

Diseño de un Producto Balanceado en Pellets para Alimentación de Cerdos en Fase de Engorde a Base de Subproductos de la Quínoa (*Chenopodium quínoa*)

Design of a Balanced Product in Pellets for Porcine Feeding in Fattening Stage Based on Quinoa (*Chenopodium quinoa*) By-Products

Patiño P. A.*; Zuluaga C. M.

Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería, Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Calle 170 No. 54^a-10. Bogotá D.C., Colombia

patino.paula@uniagraria.edu.co

Fecha de recepción: mayo de 2016 / **Fecha de aceptación:** noviembre de 2016

Resumen

La producción porcina se lleva a cabo en pequeñas granjas, como complemento a otras actividades agrícolas con baja productividad y parámetros reproductivos, en la cual la alimentación animal representa alrededor del 80 % de los costos. La quinua tiene varios subproductos agroindustriales tales como tallo, maleza, perigón y hojas. Estos materiales son fáciles de adquirir y ofrecen una alternativa de uso agroindustrial en la alimentación de porcinos, en etapa de engorde para disminuir los costos de producción. El objetivo de este trabajo fue tener en cuenta la composición nutricional de esos subproductos y los requisitos del animal en la etapa de engorde. Las características fisicoquímicas de los subproductos de la quinua fueron humedad, ceniza, grasa y fibra cruda. Una vez obtenida la composición nutricional de las materias primas, se elaboraron las diferentes formulaciones, a las que se les evaluaron las características mencionadas anteriormente, y se realizaron pruebas de estrés mecánico para determinar el grado de compactación de los gránulos. Los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica mostraron que la hoja tiene un mayor porcentaje de humedad y grasa, 15,06 % y 13,70 %, respectivamente. La cáscara tiene un nivel de 13,21 % de cenizas y el cepillo contiene 18,61 % de fibra, que es un valor muy alto en comparación con otras materias primas utilizadas tradicionalmente en la alimentación animal.

Palabras claves: pellet, alimento balanceado, quínoa, valores nutricionales, fase de engorde, subproductos.

Abstract

Porcine production is carried out in small farms, as a complement to other agricultural activities with low productive and reproductive parameters, where animal feeding represents about 80 % of the costs. Quinoa has several agro-industrial by-products such as stem, brushwood, perigon and leaves. These materials are easy to acquire that offer an alternative of agro-industrial use in the feeding of porcines in fattening stage in order to lower production costs. The objective of this work was to evaluate the response of four formulations of quinoa by-products in pellets taking into account the nutritional composition of those by-products and the requirements of the animal in the fattening stage. The physicochemical characteristics analyzed of the by-products of quinoa were moisture, ash, fat and crude fiber. Once the nutritional composition of the raw materials were obtained, the different formulations were elaborated, to which the previously mentioned characteristics were evaluated, as well as mechanical stress tests were carried out in order to determine the degree of compaction of the pellets. The results obtained in the physicochemical characterization showed that the leaf has a higher percentage of moisture and fat, 15.06 % and 13.70 % respectively. The husk has a level of 13.21 % in ash and the brush contains 18.61 % of fiber, which is a very high value compared to other raw materials traditionally used in animal feeding.

Keywords: pellet, balanced feed, quinoa, nutritional values, fattening phase, by-products.

Introducción

La alimentación y producción de cerdos, hoy en día, se encuentra asociada al uso de materias primas que compiten con la alimentación humana, no obstante, dadas las condiciones propias de Colombia, la variedad de climas y ambientes posibilitan el uso flexible y adecuado de diferentes recursos no empleados en la industria alimentaria humana que podrían tener una destinación interesante en la alimentación animal.

La producción porcina tiene como finalidad el suministro de carne para el consumo humano, ya que esta es una fuente valiosa de proteína, energía, vitaminas, minerales y micronutrientes, esenciales para el crecimiento y desarrollo. La limitada disponibilidad de alimentación en la dieta diaria, en la época de estiaje, repercute principalmente en bajos índices de fertilidad, situación que se agrava más cuando los nacimientos y empadres pueden ocurrir durante todo el año, intensificándose en la época seca, cuando la cantidad y calidad de los nutrientes disponibles disminuyen, condicionando bajos pesos al nacimiento y destete, mortalidades altas, tasas de reproducción y crecimiento bajas. Colombia está en búsqueda de opciones más económicas para el desarrollo de alimentos para animales y dentro de las alternativas agroindustriales de mayor proyección en el país están los subproductos derivados de la producción de quinua. En los últimos años han subido las áreas cultivadas de quinua en Colombia, debido al potencial nutricional de este pseudocereal, lo cual ha llevado al

incremento en la obtención de subproductos derivados de la cosecha y adecuación de la quinua, que hasta el momento no han tenido un aprovechamiento adecuado, por lo tanto sería interesante desarrollar y elaborar nuevos productos destinados a la alimentación animal, a partir de las partes de la planta que quedan después de la cosecha (subproductos como perigonio, hojas tallo y broza fina).

En este sentido, el uso de sistemas convencionales de alimentación con concentrados a base de granos, maíz y sorgo principalmente como fuente de energía y harina de soya, harina de pescado o harina de carne y hueso como fuente de proteína se ha difundido en el mundo, junto con el uso de fuentes de vitaminas, minerales y aditivos. (Bobadilla et al., 2009; El Sitio Porcino, 2014). Este tipo de alimentación se ha recomendado como una de las mejores formas de producción de cerdos, debido a sus características de animal omnívoro. En adición, para que el animal supla sus necesidades, se ha de utilizar una amplia variedad de materiales alimenticios entre los que se incluyen raíces, desperdicios de alimentos del hombre, productos secundarios de la leche, diferentes forrajes (en pequeñas cantidades), ensilados y desperdicios de vegetales (Velasco, J. L. et al., 2004).

Con base en lo anterior, el objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la inclusión de subproductos de quinua (*Chenopodium quínoa*) sobre las características fisicoquímicas y mecánicas en el desarrollo de un complemento alimenticio para porcinos. Es necesario desarrollar

nuevos productos alimenticios para cerdos que complementen sus necesidades nutricionales, buscando la manera de reemplazar harinas de origen animal, junto con los desechos orgánicos, que no afecten el crecimiento y desarrollo de los animales. Los subproductos de la quínoa que se desechan son útiles y relativamente fáciles de transformar, por lo que se les dará un valor agregado al disponerlos para alimentación animal. Considerando que no existen mayores reportes acerca de bromatología y valores nutricionales de los subproductos de la quínoa, la información entregada en este trabajo representa una oportunidad para conocer o determinar el potencial real de los subproductos de la quinua como una fuente nutricional de valor.

La importancia de este trabajo radica en que se utilizan subproductos de un alimento andino relativamente de poco conocimiento, de uso ancestral y que su siembra es factible en el país y en las granjas de la mayoría de pequeños, medianos y grandes agricultores, constituyéndose en alternativas para diversificar un potencial productivo entre los campesinos. (Mujica, et al., 2001). Por lo tanto, la alimentación de porcinos representa una gran oportunidad para desarrollar nuevos productos alimenticios para complementar su dieta, utilizando los

subproductos de la quinua que se desechan, ya que son útiles y relativamente fáciles de transformar, por lo que se les dará un valor agregado al disponerlos para alimentación animal.

Metodología

Materiales. Los subproductos de la quinua: tallo, hoja, cascarilla o perigonio y broza fueron recolectados en dos fincas ubicadas en la ciudad de Duitama, en el departamento de Boyacá. Para cada materia prima se recolectaron 1500 g de producto, los cuales fueron recogidos en estado verde sin enfermedad alguna. Los subproductos fueron almacenados en frascos herméticos hasta realización de los análisis.

Métodos

Análisis fisicoquímicos: Para la realización de los análisis fisicoquímicos respectivos para cada subproducto se tomaron en cuenta los métodos descritos en la Tabla 1. Cada análisis para todos los subproductos fue realizado por triplicado.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos realizados a los subproductos de la quínoa.

Análisis	Unidad	Método
Humedad	%	AOAC 945.15
Cenizas	%	AOAC 945.38
Grasa	%	AOAC 945.38 920.09.E
Fibra	%	AOAC 945.38 962.09.E

Formulaciones de subproductos de quínoa empleados: A partir de los resultados de la caracterización fisicoquímica de los subproductos de la quínoa se elaboraron

cuatro formulaciones de alimento, mezclando las hojas, tallos y perigonio. Cada una de las cuatro formulaciones se realizó por triplicado.

Tabla 2. Formulaciones (fracción)

Formulación	Tallo	Hoja	Broza	Cascarilla
1	0,25	0,25	0,25	0,25
2	0,20	0,20	0,25	0,35
3	0,15	0,30	0,45	0,10
4	0,15	0,30	0,35	0,20

Elaboración de los pellets: Inicialmente, se realizó la reducción de tamaño de la materia prima en un molino industrial (sin marca), ubicado en los laboratorios de análisis de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia con una malla de diámetro aproximado de 2 mm. Posteriormente, se llevó a cabo un mezclado manual de las materias primas, de acuerdo con las formulaciones descritas en la Tabla 2 para tener al final una cantidad de por cada formulación, usando como agente compactante agua en una cantidad necesaria para formar la consistencia adecuada. Para finalizar, se usó una

pelletizadora (sin marca), ubicada en los laboratorios de análisis de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Para la elaboración del pellet, la materia prima fue procesada tres veces a través del equipo, para obtener un producto compacto de aproximadamente de 4 mm de diámetro y entre 1,50 cm y 1,60 cm de longitud.

Finalmente, los pellets elaborados fueron sometidos a un secado de 60 °C en un secador (sin marca comercial) de aire forzado caliente, durante 16 h para reducir el contenido de humedad. Luego, se

retiraron del secador y se almacenaron en envases herméticos hasta la realización de los análisis de caracterización.

Caracterización fisicoquímica y mecánica de los pellets elaborados: Para cada producto elaborado se hizo una caracterización, mediante las pruebas fisicoquímicas descritas en la Tabla 1 y adicionalmente se realizaron pruebas de esfuerzo mecánico para determinar el grado de compactación de los pellets.

Para los análisis de esfuerzo mecánico se tomaron tres muestras de los pellets de cada formulación para un total de doce muestras y haciendo uso de una máquina universal, empleando el *software*, se le realizó un esfuerzo, a una velocidad de 2mm/min, a una escala de 0,5 kN, el cual arrojó aproximadamente 2500 datos por cada muestra dispuesta en el disco. A partir de los datos obtenidos, fue posible obtener el dato máximo (pico), equivalente a la fuerza máxima de compresión necesaria para la deformación del pellet. Las pruebas de deformación fueron realizadas por

triplicado para cada formulación.

Análisis estadístico. Los resultados de caracterización fisicoquímica, tanto de la materia prima como de las formulaciones elaboradas, fueron analizados, mediante estadística descriptiva a través de la determinación del promedio y desviación estándar. Entre tanto, las eventuales diferencias entre los resultados fisicoquímicos y de esfuerzo mecánico de las cuatro formulaciones fueron analizadas, mediante un análisis de varianza y posterior prueba de Tukey para cada variable, con un índice de confianza del 95 %.

Resultados y Discusión

Resultados de caracterización fisicoquímica de las materias primas. En la Tabla 3 se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica de los subproductos empleados en este estudio.

Tabla 3. Caracterización fisicoquímica de cada subproducto.

Producto	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra
Hoja	15,06 ± 1,59	13,21 ± 1,22	13,70 ± 0,69	8,21 ± 2,10
Cascarilla	10,41 ± 0,05	16,02 ± 5,06	9,84 ± 1,61	9,72 ± 0,86
Broza	12,41 ± 0,22	8,17 ± 0,68	9,86 ± 2,55	18,61 ± 2,15
Tallo	58,56 ± 2,05	5,18 ± 0,39	6,91 ± 1,12	8,61 ± 2,22

De acuerdo con los resultados obtenidos en la caracterización fisicoquímica de las diferentes materias primas, se encontró que el mayor porcentaje de humedad se

encuentra en el tallo con un 58,56 %, ya que tiene internamente una médula blanca que con el crecimiento se vuelve esponjosa y su característica principal es mantener

húmeda toda la planta durante el proceso de crecimiento, mientras que las hojas están generalmente cubiertas con una pubescencia vesicular, superficie cubierta de vello (pelusilla fina y suave), rosada o púrpura. (Gómez, 2016). Esta pubescencia granular contiene oxalato de calcio, capaz de absorber agua del medio ambiente e incrementar la humedad relativa de la atmósfera que rodea las hojas. A diferencia del tallo, las hojas se secan más rápido y pierden humedad, mientras que el tallo mantiene la humedad constante en toda la planta (Gómez, 2016).

En el caso de las cenizas, estas determinan los residuos inorgánicos que quedan tras eliminar totalmente los compuestos orgánicos existentes en la muestra. El menor porcentaje de cenizas se obtuvo en el tallo, mientras que el más alto se presentó en las hojas, alcanzando niveles de 13,21 %, es decir que al final está compuesto por una alta cantidad de componentes inorgánicos.

Por otra parte, en los resultados obtenidos se observó que la broza tiene gran cantidad de fibra, 18,61 %, lo que quiere decir que tiene una gran porción no digerible y por consiguiente, mientras mayor sea su concentración en un producto dado, menor será su valor alimenticio, mientras que la hoja contiene 8,21 %, lo que indica

que el valor alimenticio y nutricional es mayor que las otras materias primas. En este sentido, sería recomendable evaluar el contenido de lignina en el material vegetal empleado, con el fin de tener información certera acerca del valor nutricional de estos productos, especialmente para animales monogástricos.

Finalmente y de acuerdo con los análisis anteriores, se puede inferir que estas materias primas son adecuadas para ser empleadas como alimento animal, ya que su composición es compatible con los valores nutricionales requeridos por el animal, en este caso cerdos en fase de engorde.

Resultados de caracterización fisicoquímica de los pellets elaborados según las distintas formulaciones. Tomando como base los resultados de caracterización de materia prima se seleccionaron cuatro formulaciones para la elaboración del producto, desarrollando y determinando nuevamente los análisis antes mencionados, con el objetivo de evaluar cuál de ellas garantiza una disponibilidad de nutrientes acorde con los requerimientos de los porcinos. En la Tabla 4 se presentan los resultados de caracterización fisicoquímica de los pellets elaborados según las cuatro formulaciones previamente indicadas en la Tabla 2.

Tabla 4. Caracterización fisicoquímica de cada formulación.

Formulación	Humedad	Cenizas	Grasa	Fibra
1	5,63 ± 0,37 ^a	15,80 ± 1,51 ^a	1,80 ± 0,85 ^a	28,14 ± 7,73 ^a
2	5,92 ± 0,13 ^a	13,06 ± 3,76 ^a	1,45 ± 0,26 ^a	32,08 ± 8,98 ^{ab}
3	8,73 ± 1,00 ^b	27,64 ± 8,71 ^a	1,51 ± 0,46 ^a	33,34 ± 7,74 ^{ab}
4	8,40 ± 0,05 ^b	18,43 ± 5,79 ^a	2,71 ± 1,67 ^a	56,86 ± 10,92 ^b

Nota: Diferentes letras en una misma columna indican diferencias significativas, con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$

Teniendo en cuenta, los resultados de la caracterización fisicoquímica se determinó que la formulación #3 contiene un porcentaje cercano al necesario por el animal, ya que este requiere de un producto que contenga aproximadamente 10 % de humedad (Fedna, 2013) y con lo cual esta formulación presentó un valor de 8,73 %, siendo un valor mayor a la #1 y #2. El alimento que deben consumir estos porcinos necesariamente tiene que estar constituido por una parte grasa de aproximadamente 10 %, por lo que evaluando los resultados, el valor máximo obtenido fue de 2,71 % que hace referencia a la formulación #4, un valor muy bajo, teniendo en cuenta lo que necesita el animal para su dieta. (Fedna, 2013).

Para los análisis de cenizas no se encontraron diferencias significativas entre las formulaciones, igual para los análisis realizados para determinación de grasa. En el caso de fibra, la formulación #4 fue la que mayor nivel tuvo de este componente, siendo significativamente mayor que lo encontrado en la formulación #1. Mientras que las formulaciones #2 y #3 no presentan diferencias significativas con ningún tratamiento.

Pruebas de esfuerzo mecánico a los pellets elaborados. En la Tabla 5 se presentan los valores promedio de resistencia a la compresión de los pellets elaborados en cada formulación.

Tabla 5. Pruebas de esfuerzo mecánico para cada formulación.

Formulación	Promedio
1	0,0112 ± 0,0027 a
2	0,0113 ± 0,0075 a
3	0,0272 ± 0,0164 b
4	0,0100 ± 0,0003 a

Teniendo en cuenta los resultados del análisis de esfuerzo mecánico realizados en cada una de las cuatro formulaciones en la máquina universal, se obtuvo que la tercera formulación presentó un soporte de fuerza mayor (0,0272 kN), lo que quiere decir que los pellets no se desintegran con facilidad y tienen un grado de compactibilidad mayor que las otras formulaciones, lo cual es muy bueno, ya que el producto final es una masa endurecida aglomerada que tiene que ser capaz de resistir las operaciones posteriores de manipulación, además de la facilidad para almacenarlos y transportarlos sin riesgo de separación de los ingredientes. Esto se debe a que es importante lograr un equilibrio entre los gránulos que son demasiado duros y difíciles de masticar y los que son demasiado débiles, en cuyo caso la alimentación se convierte en polvo, durante la manipulación y el almacenaje con pérdidas considerables. Este resulta ser una gran opción para la alimentación porcina, ya que por ser elaborado con los subproductos de la quinua y por ser el alimento mejor balanceado nutricionalmente, se eliminará la adición de nutrientes artificiales o químicos.

Con base en los resultados obtenidos, tanto en la caracterización fisicoquímica como en el esfuerzo mecánico, la mejor formulación obtenida es la #3, ya que los valores que se obtuvieron corresponden a porcentajes nutricionales necesarios para complementar la dieta del animal.

Conclusiones

Diferentes subproductos de la quinua fueron aprovechados para el diseño de

distintas formulaciones de alimentos para porcinos. Se puede destacar de cada materia prima que cada una aporta algo nutricionalmente importante para la elaboración de nuestro producto, la hoja tiene mayor humedad y grasa, con un 15,06 % y 13,70 % respectivamente, la cascarilla contiene 16,02 % de cenizas, la broza aporta 18,61 % de fibra y el tallo, al igual que la hoja, aporta un valor significativo de humedad con un 14 %. Por otra parte, de acuerdo con los resultados de los análisis fisicoquímicos y mecánicos realizados en las cuatro formulaciones, se obtuvo que la ración más adecuada, teniendo en cuenta los requerimientos del animal, en este caso cerdos en fase de engorde, es la formulación #3, ya que los valores obtenidos de humedad, grasa y fibra son 8,73 %, 1,51 % y 33,34 % respectivamente, valores que cumplen nutricionalmente el desarrollo de dietas para cerdos. Estos resultados son de gran utilidad para el diseño de alimentos para animales, a partir de subproductos de la quinua. Para futuras investigaciones sería interesante evaluar la aceptación, digestión y palatabilidad del producto en cerdos, mediante pruebas *in vivo*.

Referencias Bibliográficas

Bobadilla, E., Espinoza, A., Martínez, F. (2009). *Producción de carne de cerdo en México*. XLIV Congreso Nacional AMVEC. Puerto Vallarta, Jalisco, México. 279.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) (2012).

Recuperado de www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_3n_agosto_2012.pdf

Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (Fenda). (2013). *Requerimientos nutricionales del cerdo en fase de engorde*. Recuperado de www.fundacionfedna.org/

Gómez, L., & Aguilar, C. E., (2016). *Guía de cultivo de la quinua*. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura. Universidad Nacional Agraria La Molina y FAO.

Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) (2013). *Requerimientos nutricionales del cerdo en fase de engorde*. Costa Rica. Recuperado de www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/aoo144.pdf

Mujica, A., Jacobsen, S. E., Izquierdo, J., & Marathe, J. P. (2001). *Quinoa (Chenopodium quinoa Willd.): ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro*. Santiago: FAO.

Repo, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2001). *Valor nutricional y usos de la quinua (Chenopodium quinoa) y de la kañiwa (Chenopodium pallidicaule)*. Memorias, I Taller Internacional sobre quinua—Recursos genéticos y sistemas de producción. 10-14.

Velasco, J., Ramírez, M. C., García, J. M. C., & López, M. M. (2004). *Respuesta de cerdos en crecimiento y finalización a dietas con baja proteína y energía*.