

Efecto del descascarillado y endurecimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en digestibilidad y antinutrientes en dietas para tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Effect of dehulled and hardening of beans (*Phaseolus vulgaris*) in digestibility and antinutrients in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Iván Díaz-Vázquez², Francisco Valdez-González^{*1,2}, Hervey Rodríguez González³, Iram Zavala-Leal^{1,2} y Breidy Cuevas Rodríguez¹

¹Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera a Los Cocos km. 12, Bahía de Matanchén San Blas, Nayarit, México.

²Programa de Maestría en Ciencias Biológico Agropecuarias y Pesqueras - Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera Tepic-Compostela, km 9 C.P. 63780, Xalisco, Nayarit.

³Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa, Guasave, Sinaloa, México.

Recibido: 08 de mayo de 2019

Aceptado: 22 de junio de 2019

RESUMEN

En el presente estudio se evaluó el efecto del descascarillado y el endurecimiento sobre antinutrientes y digestibilidad aparente de materia seca y proteína en tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*. Se utilizó frijol común (*Phaseolus vulgaris*) variedad Azufrado Higuera. Para el bioensayo de digestibilidad se emplearon organismos con un peso promedio de 23 ± 3 g. La evaluación del coeficiente de digestibilidad *in vivo* se determinó por el método indirecto del óxido de cromo como marcador. El descascarillado de frijol común, tanto fresco como endurecido, causó un aumento significativo de proteína y lípidos (6.69, 6.09% y 7.23, 4.28%, respectivamente), y una disminución significativa de fibra, cenizas

y taninos (64.39, 61.57% y 1, 5.01%, respectivamente). Las harinas de frijol común, tanto fresco como endurecido, obtenidas por descascarillado mostraron mayores coeficientes de digestibilidad de materia seca *Oreochromis niloticus*, que las harinas de frijol integral (23.79 y 19.39%, respectivamente). Las digestibilidades proteínicas en tilapia *Oreochromis niloticus* de los ingredientes sin procesar variaron de 78.81 a 86.07%. Los granos de frijol descascarillados mostraron un incremento significativo (14.7%) en DAPI con respecto a los granos sin descascarillar. El factor endurecimiento de los granos de frijol no tuvo efecto significativo sobre ninguna de las respuestas analizadas. En el presente trabajo el descascarillado demostró ser un proceso efectivo para la disminución de factores antinutricionales y el aumento en la digestibilidad *in vivo* de materia seca y proteínica en tilapia nilótica *Oreochromis niloticus* de granos de frijol común fresco y endurecido. Es por ello que, las harinas de frijol común tanto fresco como endurecido y descascarilladas representan una potencial alternativa, de bajo costo y con alta disponibilidad, para reemplazar a la harina de pescado en la elaboración de alimento para tilapia *Oreochromis niloticus*.

Palabras clave: Frijol común, antinutrientes, descascarillado, digestibilidad aparente, *Oreochromis niloticus*.

ABSTRACT

In the present study the effect of dehulled and hardening on antinutrients and apparent digestibility of dry matter and protein in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* was evaluated. Common bean (*Phaseolus vulgaris*) Azufrado Higuera variety was used. For the digestibility bioassay, organisms with an average weight of 23 ± 3 g were used. The evaluation of the digestibility coefficient *in vivo* was determined by the indirect method of chromium oxide as a marker. The dehulling of common bean, both fresh and hardened, caused and a significant

decrease in fiber, ash and tannin (64.39, 61.57% and 1.0, 5.01%, respectively). The common bean flours, both fresh and hardened, obtained by dehulling showed higher digestibility coefficients of dry matter *Oreochromis niloticus*, than the whole bean flours (23.79 and 19.39%, respectively). Protein digestibility in *Oreochromis niloticus* tilapia of raw ingredients ranged from 78.81 to 86.07%. The dehulled beans showed a significant increase (14.7%) in DAPI with respect to the not dehulled grains. The hardening factor of the bean grains had no significant effect on any of the responses analyzed. In the present work the dehulled proved to be an effective process for the decrease of antinutritional factors and the increase in the in vivo digestibility of dry matter and protein in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* of fresh and hardened common bean grains. Common bean flours, both fresh and hardened and dehulled, represent a potential alternative, low cost and with high availability, to replace fishmeal in the production of food for tilapia *Oreochromis niloticus*.

Keywords: Common bean, antinutrients, dehulled, apparent digestibility, *Oreochromis niloticus*.

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente, la harina de pescado ha sido la principal fuente de proteína empleada en la elaboración de alimentos para organismos acuícolas, por lo cual se convierte en la materia prima más costosa (Bowzer *et al.*, 2015). Además, su disponibilidad es limitada e impredecible (Liu *et al.*, 2011). Por esas razones y con el fin de reducir los costos de producción, se han realizado numerosas investigaciones donde se utilizan fuentes de proteína de origen vegetal para sustituir parcial o totalmente a la harina de pescado (Yuan *et al.*, 2013; Valdez-González *et al.*, 2018).

Se ha demostrado que la harina de pescado

puede ser sustituida en diferentes porcentajes dependiendo de la fuente de proteína vegetal, tomando en consideración principalmente el contenido proteínico, la digestibilidad y el balance aminoacídico (Drew *et al.*, 2007).

Una limitante en el uso de fuentes vegetales para peces es la presencia de antinutrientes (Glencross *et al.*, 2007; Valdez-González *et al.*, 2017). El efecto de los factores antinutricionales de vegetales ha sido menos estudiado en peces que en los vertebrados superiores (Guillaume *et al.*, 2004).

Por lo tanto, es necesario implementar procesos para el mejoramiento y aprovechamiento de grandes cantidades de leguminosas y semillas (Drew *et al.*, 2007). Una propuesta interesante es la eliminación de la testa o descascarillado en leguminosas y semillas, a fin de reducir el contenido de fibra, taninos e incrementar la digestibilidad proteínica.

El descascarillado es un proceso que consiste en remover la cascarilla presente en granos y semillas, con este método se logra reducir el contenido de fibra cruda y taninos, además mejora la apariencia, la textura, la calidad de cocción del grano e incrementa el contenido marginal proteínico (Gouveia y Davis, 2000; Egounlety y Aworh, 2003; Nikmaram *et al.*, 2017). Este proceso ha sido utilizado como pre-tratamiento para mejorar el valor nutrimental de fuentes vegetales, logrando mayor palatabilidad y el incremento de coeficientes de digestibilidad proteínica y de materia seca en dietas para peces (Gouveia y Davis, 2000; Cheng y Hardy, 2003; Valdez-González *et al.*, 2017).

El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del descascarillado sobre digestibilidad aparente de materia seca (DAMSI), proteína (DAPI) y antinutrientes de harinas de frijol en tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*, utilizando el método de óxido de cromo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de materias primas

El frijol común variedad azufrado higuera fue proporcionado por la empresa Productores Unidos del Río Petatlán (PURP). Los materiales se limpiaron manualmente y se guardaron a temperatura de 8-10 °C en cubetas de plástico cerradas herméticamente hasta su utilización.

Obtención de granos de frijol endurecidos

Los granos fueron endurecidos aceleradamente en el laboratorio utilizando el procedimiento reportado por Reyes-Moreno *et al.* (1993), con ligeras modificaciones. Se colocaron los granos en recipientes de plástico con tapa, previamente perforados en toda su superficie. Éstos se colocaron en recipientes más grandes que contenían agua destilada en el fondo (HR=100 %). Los recipientes fueron cerrados herméticamente y se colocaron en una estufa (37 ± 1 °C) durante 15 d, cada 48 h se retiraron los recipientes de la estufa con el propósito de revisar y airear cada muestra. Una vez concluido el periodo de tiempo, las muestras fueron retiradas de los recipientes y se colocaron en bolsas de polietileno de cierre dentro de recipientes herméticamente cerrados y se almacenaron a 4 °C hasta su utilización.

Obtención de frijol descascarillado

Lotes de 500 g de grano entero se utilizaron en un molino eléctrico de granos con un motor de ½ HP, hasta partir el grano en cuatro fragmentos. Debido al proceso de molienda, la testa fue separada de los cotiledones fragmentados, para posteriormente ser eliminada con una corriente de aire aplicada a los fragmentos con un abanico doméstico.

Se utilizaron granos de frijol en sus presentaciones integral, descascarillada y extrudida. El descascarillado se realizó por lotes de 500 g de granos de frijol, se utilizó un molino eléctrico de granos con un motor de 0.5 HP para partir la semilla en cuatro fragmentos. Debido al proceso de molienda, la cascarilla

fue separada de los cotiledones fragmentados, para posteriormente ser eliminada con una corriente de aire aplicada a los fragmentos con un abanico doméstico. El pulverizado de las semillas se realizó en (Molino Tecator, mod 1083, Suecia) hasta obtener harinas que atravesaron malla 80 (0.180 mm).

Elaboración de las dietas

Se utilizó una dieta de referencia y 8 dietas experimentales en las cuales se reemplazó el 30% de la dieta referencia por cada uno de los tratamientos evaluados [FI= frijol fresco integral, FD= frijol fresco descascarillado, EI= frijol endurecido integral, ED= frijol endurecido descascarillado, (Cuadro 1).

Los ingredientes fueron molidos hasta pasar una malla # 40 (0.425 mm). Posteriormente, se mezclaron los ingredientes y se homogeneizaron. Se le adicionó 1 % de óxido de cromo como marcador inerte para determinar la digestibilidad del alimento; el alimento fue elaborado en un molino de carne marca Torrey® México (Monterrey, México).

Diseño experimental del bioensayo de digestibilidad

Los bioensayos consistieron en un sistema de 27 unidades experimentales de 270 L, a una densidad de siembra de 6 organismos/unidad experimental, por triplicado. Los peces tuvieron un peso promedio de 23 ± 2.3 g. Cada unidad experimental contó con aireación continua, manteniendo el nivel de oxígeno en 7.21 ± 0.4 mg/L y una temperatura del agua de 26 ± 2 °C. La alimentación fue a saciedad, alimentando dos veces al día (08:00 y 15:00 horas). Dos horas después de cada alimentación se recolectaron las heces con una pipeta Pasteur de plástico. Las heces se lavaron con agua destilada y colocadas a -40 °C. Posteriormente las heces fueron liofilizadas. Las heces liofilizadas, así como las dietas experimentales se analizaron para determinar el contenido de óxido crómico y proteínas.

Cuadro 1. Composición (%) de dieta referencia y dietas experimentales

Ingrediente	Dieta referencia	Ingredientes probados
Harina de pescado	34	
Harina de trigo	45.3	
Aceite de pescado	2.3	
Lecitina de soya	2.3	
Almidón	10	
Grenetina	4	
Minerales ¹	1	
Vitaminas ²	0.1	
Óxido de cromo	1	
Dieta referencia		70
Dieta experimental		30
Total	100	100

¹Mezcla de minerales (g kg⁻¹ dieta): KCl (0.5); MgSO₄•7H₂O (0.5); ZnSO₄•7H₂O (0.09); MnCl₂•4H₂O (0.00234); CuSO₄•5H₂O (0.005); KI (0.005); CoCl₂•2H₂O (0.00025); Na₂HPO₄ (2.37).

²Mezcla de vitaminas (unidades en mg/kg excepto): retinol (5000 IU); colecalciferol (4000 IU); α-tocoferol acetato (100); menadiona (5); tiamina (60); riboflavina (25); piridoxina HCl (50); ácido pantoténico (75); niacina (40); biotina (1); inositol (400); cianocobalamina (0.2); ácido fólico (10).

El porcentaje de digestibilidad aparente de materia seca y de proteína fueron calculados mediante las ecuaciones de Maynard *et al.* (1981):

(1) DAMSI = [(100x % DAMS de DP)- ((100-% IP) x % DAMS de DR)]/(%IP)

(2) DAPI = [(100 x %DAP de DP x %CP en DP) - ((100-%TI)x DAMS de DR x %CP en DR)]/(% IP x %CP en IP)

Dónde: DAMSI: digestibilidad aparente de materia seca del ingrediente, DAMS de DP: digestibilidad aparente de materia seca de la dieta probada, IP: ingrediente probado, DAMS de DR: digestibilidad aparente de materia seca de la dieta de referencia. DAPI: digestibilidad aparente de proteína del ingrediente, DAP de DP: digestibilidad aparente de proteína de la dieta probada, CP en DP: concentración de proteína en la dieta probada, IP: ingrediente probado, DAP de DR: digestibilidad aparente de proteína de la dieta de Referencia, CP en DR: concentración de proteína en la dieta de

referencia, CP en IP: concentración de proteína en el ingrediente probado.

Análisis químicos

Los análisis químicos de los ingredientes, dietas y heces se realizaron siguiendo la metodología descrita por AOAC (1995). Para determinar proteína se utilizó el método microKjeldahl, la determinación de nitrógeno se realizó en un sistema Kjeltex (Mod 1009 y 1002, Tecator, Suecia). Para la determinación de lípidos se empleó sistema Soxtec (Mod 1043, Tecator, Suecia) de extracción con éter de petróleo. La fibra se determinó mediante el secado y calcinación de la muestra después de la extracción con 0.5 M de H₂SO₄ y 0.5 M de NaOH. El contenido de cenizas se determinó mediante calcinación de la muestra en (horno Mufla Thermolyne 6000) a 600 °C por cinco horas y el contenido de energía se determinó mediante un calorímetro adiabático (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química proximal de dietas (referencia y experimentales) para tilapia *O. niloticus* a base de frijol *P. vulgaris* en bioensayo de digestibilidad.

Nutrientes	Dietas				
	Referencia	FFI	FEI	FFD	FE D
Proteína	31.96±0.1	28.44±0.1	28.73±0.2	30.30±0.1	30.48±0.1
Lípidos	9.86±0.1	8.29±0.1	8.36±0.1	8.89±0.1	8.76±0.1
Fibra	4.01±0.1	3.85±0.1	3.80±0.1	1.35±0.1	1.46±0.1
Cenizas	9.20±0.1	7.33±0.1	7.19±0.1	7.26±0.1	7.57±0.1
Energía	41.0±7.8	43.9±3.7	43.4±7.9	43.8±4.8	43.6±8.5
ELN	44.52	51.32	51.71	51.56	48.46

Referencia = Dieta a base de harina de pescado, FFI: Harina de frijol fresco integral, FFD: Harina de frijol fresco descascarillado, FEI: Harina de frijol endurecido integral, FED: Harina de frijol endurecido descascarillado, ELN: Extracto libre de nitrógeno.

Determinación de antinutrientes

Ácido fítico

El ácido fítico se determinó siguiendo el método reportado por Latta y Eskin (1980). La extracción se realizó mediante agitación (400 rpm/25 °C/1 h) de 1 g de harina, con 20 mL de HCl al 2.4%. Después, la suspensión se centrifugó (20,000 x g/25 °C/5 min) y el sobrenadante se guardó en refrigeración. Posteriormente, se utilizó una columna de vidrio (0.7 x 27 cm) empacada con fibra de vidrio y 0.5 g de resina de intercambio iónico marca (Bio-Rad). La columna se lavó con 15 mL de HCl al 5% y luego con 20 mL de agua desionizada. El sobrenadante se diluyó 1:25 y se agregaron 10 mL en la columna. Una vez que el líquido pasó por la columna se aplicaron 15 mL de NaCl 0.1 M y se descartó el eluato. Se colocó un recipiente de 25 mL bajo la columna y se añadieron 15 mL de NaCl 0.7 M para coleccionar el eluato, el cual se llevó a un volumen de 25 mL con agua desionizada. De esta solución se tomaron 3 mL y se le adicionaron 3 mL de agua desionizada y 1 mL de reactivo de Wade (0.15 g de FeCl₃. 6H₂O + 1.5 g de ácido sulfosalicílico en 500 mL de agua desionizada). La mezcla se agitó vigorosamente. Los tubos se centrifugaron (5 000 x

g/25 °C/10 min) y se aisló el sobrenadante, del cual se tomó lectura del color en un espectrofotómetro (Spectronic mod 21D, Milton Roy, EUA) a 500 nm.

Taninos

El contenido de taninos se determinó por el método de la vainillina propuesto por Price *et al.* (1980), con ciertas modificaciones. La extracción se llevó a cabo dentro de las 24 h posteriores a la molienda sobre 1 g de muestra y 10 mL de una solución al 1% de HCl en metanol. La suspensión se agitó durante 40 min a temperatura ambiente y se centrifugó (20,000 x g, 30°C, 20 min). A 1 mL de sobrenadante se agregaron 5 mL de reactivo de vainillina (50:50 v/v vainillina al 1% en metanol y HCl al 8% en metanol) a razón de 1 mL/min. Se dejó reposar durante 20 min en la oscuridad y se procedió a realizar la lectura en espectrofotómetro (Spectronic mod 21 D Milton Roy, EUA) a 500 nm. Se preparó un blanco de absorbancia cero con 1 mL de metanol adicionándole 5 mL de HCl al 4% a razón de 1 mL/ min. Se construyó una curva estándar de catequina y los resultados se reportaron como equivalentes de catequina.

Análisis estadísticos

Los valores obtenidos se analizaron con una prueba de normalidad y homogeneidad. Para determinar si los datos obtenidos eran significativamente diferentes, se utilizó el software computacional STATISTICA 7.0 (StatSoft, Tulsa, OK), los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de una vía (ANDEVA, $\alpha < 0.05$), posteriormente se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey, para clasificar los tratamientos.

RESULTADOS

En el cuadro 3 se muestra la composición química de los granos de frijol crudos y procesados. El descascarillado afectó significativamente ($P < 0.05$) la composición química de los granos frescos y endurecidos de frijol; mientras que, el endurecimiento de los granos de frijol no afectó significativamente ($P > 0.05$) dicha composición nutricional.

Cuadro 3. Composición química proximal (g 100g⁻¹) de ingredientes usados en dietas para tilapia *Oreochromis niloticus*

Nutrientos	HP	FFI	FEI	FFD	FED
Proteína	65.5±0.1	26.32 ± 1.1 ^b	26.92 ± 0.1 ^b	28.72 ± 1.1 ^a	27.48 ± 0.5 ^a
Lípidos	12.17±0.1	1.67 ± 0.1 ^b	1.61 ± 0.2 ^b	2.62 ± 0.2 ^a	2.83 ± 0.2 ^a
Cenizas	16.73±0.1	4.18 ± 0.1 ^b	4.24 ± 0.1 ^b	4.09 ± 0.1 ^a	4.14 ± 0.1 ^a
Fibra	0.03±0.1	3.6 ± 0.1 ^b	3.63 ± 0.2 ^b	2.63 ± 0.2 ^a	1.86 ± 0.2 ^a
ELN	5.57	64.23	63.60	61.94	63.69

HP = Harina de pescado, FFI: Frijol fresco integral, FFD: Frijol fresco descascarillado, FEI: Frijol endurecido integral, FED: Frijol endurecido descascarillado, ELN: Extracto libre de nitrógeno.

El descascarillado de frijol común, tanto fresco como endurecido, causó un aumento significativo de proteína y lípidos (6.69, 6.09% y 7.23, 4.28%, respectivamente), y una disminución significativa de fibra y cenizas (64.39, 61.57% y 1, 5.01%, respectivamente).

En el cuadro 4 se muestra el contenido de ácido fólico y taninos en granos de frijol fresco y endurecido, sin procesar, y sometidos a tratamientos de descascarillado. En relación al ácido fólico, los datos obtenidos indicaron que el descascarillado de los granos no tuvo efecto significativo ($P > 0.05$) sobre el contenido de ácido fólico. Por otro lado, el descascarillado disminuyó significativamente (94.59 y 95.23%) el contenido de taninos. No se observaron variaciones ($P > 0.05$) en los contenidos de taninos y ácido fólico entre frijoles frescos y en-

durecidos, tanto en sus presentaciones integral y descascarillado.

Los coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca en tilapia *Oreochromis niloticus* de los ingredientes mostrados en el cuadro 5 oscilan entre 59.91 y 78.62%. El descascarillado promovió un incremento significativo (23.79 y 19.39%, respectivamente) en los valores de DAMSI de dietas preparadas con 30% de harinas de frijol. Las digestibilidades proteínicas en tilapia *Oreochromis niloticus* de los ingredientes sin procesar variaron de 78.81 a 86.07%. Los granos de frijol descascarillados mostraron un incremento significativo (14.7%) en DAPI con respecto a los granos sin descascarillar. No se presentó diferencia significativa en DAMSI y DAPI entre granos frescos y endurecidos, tanto para granos integrales y descascarillados.

Cuadro 4. Efecto del endurecimiento y descascarillado sobre el contenido de factores antinutricionales del frijol (*P. vulgaris*).

Ingredientes	Taninos (mg EC/100 g) ¹	Ácido fítico (mg/g)
FFI	0.88 ± 0.08 ^b	16.21 ± 0.11 ^b
FEI	0.58 ± 0.08 ^b	15.76 ± 0.39 ^b
FFD	0.10 ± 0.02 ^a	15.33 ± 0.24 ^b
FED	0.05 ± 0.02 ^a	15.29 ± 0.26 ^b

¹mg EC/100g = mg equivalentes de catequina/g de muestra. ²mg equivalentes de diosgenina/g de muestra. ³Unidades de tripsina inhibida/g de muestra. Los valores son presentados como media ± desviación estándar, n = 3. Las medias que no comparten

Cuadro 5. Coeficientes de digestibilidad aparente (CDA) de materia seca y proteínica del ingrediente, en dietas para tilapia *O. niloticus*.

DIETAS	DAMSI	DAPI
	Porcentaje %	
FFI	59.91 ± 6.58 ^b	80.98 ± 4.45 ^b
FEI	61.80 ± 4.29 ^b	78.38 ± 2.48 ^b
FFD	76.40 ± 5.40 ^a	86.07 ± 3.46 ^a
FED	73.63 ± 3.50 ^a	84.27 ± 2.39 ^a

DAMSI= Coeficientes de digestibilidad aparente de materia seca, DAPI= Coeficientes de digestibilidad aparente proteínica del ingrediente, FFI= Frijol fresco integral, FEI= Frijol endurecido integral, FFD= Frijol fresco descascarillado y FED= Frijol endurecido descascarillado. Los valores son presentados como media ± desviación estándar, n = 6. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p<0.05), basados en la prueba Tukey

DISCUSIÓN

El descascarillado de frijol disminuyó el contenido de cenizas y fibra, debido a que ocurrió una pérdida de la testa donde se encuentran ciertos minerales (calcio, fósforo, magnesio, hierro, potasio) y la mayor concentración de fibra (Williams y Singh 1987). El aumento de lípidos y carbohidratos en granos de frijol descascarillado puede deberse a un efecto de concentración, debido a la pérdida de otros componentes del grano como cenizas y fibra.

Los antinutrientes son elementos químicos que contienen los vegetales y afectan la digestibilidad y el metabolismo de las fuentes energéticas (proteínas y lípidos) en dietas elaboradas para animales en cultivo (Valdez-González *et al.*, 2013). Deshpande y Cheryan (1984) mencionan que la interacción de fitatos con proteínas, vitaminas y varios minerales es considerado uno de los factores que limitan el valor nutritivo de alimentos vegetales. El proceso de descascarillado disminuyó significativamente ($P < 0.05$) la presencia de taninos en frijol. Los valores de ácido fítico en frijol común observados en este estudio son similares a los reportados por Alonso *et al.* (2000) para frijol sin procesar (15.9 mg/bs). El contenido de taninos se redujo significativamente ($P < 0.05$) con el descascarillado de los granos de frijol debido a que en la testa es donde se localiza mayormente este antinutriente en granos de leguminosas (Egounlety y Aworh, 2003; Guillaume, 2004). Adewusi y Osuntogun (1991) mencionan que el descascarillado reduce el 95% del contenido de taninos en leguminosas.

La digestibilidad aparente de materia seca (DAMSI) y de proteína (DAPI) son dos parámetros indicativos de la cantidad de materia seca y proteína que son digeridas y absorbidas por los organismos (Brunson *et al.*, 1997). Por lo tanto, es muy importante utilizar ingredientes altamente digestibles en la alimentación de especies acuáticas cultivables (Siccard *et al.* 2006). El presente estudio mostró que las dietas a base de frijol descascarillado fueron digeridas con facilidad por juveniles de tilapia nilótica, debido a

la calidad de las proteínas.

En el presente estudio se obtuvieron mayores coeficientes de digestibilidad proteínica que en el reportado por Falaye *et al.* (2014), quienes evaluaron esta respuesta en peces *Clarias gariepinus* alimentados con dietas preparadas con frijol lima (*Phaseolus Lunatus* L). Estos investigadores reportaron valores de coeficientes de digestibilidad aparente de la proteína (DAP) de 57.87, 88.01, 53.46, 52.10 y 79.38% para frijol crudo y procesado por cocción en agua, remojo, autoclavado y tostado, respectivamente. Olivera-Castillo *et al.* (2011) obtuvieron DAPI de 90 y 91% con *Vigna unguiculata* descascarillada y cocida a más de 90°C, resultados similares a los obtenidos en el presente trabajo con frijol descascarillado.

El proceso de descascarillado en el presente estudio permitió reducir el contenido de taninos en granos de frijol. Diversos reportes mencionan que la inhibición enzimática que provocan los taninos, disminuye la digestibilidad de los nutrientes nitrogenados (Pinto *et al.* 2000), causando una baja digestibilidad proteínica (Reichert *et al.*, 1980). Pinto *et al.* (2000) mencionan que niveles superiores a 0.63% de taninos afectan significativamente la digestibilidad de materia seca, proteínas y lípidos en tilapia nilótica.

Además, la eliminación de la cascarilla pueden estar relacionados tanto a una reducción de los polisacáridos estructurales, así como la probable reducción de los antinutrientes endógenos de la cascarilla (Booth *et al.*, 2001). Asimismo, el descascarillado permitió reducir los niveles de fibra, lo cual pudiera ser la causa en el aumento de los coeficientes de digestibilidad proteínica, ya que diversos reportes mencionan que niveles inferiores a 3 % de fibra permiten una mejora en la digestibilidad proteínica en tilapia nilótica (Dioundick y Stom 1990; Lanna *et al.*, 2004).

El uso de leguminosas en las dietas acuícolas tiene un gran potencial, pero está limitada en última instancia por el alto costo de la refinación (Allan *et al.*, 2000).

Los resultados obtenidos en este estudio demostraron que la eliminación de la testa disminuye el contenido de antinutrientes e incrementan el contenido de proteína y los coeficientes de digestibilidad de materia seca y proteína en tilapia *Oreochromis niloticus* de granos de frijol común fresco y endurecido. Es por ello que, la harinas de frijol común, fresco y endurecido, descascarillado representan una potencial alternativa, de bajo costo y con alta disponibilidad, para reemplazar a la harina de pescado en la elaboración de alimento para tilapia *Oreochromis niloticus*. Por otro lado, el no presentar diferencias entre los valores de digestibilidad, tanto de materia seca como de proteína, del frijol fresco y endurecido, puede permitir el uso potencial de este último como ingrediente ideal en dietas para tilapia nilótica, debido a su menor precio como materia prima que el frijol fresco, además de su alta disponibilidad y bajo costo del proceso de descascarillado.

REFERENCIAS

- Adewusi, S. R. A. & Osuntogun, B. A. (1991). Effects of cooking on tannin content, trypsin inhibitor activity and in vitro digestibility of some legume seeds in Nigeria. *Niger Food Journal.*, 9, 139-145.
- Allan, G.L. (2000). Potential for pulses in aquaculture systems. In: Knight, R. ŽEd., Linking Research and Marketing Opportunities for Pulses in the 21st Century. Proceedings of the Third International Food Legumes Research Conference, 22-26 September 1997, Adelaide, Australia. *Current Plant Science and Biotechnology.*, 34, 507-516.
- Alonso, R., Orue, E., Zbalza, M. J., Grant, G., & Marzo, F. (2000). Effect of extrusion cooking on structure and functional properties of pea and kidney bean proteins. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 80, 397-403.
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1995). Official Methods of Analysis of Official Analytical Chemists International, 16th edn. AOAC, Arlington, VA.
- Booth, M., Allan, G., Frances, J and Parkinson, S. (2001). Replacement of fish meal in diets for Australian silver perch, *Bidyanus bidyanus* IV. Effects of dehulling and protein concentration on digestibility of grain legumes. *Aquaculture.* 196, 67-85.
- Bowzer, J., Trushenski, J., Rawles, S., Gaylord, T. G., and F. T. Barrows. (2015). Apparent digestibility of Asian carp-and common carp-derived fish meal in feeds for hybrid striped bass *Morone saxatilis* X *M. chrysops* and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture Nutrition.*, 21: 43-53.
- Brunson, J.F., Romaine, R.P. & Reihg, R.C. (1997). Apparent digestibility of selected ingredients in diets for white shrimp *Penaeus setiferus* L. *Aquaculture Nutrition* 3: 9-16.
- Cheng, Z. J., and R. W. Hardy. (2003). Effects of extrusion processing of feed ingredients on apparent digestibility coefficients of nutrients for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition.*, 9: 77-83.
- Deshpande, S. & Cheryan, M. (1984). Changes in soyabean lipids during tempe fermentation. *Food Chemistry.*, 50, 171-175.
- Dioundick, Q.B. and Stom, D. (1990). Effects of dietary á-cellulose on the juvenile tilapia, *Oreochromis mossambicus* (Peters). *Aquaculture.*, 91, 311-315.
- Drew, M.D., Borgeson, T.L. and Thiessen, D.L. (2007). A review of processing of feed ingredients to enhance diet digestibility in finfish. *Animal Feed Science and Technology.*, 138, 118-136.
- Egounlety, M. and Aworh, O.C. (2003). Effect of soaking, dehulling, cooking and fermentation with *Rhizopus oligosporus* on the oligosaccharides, trypsin inhibitor, phytic acid and tannins of soybean (*Glycine max* Merr.), cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and groundbean (*Macrotyloma geocarpa* Harms). *Journal of Food Engineering.*, 56, 249-254.
- Falaye, A.E., Omoike, A. and Orisasona, O. (2014). Apparent Digestibility Coefficient of Differently Processed Lima Bean (*Phaseolus lunatus* L.) For *Clarias gariepinus* Juveniles. *Journal of Fish Biology.*, 9, 75-84.

- Glencross, B.D., Booth, M. A. and Allan, G.L. (2007). A feed is only as good as its ingredients a review of ingredient evaluation strategies for aquaculture feeds. *Aquaculture Nutrition.*, 13, 17-34.
- Gouveia, A. and S. J. Davis. (2000). Inclusion of an extruded dehulled pea seed meal in diets for juvenile European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture.*, 182, 183-193.
- Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. y R. Metailler. (2004). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, pp. 353-365.
- Lanna E.A., Pezzato, L.U., Furuya, W.M., Vicentini, C.A., Cecon, P.R. and Barros M.M. (2004). Fibra Bruta e Óleo em Dietas Práticas para Alevinos de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). *Revista brasileira de zoologia.*, 33, 2177-2185.
- Latta, M., and Eskin, M. 1980. A simple and rapid colorimetric method for phytate evaluation. *J. Agric. Food. Chem.*, 28, 1313-1315.
- Liu, L. W., Su, J. M., Zhang, T., Liang, X. F., and Y. L. Luo. (2011). Apparent digestibility of nutrients in Grass carp (*Ctenopharynx godonidellus*) diet supplement with graded levels of neutral phytase using pretreatment and spraying methods. *Aquaculture Nutrition.*, 19: 91-99.
- Maynard, L. A., Loosli, J. K., Hintz, H. F., and, R. G. Warner. (1981). Animal nutrition McGraw-Hill Book Company. New York. NY., USA. pág. 289.
- Olivera-Castillo, L., Pino-Aguilar, M., Lara-Flores, M., Granados-Puerto, S., Montero-Muñoz, J., Olvera-Novoa, M.A. and Grant, G. (2011). Substitution of fish meal with raw or treated cowpea (*Vigna unguiculata* L Walp, IT86-D719) meal in diets for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fry. *Aquaculture Nutrition.*, 17, 101-111.
- Pinto, L.G.Q., Pezzato, L.E., Miranda, E.C., Barros, M.M. and Furuya, W.M. (2000). Ação do tanino na digestibilidade de dietas pela tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*). *Acta Scientiarum.*, 22, 677-681.
- Price, M. L., Butler, L. G., Featherston, W. R y Rogler, J. C. (1978). Detoxification of high-tannin sorghum grain. *Nutrition Reports International.*, 17, 229-236.
- Reichert, R.D., Fleming, S.E. and Schwab, D.J. (1980). Tannin deactivation and Nutritional Improvement of Sorghum by Anaerobic Storage of H₂O-, HCL-, or NaOH- Trated Grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry.*, 28, 824-829.
- Reyes-Moreno, C. y Paredes-López, O. (1993). Hard-to-cook phenomenon in common beans. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.*, 33, 226-286.
- Siccard, A.J., Lawrence, A.L., Gatlin, D.M., Fox, J.M., Castille, F.L., Pérez-Velásquez, M. y González-Félix, M.L. (2006). Digestibilidad aparente de energía, proteína y materia seca de ingredientes utilizados en alimentos balanceados para el camarón blanco del Pacífico *Litopenaeus vannamei*. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Valdez-González, F.J., Gutiérrez-Dorado, R., García-Ulloa, M. y Rodríguez-González, H. (2013). Revisión del efecto de los antinutrientes y la fibra de leguminosas en la alimentación para peces. *Ciencia Nicolaita.*, 51, 21-40.
- Valdez-González, F., Gutiérrez-Dorado, R., Hernández-Llamas, A., García-Ulloa, M., Sánchez-Magaña, L., Cuevas-Rodríguez, B. and Rodríguez-González. (2017). Bioprocessing of common beans in diets for tilapia: in vivo digestibility and antinutritional factors. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 97(12): 4087-4093.
- Valdez-González, F. J., Gutiérrez-Dorado, R., García-Ulloa, M., Cuevas-Rodríguez, B. L., and H. Rodríguez-González. (2018). Effect of fermented, hardened, and dehulled of chickpea (*Cicer arietinum*) meals in digestibility and antinutrients in diets for tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Spanish Journal of Agricultural Research.*, (1), e0605.
- Williams, P.C. & Singh, U. (1987). The Chickpea-Nutritional quality and evaluation of quality in breeding programmes, in "The chickpea".Inglaterra. 324-356.
- Yuan, Y.C., Lin, Y.C., Yang, H.J., Gong, S.Y. and Yu, D.H. (2013). Evaluation of fermented soybean meal in the practical diets for juvenile Chinese sucker, *Myxocyprinus asiaticus*. *Aquaculture Nutrition.*, 19, 74-83.

