.* 2016; 97(3):733-742. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8007>
29. Hommel RK. Candida introduction. Batt CA, Tortorello ML (ed) *Encyclopedia of Food Microbiology* (Second Edition). Academic Press; 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00055-0>
30. García-Galano T, Carrillo-Farnés O. Nutrition of the white shrimp, *Litopenaeus schmitti* Burkenroad: 25 years of scientific investigation. *Rev Invest Mar.* 2015; 35(2):24-40. <http://hdl.handle.net/1834/9076>
31. Apún-Molina JP, Santamaría-Miranda A, Luna-González A, Ibarra-Gámez JC., Medina-Alcantar V, et al. Growth and metabolic responses of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* and Nile tilapia *Oreochromis niloticus* in polyculture fed with potential probiotic microorganisms on different schedules. *Lat Am J Aquat Res.* 2015; 43(3):435-445. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue3-fulltext-5>
32. Sarlin PJ, Philip R. Marine yeasts as feed supplement for Indian white prawn *Fenneropenaeus indicus*: screening and testing the efficacy. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2016; 5(1):55-70. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2016.501.005>
33. Pham D, Ansquer D., Chevalier A, Dauga C, Peyramale A, et al. Selection and characterization of potential probiotic bacteria for *Litopenaeus stylirostris* shrimp hatcheries in New Caledonia. *Aquac.* 2014; 432:475-482. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.04.031>
34. Campa-Córdova AI, Morales-Cristobal Y, Guzmán-Murillo MA, Aguirre-Guzman G. Productive response and circulating haemocytes in juvenile shrimp *Litopenaeus vannamei*, fed with probiotic mixtures. *Revista de Biología Marina y Oceanografía.* 2020; 55(1) 73-78 <https://doi.org/https://doi.org/10.22370/rbmo.2020.55.1.2394>
35. Vidya G, Vinusha B, Vijaya Ch. Efficacy of the marine yeast *Debaryomyces hansenii* on growth of the shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Int J Res Appl Sci Eng Technol.* 2017; 5(IX):1545-1547. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2017.9225>
36. Yang SP, Wu ZH, Jian J., Zhang XZ. Effect of marine red yeast *Rhodospiridium paludigenum* on growth and antioxidant competence of *Litopenaeus vannamei*. *Aquac.* 2010; 309(1-4):62-65. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.032>
37. Achupallas JM Zhou Y., Davis DA. Pond production of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, fed grain distillers dried yeast. *Aquac Nut.* 2016; 22:1222-1229. <https://doi.org/10.1111/anu.12359>
38. Achupallas JM, Zhou Y, Davis DA. Use of grain distillers dried yeast in practical diets for juvenile pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *J World Aquac Soc.* 2016; 47(2):220-229 <https://doi.org/10.1111/jwas.12267>

39. Sharawy Z, Goda AMAS, Hassaan MS. Partial or total replacement of fishmeal by solid state fermented soybean meal with *Saccharomyces cerevisiae* in diets for Indian prawn shrimp, *Fenneropenaeus indicus*, postlarvae. Anim Feed Sci Technol. 2016; 212:90–99. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.12.009>
40. Qiu X, Davis DA. Evaluation of flash dried yeast as a nutritional supplement in plant-based practical diets for Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei*. Aquac Nutr. 2017; 23:1244–1253. <https://doi.org/10.1111/anu.12499>
41. Qiu X. Alternative ingredients in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). [Doctoral thesis of Fisheries and Allied Aquacultures], Alabama, United States of America: Auburn University; 2017. <http://hdl.handle.net/10415/5729>
42. Wrent P, Rivas EM, Gil de Prado E, Peinado JM, de Silóniz MI. Debaryomyces. In: Batt CA, Tortorello ML (ed) Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition). Academic Press; 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00081-1>
43. Sampaio JP. Rhodosporidium. In: Kurtzman CP, Fell JW, Boekhout T. (ed). The yeast, a taxonomy study. Elsevier Science; 2011. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52149-1.00127-0>
44. Alsammar H, Delneri D. An update on the diversity, ecology and biogeography of the *Saccharomyces* genus. FEMS Yeast Res. 2020; 20(3):foaa013 <https://doi.org/10.1093/femsyr/foaa013>
45. Wasielesky W, Atwood H, Stokes A, Browdy CL. Effect of natural Emerenciano MGC, Rombenso AN, Vieira FDN, Martins MA, Coman GJ et al. Intensification of penaeid shrimp culture: an applied review of advances in production systems, nutrition and breeding. Anim. 2022; 12:236–275. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>
46. BryschHerzberg M, GuoSong J, Seidel M, Assali I, LiLin D. Insights into the ecology of *Schizosaccharomyces* species in natural and artificial habitats. Antonie van Leeuwenhoek. 2022; 115:661–695. <https://doi.org/10.1007/s10482-022-01720-0>
47. Solorzano-Reyes F, Velásquez-López PC. Absorption efficiency in post-larvae of the shrimp *Litopenaeus vannamei* fed a diet of marine yeast from mangrove mudflats. Bul Mar Coast Res. 2021; 50(2):73–90. <https://doi.org/10.25268/bimc.invenmar.2021.50.2.1012>
48. Sutherland JB, Cornelison C, Crow SA. CANDIDA, *Yarrowia lipolytica* (*Candida lipolytica*). In: Batt CA, Tortorello ML (ed) Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition). Academic Press; 2014. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00056-2>
49. Patsios SA, Dedousi A., Sossidou EN, Zdragas A. Sustainable animal feed protein through the cultivation of *Yarrowia lipolytica* on agro-industrial wastes and by-products. Review. MDPI Sustainability. 2020; 12(4):1398. <https://doi.org/10.3390/su12041398>
50. Guardiola FA, Esteban MA, Angulo C. *Yarrowia lipolytica*, health benefits for animals. Appl Microbiol Biotechnol. 2021; 105(20):7577–7592. <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11584-5>
51. Méndez-Martínez Y, Yamasaki-Granados S, García-Guerrero MU, Martínez-Cordova LR. Effect of dietary protein content on growth rate, survival and body composition of juvenile cauque river prawn, *Macrobrachium americanum* (Bate, 1868). Aquac Res. 2017; 48:741–751. <https://doi.org/10.1111/are.13193>
52. Guo J, Guo B, Zhang H, Xu W, Zhang W, et al. Effects of nucleotides on growth performance, immune response, disease resistance and intestinal morphology in shrimp *Litopenaeus vannamei* fed with a low fishmeal diet. Aquac Int, 2016; 24(4):1007–1023. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9967-7>