



ALLIANCE™

[.https://www.globalseafood.org](https://www.globalseafood.org)

Aquafeeds

El sorgo es un ingrediente potencialmente valioso para los alimentos acuícolas

13 March 2023

By Mohammad Zarei, Ph.D. , Abdolsamad K. Amirkolaei, Ph.D. , Jesse T. Trushenski, Ph.D. , Wendy M. Sealey, Ph.D. , Michael H. Schwarz, Ph.D. and Reza Ovissipour, Ph.D.

Las mejoras en su valor nutricional pueden aumentar su inclusión en formulaciones de alimentos acuícolas

El sorgo es un grano de cereal resistente a la sequía que normalmente se cultiva en condiciones semiáridas. Este grano ha ocupado el quinto lugar a nivel mundial después del trigo, el maíz, el arroz y la cebada tanto en términos de **producción y de área sembrada**. (<https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109769>). La producción mundial de sorgo alcanzó más de 58,8 millones de toneladas métricas en 2022, y Estados Unidos es actualmente el cuarto productor (después de Nigeria, Sudán y México) con alrededor del 8 por ciento de la **producción total**. (<https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=0459200>).

El sorgo ha sido durante mucho tiempo un cultivo alimentario principal y una fuente importante de proteínas, energía y minerales para millones de personas en Asia y África. Este grano se ha ganado una reputación mundial en la producción de alimentos fermentados debido a su amplia adaptabilidad y bajo costo de producción.



Los autores analizan el sorgo como un ingrediente de alimentos acuícolas potencialmente valioso, algunas posibles mejoras en su valor nutricional para su uso en alimentos acuícolas, y su oportunidad como ingrediente para reemplazar el maíz. Foto de Judgefloro, vía Wikimedia Commons.

La demanda de sorgo está creciendo por elección del consumidor porque el grano no es OGM (organismo no modificado genéticamente), no contiene gluten y tiene un alto contenido de antioxidantes.

Además, el sorgo es uno de los pocos cultivos que puede encajar en todos los marcos actuales de bioenergía, incluido el grano a etanol, el azúcar de sorgo dulce en biocombustibles, y como **materia prima de biomasa lignocelulósica y celulósica para biocombustibles.**

(<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c03784>).



(<https://link.chtbl.com/aquapod>).

El sorgo también se ha utilizado como ingrediente novedoso para desarrollar **alimentos acuícolas sostenibles**. (<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811527-5.00010-1>).

Con una creciente demanda de alimentos acuícolas, los ingredientes agrícolas como los cereales y las semillas oleaginosas se han introducido en cantidades cada vez mayores, reemplazando la harina de pescado y las fuentes de proteínas marinas. Entre estos ingredientes, el grano de sorgo tiene potencial debido a su extensa producción mundial y la idoneidad de sus propiedades nutricionales; aunque como cualquier otro ingrediente, el sorgo tiene sus propias ventajas y desventajas como ingrediente de alimentos para el desarrollo de alimentos acuícolas (Tabla 1).

Ovissipour, El sorgo, Tabla 1

| Pros | Cons | | |
|---|--|--|--|
| Gran producción mundial | Bajo contenido de proteína | | |
| Sostenible | Menor digestibilidad de proteínas y almidón. | | |
| No-GMO | Impacto negativo en la salud de los órganos | | |
| Fuente emergente de nutrientes | Deficiencia de lisina y treonina | | |
| Buenos resultados en omnívoros y herbívoros | Factores antinutricionales | | |
| Gran fuente de productos de valor agregado | Estudios limitados en acuicultura | | |
| Alto nivel de antioxidantes | – | | |

Tabla 1: Un resumen de las ventajas y desventajas del sorgo para el desarrollo de alimentos acuícolas.

Este artículo – adaptado y resumido de la **publicación original** (<https://doi.org/10.3390/agriculture12050669>). (Zarei, M. et al. 2022. Sorghum as a Potential Valuable Aquafeed Ingredient: Nutritional Quality and Digestibility. *Agriculture* 2022, 12(5), 669) – reporta sobre una revisión de estudios sobre el sorgo y su aplicación en alimentos acuícolas, enfatizando la mejora de la productividad de los peces cuando se alimentan con dietas ricas en sorgo. Para las secciones del artículo original sobre biología y agricultura del sorgo y composición de nutrientes (excluidas en este resumen), consulte la publicación original.

Sorgo en la producción acuícola

Hay estudios limitados disponibles sobre la aplicación del sorgo como ingrediente de alimentos acuícolas, aunque el potencial del grano se ha examinado ampliamente en aves y ganado. Los datos disponibles, aunque limitados, muestran que los peces omnívoros como la carpa y la tilapia pueden digerir y metabolizar dietas a base de sorgo.

En la carpa común, la digestibilidad de los nutrientes del sorgo se ha comparado con la del salvado de trigo y el centeno. En otro estudio, se utilizó sorgo o gránulos que contenían un 25 por ciento de proteína para alimentar a la carpa común en los estanques. Los resultados muestran que la alimentación con sorgo condujo a un menor crecimiento y una mayor cantidad de grasa corporal en comparación con la alimentación con la dieta de gránulos. En la lubina, sin embargo, la digestibilidad de la proteína y la grasa del sorgo fue del 60 y 79 por ciento, respectivamente, que son similares a las reportadas para el maíz.

Se supone que los carbohidratos de sorgo no digeribles, como los pentosanos de lignina y la celulosa, son responsables de la eficiencia de digestión relativamente más baja de proteínas y grasas en la lubina. Las diferencias en las especies de peces tienen un papel fundamental en la digestibilidad y el rendimiento del sorgo, ya que las especies omnívoras como la carpa digieren el sorgo mejor que otras especies de peces como la lubina (Fig. 1).

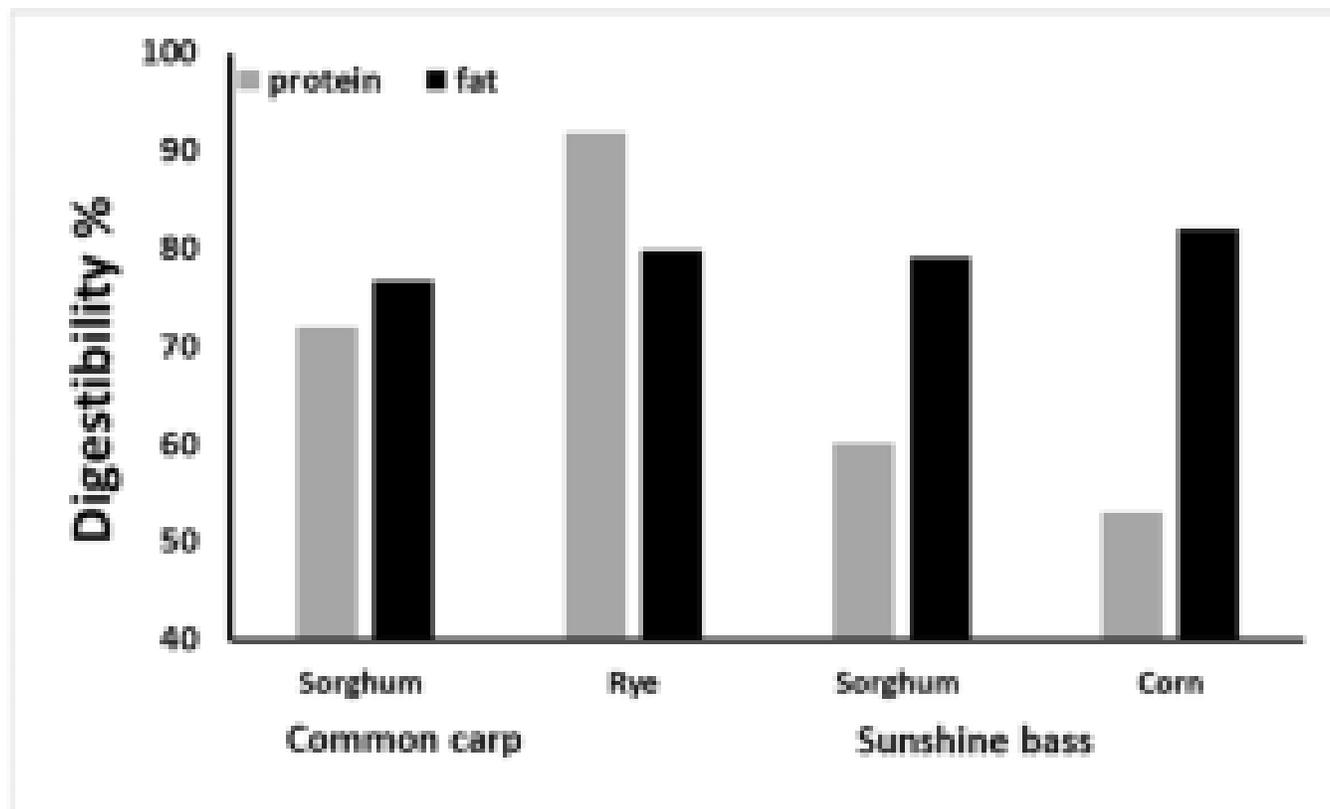


Fig. 1: Una comparación entre la digestibilidad de los nutrientes del sorgo y el maíz y el centeno en la carpa común y la lubina. Adaptado del original.

La digestibilidad aparente del sorgo también ha sido evaluada en el pámpano de Florida como especie carnívora. La digestibilidad de la materia seca y la energía de la dieta del sorgo son 45.4 y 63.9 por ciento, respectivamente, las cuales son más bajas y más altas que las del maíz (58.1 y 71.4 por ciento) y la harina de trigo (24.4 y 58.6 por ciento). La digestibilidad relativamente más baja del sorgo se ha atribuido a la fuente o tipo de almidón, que necesita temperaturas más altas para la gelatinización.

Estudios previos que evaluaron el uso de productos de sorgo en tilapia han arrojado algunos resultados promisorios pero no concluyentes. Una comparación de cinco fuentes de granos (maíz, trigo, cebada, sorgo y arroz) mostró que la tilapia alimentada con una dieta que contenía un 25 por ciento de sorgo tuvo un rendimiento de crecimiento máximo y una eficiencia de retención de proteínas superior. La adición de sorgo también aumentó el contenido de grasa corporal y redujo la humedad corporal en la tilapia. En otro estudio, se demostró que el rendimiento del crecimiento y la conversión alimenticia de la tilapia alimentada con maíz de sorgo en dos tasas de inclusión eran similares a los de

la tilapia alimentada con una dieta comercial. Estos resultados confirman la capacidad de la tilapia para utilizar el sorgo como principal componente de la dieta en tasas de inclusión del 25 por ciento en dietas formuladas a la medida.

El sorgo también se considera un sustituto adecuado del maíz en las dietas de los peces. La competencia por su uso en la nutrición humana y otros alimentos para animales ha elevado los precios del mercado del maíz y ha limitado su disponibilidad. Parece que el sorgo como fuente de almidón tiene un potencial inmenso para reemplazar el maíz o la yuca en especies omnívoras. Según los informes, el desempeño del crecimiento en pangasius no se ve afectado cuando la yuca y el maíz se reemplazan con sorgo. Además, una dieta de sorgo no cambia el color del filete de panga ni las propiedades físicas de los gránulos de alimento (densidad y flotabilidad). En el bagre plateado, la materia seca del sorgo y la digestibilidad de la proteína son más altas que las del maíz, lo que sugiere que el sorgo es un ingrediente favorable en los alimentos para bagre.



La oportunidad de los alimentos acuícolas atrae a pioneros de los campos lejanos

A medida que los líderes empresariales cambian su enfoque de los biocombustibles y la energía a la seguridad alimentaria, un creyente convertido llama la oportunidad de los alimentos acuícolas como un necesario “redespliegue” de conocimiento.



Global Seafood Alliance

Estrategias de suplementación para mejorar el rendimiento del sorgo en alimentos acuícolas

El contenido relativamente bajo en proteínas, alto en fibra, y antinutricional del grano de sorgo restringe su proporción de inclusión en alimentos acuícolas de alto valor para especies tróficas superiores. Sin embargo, mejorar su digestibilidad y aumentar el contenido de proteínas a través de enfoques de modificación podría mejorar la capacidad del sorgo para servir como un ingrediente de alimentación alternativo en la acuicultura.

El grano seco soluble destilado (DDGS) a base de sorgo es un subproducto de la industria de producción de biocombustibles y contiene 28,7 a 32,9 por ciento de proteína cruda, 8 a 13 por ciento de grasa y 34,7 a 51,1 por ciento de fibra. Existe interés en utilizar este ingrediente en alimentos acuícolas debido a su mayor oferta y bajo costo. La eficiencia de las dietas de DDGS a base de sorgo extruido y peletizado se evaluó en dos estudios de crecimiento en camarón blanco del Pacífico. Los resultados indican que hasta el 40 por ciento de esta nueva fuente de proteína puede usarse en formulaciones de alimentos sin afectar el rendimiento de *L. vannamei*. También se han observado resultados similares luego de agregar hasta un 40 por ciento de DDGS de maíz a alimentos acuícolas para bagre, trucha arco iris y bagre de canal.

Reduciendo el impacto de factores antinutricionales

La fermentación, la germinación, la hidrólisis enzimática, el calentamiento y los tratamientos químicos se han empleado como soluciones para reducir el efecto de los factores antinutricionales. En general, la fermentación hace que los ingredientes del alimento sean más fáciles de digerir y los nutrientes más fáciles de absorber. Según los informes, una combinación de cocción y fermentación mejoró la calidad de los nutrientes y redujo drásticamente los factores antinutricionales a niveles seguros, lo que es mucho mejor que cualquiera de los otros métodos de procesamiento probados. También se encontró que el proceso de fermentación fúngica es una alternativa eficaz para mejorar el contenido de proteína del maíz de sorgo y aumentar el contenido de proteína del sorgo en un 20 por ciento.

Mejora de la digestibilidad del sorgo

La baja digestibilidad de la proteína y el almidón del sorgo, junto con el bajo contenido de los aminoácidos esenciales lisina y treonina, son los principales obstáculos para su posterior uso en las dietas animales. Las herramientas de ingeniería genética pueden ser alternativas para mejorar la digestibilidad de la kafirina (proteína de sorgo) y mejorar el valor nutricional del grano de sorgo. Se han sugerido varias alternativas para mejorar la eficiencia del sorgo como ingrediente y alimento, incluidas la fermentación, la modificación química, la hidrólisis enzimática y el tratamiento termo-mecánico.

Fermentación

La fermentación se ha utilizado durante mucho tiempo para mejorar la digestibilidad de las proteínas. Se informó de un aumento sustancial en la digestibilidad del sorgo después de 24 horas de fermentación, lo que destaca que la digestibilidad mejorada de la proteína puede atribuirse a la degradación fraccionada de proteínas de almacenamiento complejas en productos más simples y solubles. Además de la digestibilidad, la fermentación también influye en las propiedades funcionales, es decir, el cambio de pH en la solubilidad de la proteína del sorgo. Según se informa, las capacidades de unión de agua y aceite de la harina de sorgo disminuyeron y aumentaron, respectivamente, como resultado de la fermentación.

Modificación química

Se ha aplicado proteína de sorgo conjugada (ligada o conectada) a algunos polisacáridos (tipo de carbohidratos) para mejorar sus propiedades funcionales. La investigación demostró que la conjugación mejoró la solubilidad de las proteínas en todos los niveles de pH y se duplicó la capacidad de emulsificación. Los agentes reductores, como el metabisulfito de sodio y el glutatión, también se han utilizado para mejorar la digestibilidad de las proteínas y los almidones, ya que estos agentes pueden descomponer la matriz proteica.

Hidrólisis enzimática

Los métodos enzimáticos son más seguros y económicos que los métodos químicos y no producen sustancias tóxicas. Las proteasas (enzimas que rompen las proteínas) se han utilizado principalmente para separar el almidón de sorgo para mejorar la digestibilidad de los alimentos para animales y aumentar la hidrólisis del almidón para la producción de alcohol. Según los informes, el tratamiento del almidón de sorgo con proteasas redujo el contenido de proteínas de 0,7 a 1,1 por ciento a 0,5 a 0,6 por ciento.

Tratamiento termo-mecánico

La digestibilidad de la proteína del sorgo también se puede mejorar mediante la tecnología de extrusión. Investigadores han reportado que la extrusión mejora la digestibilidad de la proteína *in vitro* del sorgo hasta en un 30 por ciento. En otro estudio, la extrusión aumentó la digestibilidad de la proteína de la harina de sorgo en un 18 por ciento.

Perspectivas

El aumento de la demanda de alimentos y la escasez de recursos naturales (es decir, agua y tierra) darán como resultado una mayor oportunidad para la incorporación del sorgo en las industrias de alimentos y piensos. Este cultivo de alta eficiencia fotosintética no solo se puede utilizar como fuente principal de grano, sino también para la producción de biomasa para producir alimentos de alta calidad, como carne y leche. El aumento del uso de ingredientes vegetales sostenibles para reemplazar los cultivos de cereales de uso prolongado, como el maíz y el trigo, en los alimentos para animales también puede aliviar el conflicto de la seguridad alimentaria humana. El sorgo también es una oportunidad de ingrediente para la acuicultura y puede reemplazar fácilmente al maíz en los alimentos acuícolas.

Las especies acuáticas herbívoras y omnívoras pueden consumir sorgo como ingrediente principal del alimento sin impactos negativos en el crecimiento o la digestibilidad. Las mejoras en el valor nutricional del sorgo pueden aumentar su uso en el mercado de alimentos acuícolas como un nuevo sustituto emergente de la harina de pescado. El contenido de proteína de sorgo está entre el 8 y el 15 por ciento, con diferentes tipos de proteínas que incluyen proteínas solubles en agua, solubles en sal, solubles en alcohol y solubles en agentes reductores. En cuanto a los aminoácidos y para equilibrar las dietas de los animales, se deben utilizar otras fuentes de proteínas con el sorgo.

Las modificaciones de la proteína, incluido el procesamiento térmico, la hidrólisis enzimática y la fermentación, pueden mejorar la funcionalidad y la digestibilidad de la proteína del sorgo; por lo tanto, la investigación futura debe centrarse en desarrollar un método adecuado, económico y seguro para la extracción de proteínas, almidón o incluso compuestos fenólicos que sean útiles para la salud humana.

Authors



MOHAMMAD ZAREI, PH.D.

FutureFoods Lab and Cellular Agriculture Initiative, Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center, Virginia Polytechnic Institute and State University, Hampton, VA 23699 USA



ABDOLSAMAD K. AMIRKOLAEI, PH.D.

FutureFoods Lab and Cellular Agriculture Initiative, Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center, Virginia Polytechnic Institute and State University, Hampton, VA 23699 USA



JESSE T. TRUSHENSKI, PH.D.

Riverence Holdings LLC, 604 W Franklin Street, Boise, ID 83702 USA



WENDY M. SEALEY, PH.D.

U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, 4050 Bridger Canyon Road, Bozeman, MT 59715 USA



MICHAEL H. SCHWARZ, PH.D.

Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center, Virginia Polytechnic Institute and State University, Hampton, VA 23699 USA



REZA OVISSIPOUR, PH.D.

Corresponding author

FutureFoods Lab and Cellular Agriculture Initiative, Virginia Seafood Agricultural Research and Extension Center, Virginia Polytechnic Institute and State University, Hampton, VA 23699 USA; and Department of Biological Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, VA 24060 USA

ovissi@vt.edu (<mailto:ovissi@vt.edu>).

Copyright © 2023 Global Seafood Alliance

All rights reserved.