

**COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE POLLOS DE
ENGORDA CON INCLUSIÓN DE *Mucuna pruriens*
EN LA DIETA**

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

POR

**Ingeniero Agrónomo Especialista en Zonas
Tropicales**

Francisco de Jesús López Sántiz

Directores:

Dr. Ronald Hervé Santos Ricalde

Dr. Luis Sarmiento Franco



Mérida, Yuc., México, Septiembre de 2017



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**POSGRADO INSTITUCIONAL EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS NATURALES TROPICALES**

**ALUMNO: INGENIERO AGRÓNOMO ESPECIALISTA EN ZONAS
TROPICALES
FRANCISCO DE JESÚS LÓPEZ SÁNTIZ**

SINODO DEL EXÁMEN DE TESIS DE GRADO

DR. ARMÍN AYALA BURGOS
CCBA- UADY

DR. JUAN KU VERA
CCBA- UADY

DR. CARLOS SANDOVAL CASTRO
CCBA- UADY

DR. WILBERTH TREJO LIZAMA
CCBA- UADY

DR. LUIS CHEL GUERRERO
CCBA- UADY

MERIDA, YUCATAN. SEPTIEMBRE DE 2017

DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

I.A. FRANCISCO DE JESÚS LÓPEZ SÁNTIZ

Agradecimientos

Quisiera expresar mi gran aprecio a mi director de tesis, **Dr. Ronald Santos Ricalde**, Jefe del Departamento de Nutrición Animal, que me apoyó con su dirección, consejos y compartió sus conocimientos durante mi estancia en la Universidad para poder desarrollar adecuadamente el proyecto de investigación. El apoyo que él me brindó durante el curso del experimento fue muy grande y gracias a ello se pudo llevar a cabo sin complicaciones.

Quiero externar mis sinceros agradecimientos al **Dr. Luis Sarmiento Franco**, por haberme instruido de la mejor manera posible para tener un trabajo con la calidad que la Universidad demanda; además, extendiendo un reconocimiento por sus consejos y correcciones en mi vida profesional, gracias a sus recomendaciones me fue posible realizar muchos cambios para el buen desempeño como estudiante en el curso de la maestría.

También quiero dar reconocimiento al comité tutorial de la tesis, al **Dr. Armín Ayala Burgos** y **Dr. Carlos Sandoval Castro** por las sugerencias realizadas durante las reuniones que tuvimos para poder mejorar el proyecto de tesis. Del mismo modo, a los integrantes del sínodo de tesis que brindaron sus aportaciones al documento de tesis.

Finalmente, pero no menos importante. Quiero dar mi más grande agradecimiento a mis padres **Sra. María Sántiz** y **Sr. Francisco López**, que me han brindado su apoyo incondicional para que pudiera estudiar la Maestría. A mis hermanos **Gabriela** y **Carlos**, que también me han brindado su apoyo. Las palabras no alcanzan para demostrar toda mi gratitud hacia ustedes.

Quiero agradecer a todas las personas que contribuyeron directa o indirectamente al desarrollo del proyecto de tesis.

Francisco de Jesús López Sántiz

Resumen

En este estudio se evaluó la semilla de *Mucuna pruriens* como una alternativa alimentaria en pollos de engorda. Se realizó un experimento en el área de producción avícola de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Yucatán. Se evaluaron tres tratamientos en las semillas de *M. pruriens*, estos fueron a) remojo en agua + cocción; b) remojo en solución de ácido acético + cocción; c) remojo en solución de hidróxido de calcio + cocción. Cada porción se remojó por 24 horas y sometió a cocción durante una hora, después se secaron en estufas eléctricas; al final, se molieron en un molino de martillos y las harinas se reservaron hasta su uso. Se seleccionó una muestra de cada porción para la cuantificación de L-Dopa mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Se formularon cuatro dietas experimentales en dos etapas (inicio y finalización). La primera, una dieta control sin *M. pruriens*, y tres con el 25% de inclusión por cada tratamiento (agua, ácido, alcalino). Se utilizaron 96 pollos de engorda de la línea Hubbard FLEX[®], semanalmente se registró el consumo de alimento, ganancia de peso, y conversión alimenticia, al final de la engorda las aves se sacrificaron para medir el rendimiento en canal. Los resultados indicaron que el tratamiento alcalino fue el más eficiente para la eliminación de L-Dopa. En la etapa de inicio, las aves del tratamiento ácido tuvieron la menor ganancia de peso y mayor conversión alimenticia respecto al grupo control, por otro lado, el desempeño de las aves del tratamiento alcalino fue muy similar al grupo control. En la etapa de finalización no hubo diferencias tanto en consumo de alimento, ganancia de peso y conversión alimenticia entre grupos. Del mismo modo no hubo diferencias en rendimiento en canal, no obstante, se observó que las aves alimentadas con semillas tratadas con agua y ácido tuvieron el hígado más pesado que el grupo control, las aves del tratamiento alcalino tuvieron el hígado de peso similar al grupo control. En conclusión, el tratamiento alcalino fue el que promovió la mayor eliminación de L-Dopa en *M. pruriens*, y se puede utilizar a un nivel de inclusión del 25% en la dieta de pollos de engorda sin tener efectos negativos en el desempeño productivo.

Palabras clave: *Mucuna pruriens*, L-Dopa, Pollos de engorda, Comportamiento productivo

Summary

In this study, *Mucuna pruriens* seeds were evaluated as an alternative feedstuff in broilers. An experiment was carried out in the poultry production area of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science of the Universidad Autonoma de Yucatan. Three treatments were performed on the seeds, these were a) soaking in water + cooking; b) soaking in acetic acid solution + cooking; c) soaking in calcium hydroxide solution + cooking. Each portion was soaked during 24 hours and cooked by one hour, then they were dried in an electric oven, at the end, the seeds were milled in a hammer mill and the flour were stored until use. A sample from each processed portion was selected to determine L-Dopa content by High-Performance Liquid Chromatography (HPLC). Four experimental diets were formulated in two stages (starter and finisher), the first one was a control diet without *M. pruriens*, and three diets with an inclusion of 25% for each treatment (water, acid, alkaline). It was used 96 sexed Hubbard FLEX[®] chicks. Feed intake, liveweight gain, and feed conversion ratio were recorded weekly. At the end of rearing period, the birds were slaughtered to evaluate carcass yield. The results indicated that the alkaline treatment was more efficient to eliminate L-Dopa. In the starter phase, the birds from acid treatment had the lowest liveweight gain and highest feed conversion ratio in comparison to control group. The growth of the birds of alkaline treatment was very similar to the control group without differences. In the finisher phase, no differences were found in feed intake, liveweight gain and feed conversion ratio between groups. No differences were observed in carcass yield, however, it was observed that birds fed with treated seeds with water and acid had the heavier liver than the control group. Birds of the alkaline treatment had a similar liver weight in comparison to control group. In conclusion, the alkaline treatment promoted the best elimination of L-Dopa from *M. pruriens* seeds, and can be used at an inclusion of 25% in the broiler diet without negative effects on productive performance.

Keywords: *Mucuna pruriens*, L-Dopa, Broiler chicks, Productive performance

Índice general

Introducción.....	1
Revisión de literatura.....	3
Leguminosas.....	3
Aspectos generales e importancia.....	3
<i>Mucuna pruriens</i> (L.) D.C. Var utilis (Wight) Burck.....	3
Descripción.....	3
Distribución.....	3
Usos.....	3
Propiedades nutricionales.....	4
Metabolitos secundarios.....	6
Uso de <i>Mucuna pruriens</i> en alimentación de aves.....	10
Hipótesis.....	11
Objetivos.....	12
General.....	12
Particulares.....	12
Referencias.....	13
Artículo científico.....	19
Anexos.....	46

Índice de cuadros

Cuadro 1. Composición nutricional de la semilla de <i>Mucuna pruriens</i>	4
Cuadro 2. Aminoácidos presentes en <i>Mucuna pruriens</i>	5
Cuadro 3. Minerales contenidos en <i>Mucuna pruriens</i>	5
Cuadro 4. Metabolitos secundarios presentes en <i>Mucuna pruriens</i>	8

Índice de anexos

Anexo 1. Metodología para la cuantificación de L-Dopa en <i>Mucuna pruriens</i>	46
---	----

Introducción

El papel que juega la alimentación en los sistemas pecuarios es de gran importancia ya que representa la mayor inversión en la crianza de los animales y de ella depende el éxito productivo. En Yucatán se tiene una fuerte dependencia hacia las harinas y pastas de oleaginosas como principal fuente proteica, y la gran demanda por estas materias primas ocasiona un aumento constante en el precio de los alimentos balanceados comerciales. Esta situación alienta a desarrollar estrategias para la alimentación con el uso de especies vegetales subutilizadas para su inclusión en la dieta animal.

En ese sentido, el desarrollo de una gran variedad de especies con potencial alimenticio es favorecido por las condiciones ecológicas del trópico, dentro de ellas se encuentran las leguminosas, estas sobresalen por ser apreciadas como alternativa alimentaria debido a la versatilidad agronómica y propiedades nutricionales.

Las leguminosas han sido reportadas como una buena fuente de proteína cruda (Adebowale et al., 2005; Siddhuraju y Becker, 2005), aminoácidos (Mugendi et al., 2010; Vadivel y Pugalenthi, 2010a) y minerales (Arivalagan et al., 2014).

Mucuna pruriens (L) DC. Var utilis (Wight) Burck, es una planta originaria de Asia tropical (Huisden et al., 2014) contiene alto porcentaje de proteína, carbohidratos y un nivel de fibra admisible para la alimentación animal (Chaparro-Acuña et al., 2009; Pugalenthi et al., 2005). Sin embargo, su uso puede ser condicionado por la presencia de metabolitos secundarios que al consumirse actúan como factores antinutricionales (FANs) y tienen efectos negativos en la digestión o absorción de nutrientes (Bhat y Karim, 2009; Liener, 1994).

Los metabolitos identificados en *M. pruriens* son fitatos, inhibidores de tripsina, L-Dopa, glucósidos cianogénicos, taninos (Iyayi et al., 2008). No obstante, la naturaleza termolábil permite la eliminación de los glucósidos cianogénicos (García, 2004), inhibidores de tripsina (Siddhuraju y Becker, 2001), fenoles (Preet y Punia, 2000) y taninos (Siddhuraju y Becker, 2001). Por esta particularidad los métodos que se han evaluado para reducir su efecto son: tratamiento en autoclave, cocción, secado, tostado (Buckle y Sambudi, 1990; Del Carmen et al., 1999; Iyayi et al., 2008; Safwat et al., 2015)

Josephine y Janardhanan (1992), indican que la L-Dopa tiene la característica de ser soluble tanto en soluciones acidas como alcalinas, pero principalmente en medios alcalinos. De este modo se ha empleado hidróxido de calcio (Safwat et al., 2015), bicarbonato de sodio, ácido cítrico y extracto de tamarindo (Siddhuraju y Becker, 2001) para el remojo de las semillas y la consecuente eliminación de este compuesto. Entre otros métodos, se ha empleado el ensilaje, la escarificación y molido (Diallo y Berhe, 2003; Huisden et al., 2014; Mang et al., 2015) para la eliminación de L-Dopa en *Mucuna*.

Aunque la presencia de los compuestos secundarios en *Mucuna pruriens* puede limitar su uso, la evidencia destaca que es posible utilizar métodos eficaces para su detoxificación y así sea posible incrementar el potencial de inclusión de las semillas en la dieta de pollos de engorda.

Revisión de literatura

Leguminosas

Aspectos generales e importancia

El nombre de la familia proviene por el tipo de fruto, una legumbre que se origina de un ovario con un solo carpelo, durante su maduración se transforma en una vaina, alargada y comprimida en una hilera vertical; aunque no todas tienen este fruto característico, es posible observar variaciones en su morfología entre hierbas, arbustos, trepadoras (Lewis et al., 2005).

El uso de especies arbóreas y arbustivas como suplemento alimenticio es una actividad común en América Latina, África y Australia (Devendra, 1995). Para que una especie pueda ser considerada como alimento debe reunir ventajas de tipo nutricional, productivo y versatilidad agronómica con relación a los forrajes tradicionales (Benavides, 1991), es decir que puedan ser establecidas con técnicas sencillas y de bajo costo.

***Mucuna pruriens* (L.) D.C. Var utilis (Wight) Burck**

Descripción

El género *Mucuna* incluye alrededor de 100 especies, siendo las pubescencias en las vainas y el color de las semillas las principales diferencias entre ellas (Chaparro-Acuña et al., 2009), *Mucuna pruriens* se desarrolla mejor en climas cálidos y húmedos con precipitación entre 1000 – 2500 mm, exhibe mejor crecimiento a una altitud menor a 1600 msnm (Buckles, 1995); el rango óptimo de temperatura es entre 19 – 27°, es susceptible al frío y medianamente resistente a la sequía pero intolerante a la saturación del suelo.

Distribución

M. pruriens es originario del Sur de Asia y se distribuyó a través de las áreas tropicales, subtropicales y templadas del mundo (Bogdan, 1977; Duke, 1981; Huisden et al., 2014).

Usos

Las semillas de leguminosas constituyen una de las más ricas y económicas fuentes de proteína y son parte importante de la dieta humana en muchas partes del mundo

(Vijayakumari et al., 1996a). *M. pruriens* ha sido tradicionalmente usado como alimento para consumo humano en varios países, por ejemplo India, Filipinas, Nigeria, Ghana, Brasil y Malawi (Pugalthi et al., 2005), generalmente las vainas son desgranadas y las semillas son hervidas para servirse; a menudo las vainas y hojas jóvenes son usadas como verduras en el sureste de Asia, y en algunas partes del mismo continente las semillas se consumen tostadas (Vadivel y Janardhanan, 2000). En América Latina, las semillas del género *Mucuna* han sido tostadas y molidas para hacer un sustituto de café, mejor conocido como nescafé (Buckles, 1995)

Propiedades nutricionales

Las composición proximal de las semillas de *M. pruriens* han sido descritas ampliamente; Sánchez-Solano et al. (2015) reportan que contiene 25.16% de proteína cruda, 5.70% de fibra cruda, 61.32% de carbohidratos, para el caso de las grasas contiene 3.98% y 3.74% de cenizas, en otros trabajos se reporta que contiene entre 23.04 – 37.5% de proteína; en lípidos se ha reportado un rango entre 2.83 – 11.1%; el contenido de fibra cruda oscila entre 5.7 – 9.4% y contienen entre 3.24 – 5.3% de cenizas (Véase Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición nutricional de la semilla de *Mucuna pruriens*

	Humedad %	EB MJ/ kg MS	PC %	FC %	ELN** %	EE %	Cenizas %	Referencia
	4.64	22.70	37.50	7.91	44.90	9.65	3.24	Adebowale et al., 2005
	1.50	19.30	27.50	7.10	-	11.1	5.30	Agbede y Aletor, 2005
	8.17	-	27.80	9.40	28.00	5.60	3.50	Betancur-Ancona et al., 2008
	9.58	16.09	23.04	7.86	-	7.13	4.79	Bhat et al., 2008
	11.35	-	27.79	9.42	56.45	2.83	3.52	Corzo-Ríos et al., 2000
	5.60	-	23.70	-	-	3.86	3.78	Safwat et al., 2015
	8.12	-	25.16	5.70	61.32	3.98	3.74	Sánchez-Solano et al., 2015
	7.10	16.56	31.40	5.16	52.60	6.73	4.11	Siddhuraju et al., 1996
	-	19.60	30.10	7.35	54.60	4.34	3.52	Siddhuraju y Becker, 2005
	-	67.49	26.32	9.58	52.30	7.96	3.84	Vadivel y Pugalthi, 2008
	7.80	-	26.50	-	37.46	6.51	4.92	Vadivel y Pugalthi, 2010
Media	7.10	26.96	27.89	7.72	48.45	6.34	4.02	
Desv. Est	2.88	20.00	4.03	1.60	11.03	2.56	0.68	

EB: Energía bruta (MJ/kg MS)

PC: Proteína cruda; FC: Fibra cruda; ELN: Extracto libre de nitrógeno; EE: Extracto etéreo

* Calculado por diferencia después de digestión ácida y básica

** Calculado por diferencia de Humedad, PC, FC, EE, Cenizas

Agbede y Aletor (2005) reportan la composición proximal de las semillas ante diferentes tratamientos de detoxificación. Semillas remojadas en urea, 27.0% de PC, 6.7% de FC,

10.5% de EE y 5.1% de cenizas; semillas cocidas (60 min), 26.1% de PC, 5.1% de FC, 8.3% de EE y 3.4% de cenizas; cuando se cuecen durante 120 min reportaron un contenido de 26.2% de PC, 5.6% de FC, 7.1% de EE y 4.9% de cenizas; semillas en autoclave, 24.0% de PC, 8.2% de FC, 4.2% de EE y 6.0% de cenizas; semillas tostadas, 23.7% de PC, 5.6% de FC, 11.5% de EE y 4.7% de cenizas

El perfil de aminoácidos de *M. pruriens* fortalece el potencial de esta especie; a excepción de cistina y metionina contiene todos los aminoácidos esenciales, aunque es deficiente en triptófano es posible notar que el contenido de leucina, lisina, valina, histidina y arginina es relativamente elevado, en el Cuadro 2 se observan las diferentes proporciones de cada aminoácido contenido en las semillas de esta especie.

Cuadro 2. Aminoácidos presentes en *Mucuna pruriens*

	Ile	Leu	Lys	Met	Phe	Thr	Trp	Val	His	Arg	Referencia
	96.7	77.8	78.5	Traza	70.9	46.7	20.9	57.8	36.7	89.8	Adebowale et al., 2005
	92.3	90.8	46.4	Traza	80.8	44.4	22.3	58.3	35.3	90.6	Adebowale et al., 2007
	39.2	66.8	58.0	8.2	-	39.2	7.2	44.8	20.1	60.2	Mugendi et al., 2010
	41.2	78.5	66.0	12.8	38.5	36.4	13.5	55.7	31.4	71.6	Siddhuraju et al., 1996
	26.0	49.25	38.62	4.5	29.37	22.37	7.62	26.43	21.68	33	Siddhuraju y Becker , 2003
	28.1	60.8	54.2	12	36.6	32.3	12.6	71.5	40.7	38.1	Vadivel y Pugalenthi, 2010b
Media	33.63	63.84	54.21	9.38	34.83	32.57	10.23	49.61	28.47	50.73	
Desv. Est	7.68	12.19	11.49	3.82	4.81	7.36	3.28	18.94	9.56	18.25	

- Ile: Isoleucina; Leu: Leucina; Lys: Lisina; Met: Metionina; Phe: Fenilalanina; Thr: Treonina; Trp: Triptófano; Val: Valina; His: Histidina; Arg: Arginina
- Aminoácidos presentados en g 100⁻¹ de proteína

En el Cuadro 3 se observa el contenido de minerales en las semillas de *Mucuna*, es posible apreciar que el Potasio es el más abundante, también se observa que el nivel de fósforo es abundante junto con el calcio; para el caso de Sodio, Cobre y Manganeso se observa que son poco abundantes en las semillas de *Mucuna*.

Cuadro 3. Minerales contenidos en *Mucuna pruriens*

Metales										Referencia
Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn		
2.87	389	262	52.8	457	14.9	0.57	3.76	0.3	Adebowale et al., 2005	
2.21	1.39	0.51	0.34	0.67	11.3	5.49	9.39	20.3	Agbede y Aletor, 2005	
	15.57		125.7		7.32	2.39	3.44		Arrivalagan et al., 2014	

- Na: Sodio; K: Potasio; Ca: Calcio; Mg: Magnesio; P: Fosforo; Fe: Hierro; Cu: Cobre; Zn: Zinc; Mn: Manganeseo
- Metales presentados en g 100⁻¹ de MS

Se ha encontrado que el contenido de proteína (27.9 %) y lípidos (6.3) de las semillas crudas de *Mucuna* es más elevado al compararse contra algunas leguminosas comunes, Bravo et al. (1999) reportan que *Cicer arietinum* contiene 20.7% de proteína y 4.16% de lípidos; *Vigna mungo* contiene 23.6% y 0.45%; *Vigna radiata* tiene 24.5% y 0.71%; *Vigna aconitifolia* tiene 25.3% y 0.69% y *Phaseolus vulgaris* tiene 25.1% y 0.9%.

Metabolitos secundarios

El uso de las leguminosas puede ser limitado por la presencia de sustancias antimetabólicas (Adebowale et al., 2005), estas tienen efectos perjudiciales en la digestión o absorción de nutrientes al actuar como factores antinutricionales (FANs) (Bhat y Karim, 2009; Iyayi et al., 2008; Liener, 1994; Siddhuraju y Becker, 2001).

Se ha encontrado que *Mucuna pruriens* contiene altos niveles de fenoles y fitatos, actividad inhibidora de tripsina y quimiotripsina, sin embargo, tiene bajo contenido de taninos, saponinas y actividad inhibitoria de α -amilasa (Siddhuraju et al., 2000), también se han observado glucósidos cianogénicos en pequeñas cantidades lo que no presenta significancia de interés, lectinas y el aminoácido no proteico L-3,4 Dihidroxifenilalanina (L-Dopa) (García, 2004; Iyayi et al., 2008; Janardhanan et al., 2003; Ravindran y Ravindran, 1988; Siddhuraju et al., 1996)

Durante la hidrólisis enzimática, los glucósidos cianogénicos liberan ácido cianhídrico (HCN); este es tóxico para los animales debido a que es un inhibidor de metaloenzimas particularmente de la citocromo oxidasa, causa interferencias con la respiración a nivel celular (Midjavila, 1990; Poulton, 1990; Sotelo, 1997).

Los fenoles contienen un grupo hidroxilo unido a un anillo aromático en su estructura molecular (Chaparro-Acuña et al., 2009). Las plantas componen a los fenoles principalmente para protegerse de situaciones de estrés como la foto-oxidación, heridas, luz ultravioleta, enfermedades, patógenos y las plagas (Dixon y Harrison, 1994). Cuando los fenoles son consumidos reaccionan con las proteínas y carbohidratos formando complejos

que causan interferencia a las enzimas digestivas, y reducen la absorción de vitaminas (p.ej. B12) (Liener, 1994)

Los taninos son un tipo de fenoles solubles en agua que tienen la propiedad de precipitar los alcaloides y albuminoides (Kumar, 1992). Los principales efectos son: la reducción de la digestibilidad de las proteínas, provocan pérdida de peso, disminuyen la velocidad de crecimiento y retención de nitrógeno, así como la disminución de la energía metabolizable (Ahn et al., 1999).

Los complejos resultantes entre las proteínas salivales y taninos provocan astringencia y aumentan la salivación disminuyendo la palatabilidad del alimento (Waghorn et al., 1994); también pueden reducir la digestibilidad de las células de la pared cuando se adhieren a enzimas bacterianas o formar complejos indigestibles con carbohidratos estructurales (Reed, 1995).

El ácido fítico se encuentra en la mayoría de los cereales, leguminosas, nueces y semillas de oleaginosas. Actúa como principal reservorio de fósforo y su estructura permite la unión a los minerales, proteínas y almidón, provocando la reducción de su biodisponibilidad, también forma complejos para inhibir la digestión enzimática (Graf y Eaton, 1990; Oatway et al., 2001).

La L-Dopa es un aminoácido no proteico precursor de la dopamina, es responsable de causar erupciones en la piel e incremento de la temperatura corporal (Janardhanan et al., 2003), también produce alucinaciones, discinesia y trastornos gastrointestinales como náuseas, vómito y anorexia (Infante et al., 1990; Josephine y Janardhanan, 1992); del mismo modo es tóxica en individuos con deficiencia de glucosa-6-fosfato deshidrogenasa en los eritrocitos, dando como resultado el favismo (Kosower y Kosower, 1967).

Las lectinas son proteínas enlazadas a carbohidratos que son resistentes a la digestión cuando son ingeridas (Pusztai y Bardocz, 1996), tienen la capacidad de aglutinar eritrocitos; además precipitan al glucógeno y el almidón; por otro lado se unen a las glicoproteínas y glicolípidos de la mucosa del tracto digestivo causando cambios morfológicos que interfieren con la absorción de nutrientes (Liener, 1994) y provocan la reducción de consumo de alimento (Larue-Achagiotis et al., 1992).

La mayoría de las saponinas poseen estructura de glucósido esterooidal C₂₇ y triterpénico C₃₆. Se caracterizan por un sabor amargo, son de propiedades espumantes y tienen la capacidad hemolítica sobre los glóbulos rojos (García, 2004). En el Cuadro 4 se observan las diferentes concentraciones de los compuestos secundarios contenidos en *Mucuna pruriens*.

Cuadro 4. Metabolitos secundarios presentes en *Mucuna pruriens*

	¹ Ácido fítico	¹ Fenoles	² Inhibidores de proteasas	¹ L-Dopa	⁴ Lectinas	¹ Taninos	Referencia
	1.970	7.750	24.200	4.990	-	-	Adebowale et al., 2005
	0.150	0.180	25.300	-	4.000	7.800	Agbede y Aletor, 2005
	0.190	0.740	528.000	-	-	0.200	Betancur-Ancona et al., 2008
	-	-	471.000	4.800	-	-	Del Carmen et al., 1999
	0.120	30.400	-	1.310	-	0.710	Iyayi et al., 2006
	0.770	6.230	787.000	7.810	-	0.250	Siddhuraju et al., 1996
	1.103	5.237	-	3.625	-	0.289	Siddhuraju et al., 2000
	-	-	-	4.700	-	-	Siddhuraju y Becker, 2001
	0.950	0.560	140.000	4.810	-	0.300	Siddhuraju y Becker, 2003
	0.950	-	118.000	7.250	16.800	0.110	Vadivel y Pugalenti, 2010a
	-	-	105.210	5.750	18.410	0.830	Vadivel y Pugalenti, 2010b
Media	0.699	7.300	255.968	5.080	14.403	1.274	
Desv. Est	0.631	10.633	270.916	1.816	6.976	2.466	

- ¹ g 100g⁻¹ de MS
- ² Actividad Inhibitoria de Tripsina (TIA/kg MS)
- ⁴ Actividad Hemaglutinante de Lectina (LHA/kg MS)

La L-Dopa, al ser el metabolito de mayor importancia por la dificultad para su eliminación y su contenido relativamente alto en *Mucuna pruriens*, diversos autores han ensayado tratamientos para su eliminación. Cassani et al. (2016) reportan el contenido de L-Dopa en dos variedades de semilla, blancas con 5.69% y negras con 6.41% respectivamente, los datos observados después de cocción son 1.69% y 5.04%; y para cuando las semillas son tostadas los valores observados fueron 2.35% y 5.7% respectivamente.

Dahouda et al. (2009) reportan un contenido de 3.45% de L-Dopa en *Mucuna* cruda, después de cocidas (30 min a 100°C) redujeron a 1.65% y semillas tostadas (20 min a 100-120°C) contienen 2.19%, esto representa una reducción de 52.1 y 36.5% respectivamente. Del Carmen et al. (1999) reportan una reducción de 11.51%, semillas crudas con 4.08% y después de tostar (30 min a 130°C) observaron 3.61% de L-Dopa.

En el mismo sentido Nyirenda et al. (2003) analizaron el contenido de L-Dopa de las semillas sometidas a remojo en una solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) + cocción; observaron que cuando se remoja con 0.25% de NaHCO_3 durante 12 horas, se cuecen durante 1 hora y nuevamente se remoja 12 horas, la L-Dopa se reduce de 4.17% a 1.31% lo que representa una eliminación del 68.5%.

Diallo y Berhe (2003) evaluaron tiempos de remojo a 12, 24, 36, 48 y 72 horas en semillas enteras (4.93% de L-Dopa) y quebradas (4.33% de L-Dopa), observaron que para el primer caso la L-dopa se redujo en 14%, 29%, 62%, 67% y 95% respectivamente; para el segundo caso hubo una reducción de 17%, 19%, 87%, 98% y 99% respecto al contenido de L-Dopa en la semilla cruda.

Gurumoorthi et al. (2008) evaluaron diferentes remojos en dos variedades, color blanco y negro con 5.55% y 5.0% de L-Dopa respectivamente durante 24 horas; encontraron que en la primer variedad después del remojo en agua corriente fue de 5.3%, en solución de cloruro de sodio con 5.44%, bicarbonato de sodio con 5.47%, ácido cítrico con 5.31% e hidróxido de calcio con 4.12%, para la segunda fue de 4.85%, 4.61%, 4.96%, 4.82% y 2.38% respectivamente. De esta forma, evaluaron el remojo en agua destilada (24 horas) junto con tratamiento térmico (cocción, autoclave y microondas), para la variedad blanca se observó un contenido de 4.85%, 5.21% y 5.19% después de tratamiento; para la variedad negra se observó 4.21%, 3.25% y 4.25% respectivamente.

Bhat et al. (2007) reportan que la *Mucuna* sometida a un tratamiento de radiación a una dosis de 15 KGy se observa una disminución significativa del contenido de L-Dopa, y cuando es sometida a 30 KGy se elimina completamente. Gurumoorthi et al. (2008) observaron que en *Mucuna* variedad blanca la L-Dopa se redujo de 5.43% a 5.34% a una dosis de 5 KGy mientras que la variedad negra de 4.68% a 4.55% y a 10 KGy la variedad blanca bajó a 5.14% y la negra a 4.47%.

La fermentación ha demostrado reducir el contenido de L-Dopa y al mismo tiempo tiene efectos positivos sobre la digestibilidad de la proteína, textura y aroma (Ibrahim y Antai, 1986; Paredes-López et al., 1987; Salunkhe y Kadam, 1989). Huisden et al. (2014) encontraron que al ensilar las semillas a un tamaño de partícula de 2 mm durante 28 días reduce significativamente el contenido de L-Dopa; por otro lado Siddhuraju y Becker.

(2001) reportan una reducción de 16 - 18% cuando las semillas son remojadas en soluciones con pH ácido.

Uso de *Mucuna pruriens* en alimentación de aves

El uso de las semillas de *M. pruriens* como sustituto nutrimental ha sido evaluado ampliamente, es posible destacar que cuando se usa el material crudo provoca retrasos en el crecimiento de los animales (Josephine y Janardhanan, 1992). Emiola et al. (2013) reportan que cuando las semillas de *M. pruriens* son sometidas a tratamiento para su detoxificación y se emplean a una inclusión de 20% en la dieta, mejoran significativamente el consumo voluntario, esto a diferencia cuando se compara contra el uso de semilla solamente expuesta al sol; en el mismo sentido Tuleun et al. (2009) reportan que *Mucuna* fermentada al 20% en la dieta de pollos de engorda es viable, de modo que no hay diferencias entre los parámetros productivos.

Por otro lado, Vadivel et al. (2011) y Vadivel y Pugalenth (2010b) indican que los valores de consumo de alimento y ganancia de peso no son afectados al incluir hasta el 40% de *Mucuna* cuando se remoja en solución de bicarbonato de sodio + autoclave, y cuando se incorpora al 60% provoca retrasos en la productividad de los animales. Cuando *Mucuna* se utiliza en estado crudo afecta significativamente al comportamiento productivo de los animales (Tuleun et al., 2009), se sugiere que el retraso animal es causado por la presencia de los metabolitos secundarios, que como se ha mencionado, dificultan la digestión o absorción de nutrientes (Bhat y Karim, 2009; Elizalde et al., 2009; Liener, 1994), sin embargo, es posible destacar que hay resultados variables que mejoran la perspectiva sobre el uso de la proteína sub-utilizada en esta especie, por tanto, es necesario evaluar métodos que eliminen a los antinutrientes y sea posible la inclusión de este insumo sin provocar efectos negativos al comportamiento productivo animal.

Hipótesis

La L-Dopa presente en *Mucuna pruriens* puede ser solubilizada en medios ácidos o alcalinos, por tanto, el uso de una solución de ácido acético o hidróxido de calcio la pueden eliminar, de esta forma es posible incluir las semillas en la dieta de pollos de engorda sin afectar el comportamiento productivo.

Objetivos

General

- Evaluar el efecto de la inclusión en la dieta de *Mucuna pruriens* remojada en agua, solución acida o alcalina más cocción, sobre el desempeño productivo de pollos de engorda.

Particulares

- Cuantificar la L-Dopa contenida en *Mucuna pruriens* remojada en agua, solución de ácido acético o hidróxido de cal más cocción
- Medir el efecto de la inclusión en la dieta de *Mucuna pruriens* tratada sobre los parámetros productivos de pollos de engorda

Referencias

- Adebowale, Y.A., Adeyemi, A., Oshodi, A.A., 2005. Variability in the Physicochemical, Nutritional and Antinutritional Attributes of six *Mucuna* Species. *Food Chem.* 89, 37–48. doi:10.1016/j.foodchem.2004.01.084
- Adebowale, Y.A., Adeyemi, A., Oshodi, A.A., Niranjana, K., 2007. Isolation, Fractionation and Characterisation of Proteins from *Mucuna* Bean. *Food Chem.* 104, 287–299. doi:10.1016/j.foodchem.2006.11.050
- Agbede, J.O., Aletor, V.A., 2005. Studies of the Chemical Composition and Protein Quality Evaluation of Differently Processed *Canavalia ensiformis* and *Mucuna pruriens* Seed Flours. *J. Food Compos. Anal.* 18, 89–103. doi:10.1016/j.jfca.2003.10.011
- Ahn, J.H., Elliot, R., Norton, B.W., 1999. Oven Drying Improves the Nutritional Value of *Calliandra calothyrsus* and *Gliricidia sepium* as supplements for Sheep Given Low-Quality Straw. *J. Sci. Food Agric.* 75, 503–510. doi:10.1002/(SICI)1097-0010(199712)75:4<503::AID-JSFA905>3.0.CO;2-T
- Arrivalagan, M., Prasad, T., Singh, H., Kumar, A., 2014. Variability in Biochemical and Mineral Composition of *Mucuna pruriens* (L.) DC. – an Underutilized Tropical Legume. *Legum. Res. - An Int. J.* 37, 483–491. doi:10.5958/0976-0571.2014.00664.X
- Benavides, J.E., 1991. Integración de Árboles y Arbustos en los Sistemas de Alimentación para Cabras en América Central: Un Enfoque Agroforestal. *El Chasquí* 25, 35.
- Betancur-Ancona, D., Gallegos-Tintoré, S., Delgado-Herrera, A., Pérez-Flores, V., Castellanos-Ruelas, A., Chel-Guerrero, L., 2008. Some Physicochemical and Antinutritional Properties of Raw Flours and Protein Isolates from *Mucuna pruriens* (Velvet Bean) and *Canavalia ensiformis* (Jack Bean). *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, 816–823. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01521.x
- Bhat, R., Karim, A., 2009. Exploring the Nutritional Potential of Wild and Underutilized Legumes. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 8, 305–331. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00084.x
- Bhat, R., Sridhar, K.R., Seena, S., 2008. Nutritional Quality Evaluation of Velvet Bean Seeds (*Mucuna pruriens*) Exposed to Gamma Irradiation. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 59, 261–78. doi:10.1080/09637480701456747
- Bhat, R., Sridhar, K.R., Tomita-Yokotani, K., 2007. Effect of Ionizing Radiation on Antinutritional Features of Velvet Bean Seeds (*Mucuna pruriens*). *Food Chem.* 103, 860–866. doi:10.1016/j.foodchem.2006.09.037
- Bogdan, A. V., 1977. *Tropical Pasture and Fodder Plants*. Longman, London.
- Bravo, L., Siddhuraju, P., Saura-calixto, F., 1999. Composition of Underexploited Indian Pulses. Comparison With Common Legumes. *Food Chem.* 64, 185–182.
- Buckle, K.A., Sambudi, H., 1990. Effect of Soaking and Boiling Treatments on the Quality

- on Winged Bean Seed. *J. Sci. Food Agric.* 53, 379–388. doi:10.1002/jsfa.2740530310
- Buckles, D., 1995. Velvetbean: A “new” Plant With a History. *Econ. Bot.* 49, 13–25. doi:10.1007/BF02862271
- Cassani, E., Cilia, R., Laguna, J., Barichella, M., Contin, M., Cereda, E., Isaias, I.U., Sparvoli, F., Akpalu, A., Ofoso-Budu, K., Teresa, S., Pezzoli, G., 2016. *Mucuna Pruriens* for Parkinson’s Disease: Low-cost Preparation Method, Laboratory Measures and Pharmacokinetics Profile. *J. Neurol. Sci.* 365, 175–180. doi:10.1016/j.jns.2016.04.001
- Chaparro-Acuña, S.P., Aristizábal-Torres, I.D., Gil-González, J.D., 2009. Composición y Factores Antinutricionales de las Semillas del Género *Mucuna*. *Rev. Fac. Nac. Agon.* 62, 4843–4853.
- Corzo-Ríos, L., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D., 2000. Extracción de las Fracciones de Almidón y Proteína del Grano de la Leguminosa *Mucuna pruriens*. *Rev. Cienc. Tecnol. y Educ.* 15, 37–41.
- Dahouda, M., Toléba, S.S., Youssao, A.K.I., Hambuckers, A., Dangou-Sapoho, R., Martin, G.B., Fillet, M., Hornick, J.-L., 2009. Nutrient Digestibility of *Mucuna* (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) Bean in Guinea Fowl (*Numida meleagris*, L): Effects of Heat Treatment and Levels of Incorporation in Diets. *Br. Poult. Sci.* 50, 564–572. doi:10.1080/00071660903193774
- Del Carmen, J., Gernat, A., Myhrman, R., Carew, L.B., 1999. Evaluation of Raw and Heated Velvet Beans (*Mucuna pruriens*) as Feed Ingredients for Broilers. *Poult. Sci.* 78, 866–872. doi:10.1093/ps/78.6.866
- Devendra, C., 1995. Composition and Nutritive Value of Browse Legumes, en: D’mello, J., Devendra, C. (Eds.), *Tropical Animal Nutrition*. Centre for Agricultural Bioscience International.
- Diallo, O.K., Berhe, T., 2003. Processing of *Mucuna* for Human Food in the Republic of Guinea. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 1, 193–196.
- Dixon, R.A., Harrison, M.J., 1994. Early Events in the Activation of Plant Defense Responses. *Annu. Rev. Phytopathol.* 32, 479–501.
- Duke, J.A., 1981. *Handbook of Legumes of World Economic*. doi:10.1007/978-1-4684-8151-8
- Elizalde, A.D., Porrilla, Y.P., Chaparro, D.C., 2009. Factores Antinutricionales en Semillas. *Fac. Ciencias Agropecu.* 7, 45–54.
- Emiola, I.A., Ojediran, T.K., Ajayi, J.A., 2013. Biochemical and Heamatological Indices of Broiler Chickens fed Differently Processed Legume Seed Meals. *Int. J. Appl. Agric. Apic. Res.* 9, 140–149.
- García, D.E., 2004. Principales Factores Antinutricionales de las Leguminosas Forrajeras y sus Formas de Cuantificación. *Pastos y Forrajes* 27.
- Graf, E., Eaton, J.W., 1990. Antioxidant Functions of Phytic Acid. *Free Radic. Biol. Med.*

8, 61–69. doi:10.1016/0891-5849(90)90146-A

- Gurumoorthi, P., Janardhanan, K., Myhrman, R., 2008. Effect of Differential Processing Methods on L-Dopa and Protein Quality in Velvet Bean, an Underutilized Pulse. *LWT - Food Sci. Technol.* 41, 588–596. doi:10.1016/j.lwt.2007.04.016
- Huisden, C.M., Szabo, N.J., Ogunade, I.M., Adesogan, A.T., 2014. *Mucuna Pruriens* Detoxification: Effects of Ensiling Duration and Particle Size. *Anim. Feed Sci. Technol.* 198, 20–27. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.08.011
- Ibrahim, M.H., Antai, S.P., 1986. Chemical Changes During the Fermentation of African Locust-bean (*Parkia filicoidea* Welv) Seeds for Production of “Daddawa”. *Plant Foods Hum. Nutr.* 36, 179–184. doi:10.1007/BF01092034
- Infante, M.E., Perez, A.M., Simao, M.R., Manda, F., Baquete, E.F., Fernandes, A.M., Cliff, J.L., 1990. Outbreak of acute toxic psychosis attributed to *Mucuna pruriens*. *Lancet* 336, 1129. doi:10.1016/0140-6736(90)92603-F
- Iyayi, E.A., Holger, K., Rodehutsord, M., 2006. Chemical Composition, Antinutritional Constituents, Precaecal Crude Protein and Amino Acid Digestibility in Three Unconventional Legumes in Broilers. *J. Sci. Food Agric.* 86, 2166–2171. doi:10.1002/jsfa.2592
- Iyayi, E.A., Kluth, H., Rodehutsord, M., 2008. Effect of Heat Treatment on Antinutrients and Precaecal Crude Protein Digestibility in Broilers of Four Tropical Crop Seeds. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, 610–616. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01495.x
- Janardhanan, K., Gurumoorthi, P., Pugalenti, M., 2003. Nutritional Potential of Five Accessions of a South Indian Tribal Pulse, *Mucuna pruriens* var *utilis* I. The effect of Processing Methods on the content of L-Dopa, Phytic Acid, and Oligosaccharides. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 1, 141–152.
- Josephine, R.M., Janardhanan, K., 1992. Studies on Chemical Composition and Antinutritional Factors in Three Germplasm Seed Materials of the Tribal Pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Food Chem.* 43, 13–18. doi:10.1016/0308-8146(92)90235-T
- Kosower, N.S., Kosower, E.M., 1967. Does 3,4-Dihydroxyphenylalanine Play a Part in Favism? *Nature* 215, 285–286.
- Kumar, R., 1992. Anti-nutritional Factors, the Potential Risks of Toxicity and Methods to Alleviate Them. *FAO Anim. Prod. Heal.* 102, 145–160.
- Larue-Achagiotis, C., Picard, M., Louis-Sylvestre, J., 1992. Feeding Behavior in Rats on a Complete Diet Containing Concanavalin A. *Reprod. Nutr. Dev.* 32, 343–350.
- Lewis, G., Schrire, B., Mackinder, B., Lock, M., 2005. *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- Liener, I.E., 1994. Implications of Antinutritional Components in Soybean Foods., *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi:10.1080/10408399409527649
- Mang, D.Y., Abdou, A.B., Njintang, N.Y., Manejo-Djiogue, E.J., Bernard, C., Scher, J.,

- Mbofung, M.C., 2015. Effect of Dehulling and Boiling on the Physico-Chemical, Functional and Pasting Properties of Two Varieties of Mucuna Bean (*Mucuna pruriens* L.) Flours. *J. Food Meas. Charact.* 9, 435–447. doi:10.1007/s11694-015-9251-6
- Midjavila, S., 1990. Sustancias Nocivas en los alimentos, en: *Toxicología y seguridad de los alimentos*. Omega, Barcelona, p. 510.
- Mugendi, J., Njaji, E., Kuria, E., Mwasaru, M., Mureithi, J., Spostolides, Z., 2010. Effects of Processing Methods on the Protein Quality of Mucuna Bean. *African J. Food Agric. Nutr. Dev.* 10, 2394–2412.
- Nyirenda, D., Musukwa, M., Jonsson, L.O., 2003. The Effects of Different Processing Methods of Velvet Beans (*Mucuna pruriens*) on L-Dopa Content, Proximate Composition and Broiler Chicken Performance. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 1, 253–260. doi:10.4090/juee.2008.v2n2.033040
- Oatway, L., Vasanthan, T., Helm, J.H., 2001. Phytic Acid. *Food Rev. Int.* 17, 419–431. doi:10.1081/FRI-100108531
- Paredes-López, O., Gwynet I, H., Montes-Rivera, R., 1987. Development of a Fermentation Procedure to Produce a Tempe-related Food Using Common Beans as Substrate. *Biotechnol. Lett.* 9, 333–338.
- Poulton, J.E., 1990. Cyanogenesis in Plants. *Biol. Rev.* 94, 401–405.
- Preet, K., Punia, D., 2000. Antinutrients and Digestibility (In Vitro) of Soaked, Dehulled and Germinated Cowpeas. *Nutr. Health* 14, 109–117. doi:10.1177/026010600001400203
- Pugalenthi, M., Vadivel, V., Siddhuraju, P., 2005. Alternative Food/Fed Perspectives of an Underutilized Legume *Mucuna pruriens* Var. Utilis - A review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 60, 201–218. doi:10.1007/s11130-005-8620-4
- Pusztai, A., Bardocz, S., 1996. Biological Effects of Plant Lectins on the Gastrointestinal Tract: Metabolic Consequences and Applications. *Trends Glycosci. Glycotechnol.* 8, 149–165.
- Ravindran, V., Ravindran, G., 1988. Nutritional and Anti-nutritional Characteristics of *Mucuna* (*Mucuna utilis*) Bean Seeds. *J. Sci. Food Agric.* 46, 71–79.
- Reed, J.D., 1995. Nutritional Toxicology Polyphenols in of Tannins and Related Forage Legumes. *J. Anim. Sci.* 73, 1516–1528. doi:/1995.7351516x
- Safwat, A.M., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R.H., Nieves, D., Magaña-Sevilla, H., 2015. Effect of Dietary Inclusion of Processed *Mucuna pruriens* Seed Meal on Growing Rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.* 201, 72–79. doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.01.005
- Salunkhe, D.K., Kadam, S.S., 1989. *Handbook of world food legumes: nutritional chemistry, processing technology, and utilization*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
- Sánchez-Solano, L., Chel-Guerrero, L., Segura-Campos, M.R., Betancur-Ancona, D., Castellanos-Ruelas, A., 2015. Tannins and Saponins in Two Tropical Legumes and

- Measurement of Their Biological Activity. *Annu. Res. Rev. Biol.* 5, 221–228. doi:10.9734/ARRB/2015/12485
- Siddhuraju, P., Becker, K., 2005. Nutritional and Antinutritional Composition, in Vitro Amino Acid Availability, Starch Digestibility and Predicted Glycemic Index of Differentially Processed *Mucuna* Beans (*Mucuna pruriens* var. *utilis*): An Under-utilized Legume. *Food Chem.* 91, 275–286. doi:10.1016/j.foodchem.2004.02.044
- Siddhuraju, P., Becker, K., 2003. Comparative Nutritional Evaluation of Differentially Processed *Mucuna* Seeds [*Mucuna pruriens* (L.) DC. var. *utilis* (Wall ex Wight) Baker ex Burck] on Growth Performance, Feed Utilization and Body Composition in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquac. Res.* 34, 487–500. doi:10.1046/j.1365-2109.2003.00836.x
- Siddhuraju, P., Becker, K., 2001. Effect of Various Domestic Processing Methods on Antinutrients and in Vitro Protein and Starch Digestibility of two Indigenous Varieties of Indian Tribal Pulse, *Mucuna pruriens* Var. *utilis*. *J. Agric. Food Chem.* 49, 3058–3067. doi:10.1021/jf001453q
- Siddhuraju, P., Becker, K., Makkar, H.P.S., 2000. Studies on the Nutritional Composition and Antinutritional Factors of Three Different Germplasm Seed Materials of an Under-utilized Tropical Legume, *Mucuna pruriens* var. *Utilis*. *J. Agric. Food Chem.* 48, 6048–6060. doi:10.1021/jf0006630
- Siddhuraju, P., Vijayakumari, K., Janardhanan, K., 1996. Chemical Composition and Protein Quality of the Little-Known Legume Velvet Bean (*Mucuna pruriens* (L.) DC.). *J. Agric. Food Chem.* 44, 2636 – 2641.
- Sotelo, A., 1997. Constituents of wild food plants, en: Johns, T., Romeo, J.T. (Eds.), *Functionality of Food Phytochemicals*. Springer US, México, pp. 89–111. doi:10.1007/978-1-4615-5919-1_4
- Tuleun, C.D., Patrick, J.P., Tiamiyu, L.O., 2009. Evaluation of Raw and Boiled Velvet Bean (*Mucuna utilis*) as Feed Ingredient for Broiler Chickens. *Pakistan J. Nutr.* 8, 601–606.
- Vadivel, V., Janardhanan, K., 2000. Nutritional and Anti-nutritional Composition of Velvet Bean: An Under-utilized Food Legume in South India. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 51, 279–287. doi:10.1080/09637480050077167
- Vadivel, V., Pugalenti, M., 2010a. Evaluation of Growth Performance of Broiler Birds Fed With Diet Containing Different Levels of Velvet Bean Meal as an Alternative Protein Ingredient. *Livest. Sci.* 127, 76–83. doi:10.1016/j.livsci.2009.09.002
- Vadivel, V., Pugalenti, M., 2010b. Studies on the Incorporation of Velvet Bean (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) as an Alternative Protein Source in Poultry Feed and its Effect on Growth Performance of Broiler Chickens. *Trop. Anim. Health Prod.* 42, 1367–1376. doi:10.1007/s11250-010-9594-2
- Vadivel, V., Pugalenti, M., 2008. Effect of Various Processing Methods on the Levels of Antinutritional Constituents and Protein Digestibility of *Mucuna pruriens* (L.) DC.

- Var. Utilis (Wall. Ex Wight) Baker Ex Burck (Velvet Bean) Seeds. *J. Food Biochem.* 32, 795–812.
- Vadivel, V., Pugalenti, M., Doss, A., Parimelazhagan, T., 2011. Evaluation of Velvet Bean Meal as an Alternative Protein Ingredient for Poultry Feed. *Animal* 5, 67–73. doi:10.1017/S175173111000159X
- Vijayakumari, K., Siddhuraju, P., Janardhanan, K., 1996a. Effect of Soaking, Cooking and Autoclaving on Phytic Acid and Oligosaccharide Contents of the Tribal Pulse, *Mucuna monosperma* DC. ex. Wight. *Food Chem.* 55, 173–177. doi:10.1016/0308-8146(95)00081-X
- Vijayakumari, K., Siddhuraju, P., Janardhanan, K., 1996b. Effect of Different Post-harvest Treatments on Antinutritional Factors in Seeds of the Tribal Pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 47, 263–272. doi:10.3109/09637489609012587
- Waghorn, G.C., Shelton, I.D., McNabb, W.C., McCutcheon, S.N., 1994. Effects of Condensed Tannins in *Lotus pedunculatus* on its Nutritive Value for Sheep. 2. Nitrogenous Aspects. *J. Agric. Sci.* 123, 109–119. doi:10.1017/S0021859600067836

Artículo científico

Título:

Inclusion of treated *Mucuna pruriens* seeds in the diet of broiler chicks and its effect on the productive performance

Enviado a revista:

Animal Feed Science and Technology

Inclusion of treated *Mucuna pruriens* seeds in the diet of broiler chicks and its effect on the productive performance

F.J. López-Sántiz; R.H. Santos-Ricalde; L. Sarmiento-Franco

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Mérida, Yucatán, México.

Abbreviations: MP, *Mucuna pruriens*; HPLC, High-performance liquid chromatography; HILIC, Hydrophilic liquid column; AOAC, Association of Official Analytical Chemists; DM, dry matter; CP, crude protein; EE, ether extract; CF, crude fiber; ME, metabolisable energy.

Corresponding author: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán (UADY), Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, Mérida, Yucatán, México.

Tel.: +52 1 9671340394; fax: +52 1 9999423200.

E-mail address: flopz1909@gmail.com (F.J. López-Sántiz)

Abstract

The present study evaluated the effect of soaked *Mucuna pruriens* (MP) seeds in tap water, and either soaked on acid or alkaline solution + cooking on productive performance of broilers. Ninety-six sexed chicks aged 21 days old with an initial liveweight of 720 ± 80 g were used. A randomized complete block design was applied (first block between August-September and second block between September-October) and the sex of the birds was considered in the statistical analysis. Four diets were used, a control without MP and three diets including 25% MP, these were: a) soaked MP in tap water + cooking; b) soaked MP in acetic acid solution + cooking; c) soaked MP in calcium hydroxide solution + cooking. The animals were fed *ad libitum* and had free access to water. It was used acetonitrile/water/formic acid (50:50:1) to extract L-Dopa from MP and analyzed by HPLC to determine the content in the seeds. Records of individual feed intake and liveweight gain were registered weekly. At the end of the experiment, all animals were slaughtered to evaluate carcass yield. The alkaline treatment reduced 71% of L-Dopa in comparison to acid and water treatment (53% and 41% respectively). In the starter phase, there was not difference in feed intake ($p>0.05$), however, the acid group has the lowest liveweight gain ($p<0.05$) and highest feed conversion ratio when compared to control ($p<0.05$). It is pointed out that the productive performance between birds fed with soaked MP in alkaline solution + cooking and control group was similar ($p>0.05$). In finisher phase, there was not statistical difference in feed intake, liveweight gain and feed conversion ratio among treatments ($p>0.05$). No differences were observed in carcass yield ($p>0.05$), but, the birds fed with soaked MP in tap water or acid solution + cooking had the heavier liver when is

compared to control group ($p < 0.05$). No differences in liver weight were observed between animals fed with soaked MP in alkaline solution and control group ($p > 0.05$). The results of this study shown that the inclusion of 25% of soaked *Mucuna pruriens* seeds in alkaline solution + cooking as feedstuff for poultry chicks is an option to rear the birds without negative effects in their productive performance.

Key words: *Mucuna pruriens*, L-Dopa, Broiler chicks, Productive performance.

Introduction

In developing countries, there is a sharp dependence on grains and oilseeds as the main source of protein; the high demand for these supplies causes a constant increase in the cost of feedstuffs for animals. This situation encourages the development of strategies with the use of under-utilized plants for inclusion in the animal diet.

Ecological conditions in the tropical regions allow the growth of a great variety of species with nutritional potential. Legumes have been reported as a good source of crude protein (Adebowale et al., 2005; Siddhuraju y Becker, 2005); amino acids (Mugendi et al., 2010; Vadivel y Pugalenti, 2010) and minerals (Arrivalagan et al., 2014).

Mucuna pruriens (L) DC. Var (Wight) Burck also named Velvet Bean, is originally from tropical Asia (Huisden et al., 2014) and contains high percentage of protein, carbohydrates and acceptable fiber for animal feeding (Pugalenti et al., 2005; Safwat et al., 2015).

This specie is a substantial option in the animal diet; however their use could be limited by the presence of secondary metabolites, when consumed act as antinutritional factors (ANFs) and reduce digestibility of the diet (Bhat y Karim, 2009; Liener, 1994). Phytates, trypsin inhibitors, L-3,4-Dihydroxyphenylalanine (L-Dopa), cyanogenic glycosides, tannins, oxalates, saponins and lectins have been identified in *M. pruriens* (Iyayi et al., 2008).

The heat labile characteristic of some antinutritional factors reported for *M. pruriens*, such as cyanogenic glycosides (Acamovic y Brooker, 2005), trypsin inhibitors, tannins (Siddhuraju y Becker, 2001) and phenols (Preet y Punia, 2000) allows their elimination

with thermic treatments (Buckle y Sambudi, 1990; Del Carmen et al., 1999; Iyayi et al., 2008; Safwat et al., 2015).

Josephine and Janardhanan (1992) indicate that L-Dopa in *M. pruriens* is not heat labile and solubilization is the way to eliminate it. Thus, calcium hydroxide (Safwat et al., 2015), water (Tuleun y Igba, 2008), sodium bicarbonate, citric acid and tamarind extract (Siddhuraju y Becker, 2001) have been used to soak the seeds finding a considerable reduction of this metabolite. In some studies, Vadivel et al. (2011) reported an inclusion of 40% of MP in starter phase and 60% in finisher phase as an adequate percentage to feed the poultry birds. In the same way Tuleun et al. (2009) reported that the inclusion of boiled MP is viable up to 60% resulting an improvement in productive performance, however when raw MP is given to the birds deleterious effect has been found (Tuleun y Igba, 2008).

Although the presence of secondary metabolites in MP, it is probable to use effective methods for elimination of L-Dopa and ANFs from the seeds, in this way it will be possible to increase the utilization of MP in the broiler diet. The objective of this study was to evaluate the productive performance of broilers fed diets including soaked MP in tap water, acid or alkaline solution + cooking.

Materials and methods

Study area

The study was carried out at the poultry production facility of the Faculty of Veterinary Medicine and Animal Science (FMVZ), University of Yucatan (UADY), Merida, Yucatan, Mexico. Animals were kept in a poultry house with average temperature between 22 - 24°C (CONAGUA, 2016).

Processing methods and experimental diets

The treatments used to eliminate L-Dopa from MP seeds were: a) soaked seeds in tap water; b) soaked seeds in acetic acid solution (200 ml/L; pH=3.0) and c) soaked seeds in calcium hydroxide solution (40 g/L, pH=12.3). Each batch was soaked during 24 h in plastic pots, after that, the seeds were rinsed with tap water until the solution residues were eliminated. The soaked seeds were cooked for 1 h in a metal pot with a gas stove, and were rinsed again with tap water, finally the cooked seeds were dried in an electric oven during 48 h.

Each processed portion were ground in a hammer mill (particle size between 1 – 2.0 mm) and stored at temperature room (22 – 25°C) in plastic pots until they were used to make the experimental diets.

Four diets in two periods were formulated, these were: A) Control without MP; B) 25% inclusion of soaked MP in tap water + cooking; C) 25% inclusion of soaked MP in acetic acid solution + cooking; D) 25% inclusion of soaked MP in calcium hydroxide solution + cooking.

Laboratory analyses

Chemical composition of treated MP seeds and experimental diets were determined according to AOAC (2000) procedures, it was determined dry matter (934.01), crude protein (986.06), ether extract (920.39), crude fiber (962.09) and ash (967.05). The composition of treated MP seeds are shown in Table 1, and the diets used during starter and finisher phases are shown in Table 2 and Table 3.

An extraction with a solvent compound by acetonitrile, water and formic acid (50:50:1 respectively) was used. According to Hasegawa et al. (2011), the extracts obtained were analyzed using an Smartline UV Detector 2500 Knauer HPLC with an Hypersil Gold HILIC column to determine L-Dopa content in the treated MP seeds.

Experimental animals

During the experiment 96 sexed Hubbard FLEX[®] chicks aged 21 days were used, the birds were divided in twoblocks with 48 birds each (first block between August-September and second block between September-October). Similar number of male and females were assigned to each treatment. The animals were handled individually in metal cages of 40x40x40 cm, when starting the test the animals were identified and weighed. Starter phase was considered between week four and five of age, finisher phase consisted by week six and seven. The animals had free access to water and feed *ad libitum*.

Analysis of productive performance

Liveweight gain and feed intake were registered weekly. Feed intake was determined by difference between the offered and the consumed food; the feed conversion ratio was

calculated as the ratio between feed intake and liveweight gain. At the end of the rearing periods, all the birds were slaughtered to determine carcass yield (carcass without drumsticks and head), in the same way, the liver weight was registered.

Statistical analysis

The collected data were analyzed using the General Linear Model (GLM) of the ANOVA for a randomized complete block design; the sex of the birds was included in the statistical analysis as a covariable. It was used the software of SAS 9.4 program (SAS Institute, Cary, North Carolina, USA). It was applied the Least-Squares Means according to Tukey (1949) When $p < 0.05$ it was considered a significant effect between treatments. The statistical model used was:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + B_j + E_{ijk};$$

Where Y =the overall mean, T_i =the effect of treatment, B_j = the effect of block and E_{ijk} =the random error.

Results

L-Dopa quantification

The *Table 4* shows the content of L-Dopa in raw and treated MP seeds. The raw seeds had a content of 2.0%, soaked seeds in tap water + cooking presented a reduction of 41%; it was a reduction of 53.5% with acid treatment, and when alkaline treatment was used, it achieved a reduction of 71.0% of L-Dopa.

Productive performance at starter phase

In the *Table 5* the productive parameters of the starter phase are shown. The values obtained respect feed intake were very close and did not presented statistical difference ($p>0.05$). The control treatment achieved the highest liveweight gain ($p<0.05$) respect to the acid treatment. Similarly, there was a significant difference ($p<0.05$) when the control and the acid group were compared (1.7 and 1.9 respectively). However, between groups fed with MP no differences were observed in liveweight gain and feed conversion ratio ($p>0.05$). Nevertheless, it could be appreciated that birds fed soaked MP in alkaline solution + cooking had a very similar performance compared to control group ($p>0.05$).

Productive performance at finisher phase

The productive performance parameters at the finisher phase are shown in *Table 6*. No differences in feed intake, liveweight gain and feed conversion ratio were observed ($p>0.05$) among treatments when the groups fed MP and the control group are compared.

Carcass yield

The Table 7 shows the data regarding the carcass yield. In average the birds yielded 76.4% without difference ($p>0.05$) between groups. However, birds fed soaked MP in water + cooking or fed soaked MP in acid solution + cooking had the heavier liver in comparison to the control group. Weight of the liver was similar between alkaline and control group ($p>0.05$).

Discussion

L-Dopa quantification

In this study, it was found that raw seeds contain 2.0% of L-Dopa, this value was lower than reported by Cassani et al. (2016) and Dahouda et al. (2009) with 5.7% and 3.5% respectively. The content of L-Dopa in MP has been associated to the color of the seeds, black varieties have a higher amount, whereas white varieties contain a lower percentage and mottled varieties have intermediate values (Nyirenda et al., 2003). Mixed seeds were used in this study, but, white variety was predominant, it could be the reason why the content of L-Dopa found in MP had a lower amount of than reported in earlier studies.

Soaking MP in calcium hydroxide + cooking reduced 71% of L-Dopa content. This result is similar to that reported by Gurumoorthi et al. (2008) when soaked MP in sodium bicarbonate (pH=8.5) and found a reduction of 68%. Similarly, Ukachukwu and Szabo (2003) when soaked MP in calcium hydroxide achieved 63% of elimination of L-Dopa relative to raw seeds.

The reduction of L-Dopa content was lower when MP was soaked in acetic acid solution + cooking (53%) or in tap water + cooking (41%). These values are comparable to earlier reports. For example, Siddhuraju and Becker (2001) found a reduction of 54% when they used tamarind extract and 40% when used citric acid, while Diallo and Berhe (2003) observed a reduction of only 27% when soaked MP in tap water. Vijayakumari et al. (1996) and Siddhuraju and Becker (2001) indicate that the chemical structure of L-Dopa allows its elimination easier in an alkaline medium. In this study, soaking MP in calcium hydroxide solution (pH=12.3) eliminated L-Dopa in a greater proportion than the other treatments.

Starter phase

The inclusion of MP at 25% in the diet of the birds did not affect feed intake ($p > 0.05$). This level of inclusion is higher than recommended in other studies, where MP was processed with different treatments. For example, Tuleun and Igba (2008) recommend an inclusion up to 20% of soaked seeds + cooking, Iyayi et al. (2008) suggest 15% when soaked MP in tap water and Akinmutimi and Okwu (2006) recommend up to 10% of heated MP.

Del Carmen et al. (1999) and Nyirenda et al. (2003) indicate that young birds are more susceptible to L-Dopa, this compound delays the animal growth when is consumed. In this study, the group fed with soaked MP in acid solution + cooking had the lowest liveweight gain and higher feed conversion ratio (67.1 g/day and 1.9) in comparison to control group (73.2 g/day and 1.7) ($p < 0.05$). Although the birds from acid group had the lowest daily liveweight gain, this was superior to the result obtained by Tuleun et al. (2011) when used fermented MP for feeding broilers (41.8 g/day).

When the three groups fed with MP are compared, no significant differences were found in liveweight gain and feed conversion ratio ($p > 0.05$), however, the growth of the birds fed with soaked MP in alkaline solution + cooking was very similar to birds of control group ($p > 0.05$). These results suggest that soaking MP in an alkaline solution + cooking improved its nutritive value. According to Tuleun and Patrick (2007) soaking and cooking the seeds increases the digestibility of protein and carbohydrates compared to raw seeds and when soaking is realized in an alkaline solution it will be a better elimination of L-Dopa to reduce its effect on the birds (Siddhuraju y Becker, 2001).

Finisher phase

In finisher phase, there were no differences in feed intake, liveweight gain and feed conversion ratio between treatments ($p>0.05$). These results indicate that up to 25% of treated MP could be used in poultry diets without affecting the productive performance. This level of inclusion could be considered superior to that recommended by Vadivel and Pugalenth (2010) with soaked MP in a sodium bicarbonate solution + autoclave (11%), Del Carmen et al. (1999) suggest up to 10% of heated MP without negative effects, or the recommendation by Emenalom and Udedibie (1998) when used toasted MP (6%). Other authors have mentioned levels not higher than 20% when using soaked MP in water + cooking, or fermented (Tuleun et al., 2011, 2009).

The results obtained in this phase suggest that soaking MP in tap water, acid or alkaline solution + cooking were sufficient to reduce L-Dopa present in MP, thus, the productive performance of the birds was not affected.

Carcass yield

The birds had an average carcass yield of 76% without significant differences between treatments ($p>0.05$). However, birds fed with soaked MP in tap water or acid solution + cooking had heavier livers when they compared to control group ($p<0.05$). It is pointed out that there were no differences in liver weight between birds fed soaked MP in alkaline solution + cooking in comparison to control group ($p>0.05$). According to Emenalom and Nwachukwu (2006) and Emenalom and Udedibie (1998) when there are toxic compounds in the diet, the metabolic work performed by the liver perform for elimination causes an

increase in its size. However, it is possible that the content of antinutritional factors of MP after treatment decreased and did not affect the productive performance of the birds in the finisher phase.

Conclusions

In this study, the elimination of L-Dopa in *Mucuna pruriens* seeds has been more effective using an alkaline solution. Birds fed with soaked seeds in acetic acid solution demonstrated to have worst performance in starter phase. Nevertheless, the presence of L-Dopa in the diet did not have effects in finisher phase; therefore, 25% of soaked *Mucuna pruriens* seeds in alkaline solution and cooked could be included in the diet without having unfavorable effects on feed intake, liveweight gain and feed conversion ratio.

Conflict of interest

The authors declare that they have not conflict of interests.

Acknowledgements

This work was founded by PRODEP and CONACYT

Table 1. Chemical composition of treated *Mucuna pruriens* seeds

Treatment	DM	CP	EE	CF	Ash
Water	92.01	21.54	2.75	7.99	2.15
Acid	91.76	22.80	2.90	7.91	2.19
Alkaline	92.99	22.48	1.88	7.92	5.38

- DM (Dry matter), CP (crude protein), EE (Ether extract), CF (Crude fiber)

- All values expressed in %/kg MS

Table 2. Composition and proximal analyses of experimental diets containing treated *Mucuna pruriens* seeds at the starter phase

Ingredient	Velvet bean meal at 25%			
	Control	Water	Acid	Alkaline
Maize	60.951	46.510	47.664	47.356
<i>Mucuna pruriens</i> seeds	-	25.000	25.000	25.000
Soybean meal	34.579	23.372	22.325	22.605
Calcium carbonate	1.528	1.551	1.554	1.553
Calcium orthophosphate	1.153	1.265	1.273	1.271
Vegetable oil	1.214	1.318	1.163	1.205
Methionine 99%	0.123	0.301	0.310	0.307
Lysine 99%	-	0.234	0.261	0.253
NaCl	0.250	0.250	0.250	0.250
Minerals	0.100	0.100	0.100	0.100
Vitamins	0.100	0.100	0.100	0.100
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Determined analysis				
Dry matter	85.32	89.37	88.96	88.85
Crude protein	21.40	21.40	21.40	21.40
Crude fiber	0.85	2.09	2.73	2.37
Ether extract	1.61	2.41	3.29	2.96
Ash	6.13	4.68	3.52	4.41
Calculated analysis				
Metabolisable energy	3.000	3.000	3.000	3.000
Calcium	0.810	0.810	0.810	0.810
Available phosphorus	0.400	0.400	0.400	0.400
Sodium	0.120	0.130	0.130	0.130
Arginine	0.930	0.950	0.920	0.930
Lysine	1.040	1.040	1.040	1.040
Methionine	0.540	0.540	0.540	0.540
Meth+Cys	0.750	0.750	0.750	0.750
Threonine	0.630	0.630	0.620	0.620
Tryptophan	0.190	0.190	0.190	0.190

Table 3. Composition and proximal analyses of experimental diets containing treated *Mucuna pruriens* seeds at the finisher phase

Ingredient	Velvet bean meal at 25%			
	Control	Water	Acid	Alkaline
Maize	68.956	54.616	55.770	55.462
<i>Mucuna pruriens</i> seeds	-	25.000	25.000	25.000
Soybean meal	26.887	15.474	14.428	14.707
Calcium carbonate	1.435	1.458	1.461	1.460
Calcium orthophosphate	1.094	1.207	1.216	1.214
Vegetable oil	0.952	1.074	0.919	0.960
Methionine 99%	0.152	0.332	0.340	0.338
Lysine 99%	0.074	0.389	0.416	0.409
Minerals	0.100	0.100	0.100	0.100
Vitamins	0.100	0.100	0.100	0.100
NaCl	0.250	0.250	0.250	0.250
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Determined analysis				
Dry matter	87.79	88.96	89.05	89.04
Crude protein	19.62	19.62	19.62	19.62
Crude fiber	1.24	2.61	2.78	2.54
Ether extract	2.22	2.76	2.78	2.39
Ash	4.90	4.74	4.20	5.16
Calculated analysis				
Metabolisable energy	3.060	3.060	3.060	3.060
Calcium	0.750	0.750	0.750	0.750
Available phosphorus	0.374	0.374	0.374	0.374
Sodium	0.130	0.126	0.125	0.126
Arginine	0.730	0.733	0.705	0.713
Lysine	0.992	0.992	0.992	0.992
Methionine	0.530	0.537	0.542	0.540
Meth+Cys	0.714	0.714	0.714	0.714
Threonine	0.510	0.520	0.505	0.509
Tryptophan	0.150	0.155	0.149	0.151

Table 4. Quantification of L-Dopa in raw and treated *Mucuna pruriens* seeds

Sample	Content (g kg⁻¹)
Raw seeds	20.0
Soaked seeds in water + cooking	11.8
Soaked seeds in acid solution + cooking	9.3
Soaked seeds in alkaline solution + cooking	5.8

Table 5. Productive performance of broiler chicks with inclusion of *Mucuna pruriens* seeds at the starter phase

Treatment	Initial liveweight¹	Feed intake¹	Liveweight gain¹	Feed conversion ratio
Control	0.714 ± 0.080 ^a	1.819 ± 0.215 ^a	1.026 ± 0.129 ^a	1.782 ± 0.143 ^b
Water	0.725 ± 0.088 ^a	1.764 ± 0.170 ^a	0.950 ± 0.095 ^{ab}	1.862 ± 0.148 ^{ab}
Acid	0.703 ± 0.089 ^a	1.763 ± 0.249 ^a	0.940 ± 0.149 ^b	1.902 ± 0.289 ^a
Alkaline	0.748 ± 0.060 ^a	1.796 ± 0.222 ^a	0.983 ± 0.132 ^{ab}	1.832 ± 0.101 ^{ab}

• ¹ Expressed in kg

• Least-squares means adjusted by treatments

• Means within the same row with different superscripts are significantly different when $p < 0.05$

Table 6. Productive performance of broiler chicks with inclusion of *Mucuna pruriens* seeds at the finisher phase

Treatment	Feed intake¹	Liveweight gain¹	Feed Conversion ratio
Control	2.342 ± 0.269 ^a	1.036 ± 0.143 ^a	2.275 ± 0.174 ^a
Water	2.351 ± 0.388 ^a	0.944 ± 0.179 ^a	2.397 ± 0.171 ^a
Acid	2.411 ± 0.303 ^a	1.014 ± 0.151 ^a	2.360 ± 0.301 ^a
Alkaline	2.360 ± 0.271 ^a	1.005 ± 0.177 ^a	2.375 ± 0.196 ^a

- ¹ Expressed in kg
- Least-square means adjusted by treatments
- Means within the same row with different superscripts are significantly different when $p < 0.05$

Table 7. Carcass yield of broilers chicks fed with treated velvet bean seeds

Treatment	Carcass yield (%)	Liver weight (g)	Liver (g) / Carcass (Kg)
Control	77.08 ± 3.45 ^a	47.702 ± 7.159 ^a	22.387 ± 3.366 ^b
Water	76.32 ± 2.85 ^a	49.250 ± 10.126 ^a	24.582 ± 4.518 ^a
Acid	75.56 ± 3.279 ^a	50.083 ± 10.468 ^a	25.075 ± 3.939 ^a
Alkaline	76.38 ± 3.214 ^a	50.903 ± 6.431 ^a	24.414 ± 3.156 ^{ab}

- Least-square means adjusted by treatments
- Means within the same row with different superscripts are significantly different when $p < 0.05$

References

- Acamovic, T., Brooker, J., 2005. Biochemistry of Plant Secondary Metabolites and Their Effects in Animals. *Proc. Nutr. Soc.* 64, 403–412. doi:10.1079/PNS2005449
- Adebowale, Y.A., Adeyemi, A., Oshodi, A.A., 2005. Variability in the Physicochemical, Nutritional and Antinutritional Attributes of six *Mucuna* Species. *Food Chem.* 89, 37–48. doi:10.1016/j.foodchem.2004.01.084
- Akinmutimi, A.H., Okwu, N.D., 2006. Effect of Quantitative Substitution of Cooked *Mucuna utilis* Seed Meal for Soybean Meal in Broiler Finisher Diet. *Int. J. Poult. Sci.* 5, 477–481.
- AOAC, 2000. *Official Methods of Analysis*, 15a ed. Washington, D.C.
- Arrivalagan, M., Prasad, T., Singh, H., Kumar, A., 2014. Variability in Biochemical and Mineral Composition of *Mucuna pruriens* (L.) DC. – an Underutilized Tropical Legume. *Legum. Res. - An Int. J.* 37, 483–491. doi:10.5958/0976-0571.2014.00664.X
- Bhat, R., Karim, A., 2009. Exploring the Nutritional Potential of Wild and Underutilized Legumes. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 8, 305–331. doi:10.1111/j.1541-4337.2009.00084.x
- Buckle, K.A., Sambudi, H., 1990. Effect of Soaking and Boiling Treatments on the Quality on Winged Bean Seed. *J. Sci. Food Agric.* 53, 379–388. doi:10.1002/jsfa.2740530310
- Cassani, E., Cilia, R., Laguna, J., Barichella, M., Contin, M., Cereda, E., Isaias, I.U., Sparvoli, F., Akpalu, A., Ofoso-Budu, K., Teresa, S., Pezzoli, G., 2016. *Mucuna Pruriens* for Parkinson's Disease: Low-cost Preparation Method, Laboratory Measures and Pharmacokinetics Profile. *J. Neurol. Sci.* 365, 175–180. doi:10.1016/j.jns.2016.04.001
- CONAGUA, 2016. *Tablas de Temperatura Promedio a Nivel Nacional y por Entidad Federativa de Enero a Diciembre 2016. Reporte del Clima en México* [WWW Document].
- Dahouda, M., Toléba, S.S., Youssao, A.K.I., Hambuckers, A., Dangou-Sapoho, R., Martin, G.B., Fillet, M., Hornick, J.-L., 2009. Nutrient Digestibility of *Mucuna* (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) Bean in Guinea Fowl (*Numida meleagris*, L): Effects of Heat Treatment and Levels of Incorporation in Diets. *Br. Poult. Sci.* 50, 564–572. doi:10.1080/00071660903193774
- Del Carmen, J., Gernat, A., Myhrman, R., Carew, L.B., 1999. Evaluation of Raw and Heated Velvet Beans (*Mucuna pruriens*) as Feed Ingredients for Broilers. *Poult. Sci.* 78, 866–872. doi:10.1093/ps/78.6.866
- Diallo, O.K., Berhe, T., 2003. Processing of *Mucuna* for Human Food in the Republic of Guinea. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 1, 193–196.

- Emenalom, O., Udedibie, A.B.I., 1998. Effect of Dietary Raw, Cooked and Toasted *Mucuna pruriens* Seeds (Velvet Bean) on the Performance of Finisher Broilers. *Niger. J. Anim. Prod.* 25, 115–119.
- Emenalom, O.O., Nwachukwu, I.C., 2006. Effect of Calcium Hydroxide Soaked and Cooked Velvet Beans (*Mucuna pruriens*) on the Performance of Finisher Broilers. *Niger. J. Anim. Prod.* 33, 53–57.
- Gurumoorthi, P., Janardhanan, K., Myhrman, R., 2008. Effect of Differential Processing Methods on L-Dopa and Protein Quality in Velvet Bean, an Underutilized Pulse. *LWT - Food Sci. Technol.* 41, 588–596. doi:10.1016/j.lwt.2007.04.016
- Hasegawa, T., Ishii, T., Takahashi, K., Saijo, M., Fukiwake, T., Nagata, T., Motoki, Y., 2011. Quantitative Determination of L-DOPA in Dietary Supplements Containing *Mucuna pruriens* by High Performance Liquid Chromatography 53–56.
- Huisden, C.M., Szabo, N.J., Ogunade, I.M., Adesogan, A.T., 2014. *Mucuna Pruriens* Detoxification: Effects of Ensiling Duration and Particle Size. *Anim. Feed Sci. Technol.* 198, 20–27. doi:10.1016/j.anifeedsci.2014.08.011
- Iyayi, E.A., Kluth, H., Rodehutschord, M., 2008. Effect of Heat Treatment on Antinutrients and Precaecal Crude Protein Digestibility in Broilers of Four Tropical Crop Seeds. *Int. J. Food Sci. Technol.* 43, 610–616. doi:10.1111/j.1365-2621.2007.01495.x
- Josephine, R.M., Janardhanan, K., 1992. Studies on Chemical Composition and Antinutritional Factors in Three Germplasm Seed Materials of the Tribal Pulse, *Mucuna pruriens* (L.) DC. *Food Chem.* 43, 13–18. doi:10.1016/0308-8146(92)90235-T
- Liener, I.E., 1994. Implications of Antinutritional Components in Soybean Foods., *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* doi:10.1080/10408399409527649
- Mugendi, J., Njaji, E., Kuria, E., Mwasaru, M., Mureithi, J., Spostolides, Z., 2010. Effects of Processing Methods on the Protein Quality of *Mucuna* Bean. *African J. Food Agric. Nutr. Dev.* 10, 2394–2412.
- Nyirenda, D., Musukwa, M., Jonsson, L.O., 2003. The Effects of Different Processing Methods of Velvet Beans (*Mucuna pruriens*) on L-Dopa Content, Proximate Composition and Broiler Chicken Performance. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 1, 253–260. doi:10.4090/juee.2008.v2n2.033040
- Preet, K., Punia, D., 2000. Antinutrients and Digestibility (In Vitro) of Soaked, Dehulled and Germinated Cowpeas. *Nutr. Health* 14, 109–117. doi:10.1177/026010600001400203
- Pugalenth, M., Vadivel, V., Siddhuraju, P., 2005. Alternative Food/Fed Perspectives of an Underutilized Legume *Mucuna pruriens* Var. *Utilis* - A review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 60, 201–218. doi:10.1007/s11130-005-8620-4
- Safwat, A.M., Sarmiento-Franco, L., Santos-Ricalde, R.H., Nieves, D., Magaña-Sevilla, H., 2015. Effect of Dietary Inclusion of Processed *Mucuna pruriens* Seed Meal on Growing Rabbits. *Anim. Feed Sci. Technol.* 201, 72–79.

doi:10.1016/j.anifeedsci.2015.01.005

- Siddhuraju, P., Becker, K., 2005. Nutritional and Antinutritional Composition, in Vitro Amino Acid Availability, Starch Digestibility and Predicted Glycemic Index of Differentially Processed *Mucuna* Beans (*Mucuna pruriens* var. *utilis*): An Underutilized Legume. *Food Chem.* 91, 275–286. doi:10.1016/j.foodchem.2004.02.044
- Siddhuraju, P., Becker, K., 2001. Effect of Various Domestic Processing Methods on Antinutrients and in Vitro Protein and Starch Digestibility of two Indigenous Varieties of Indian Tribal Pulse, *Mucuna pruriens* Var. *utilis*. *J. Agric. Food Chem.* 49, 3058–3067. doi:10.1021/jf001453q
- Tukey, J.W., 1949. Comparing Individual Means in the Analysis of Variance. *Biometrics* 5, 99–114.
- Tuleun, C.D., Adenkola, A.Y., Orayaga, K.T., 2011. Naturally Fermented *Mucuna* Seed Meal Based Diets: Effect on Performance and Carcass Characteristics of Broiler Chickens. *Res. J. Poult. Sci.* 4, 50–55.
- Tuleun, C.D., Igba, F., 2008. Growth and Carcass Characteristics of Broiler Chickens Fed Water Soaked and Cooked Velvet Bean (*Mucuna utilis*) Meal. *African J. Biotechnol.* 7, 2676–2681.
- Tuleun, C.D., Patrick, J.P., 2007. Effect of Duration of Cooking *Mucuna utilis* Seed on Proximate Analysis, Levels of Antinutritional Factors and Performance of Broiler Chickens. *Niger. Soc. Anim. Prod.* 34, 45–53.
- Tuleun, C.D., Patrick, J.P., Tiamiyu, L.O., 2009. Evaluation of Raw and Boiled Velvet Bean (*Mucuna utilis*) as Feed Ingredient for Broiler Chickens. *Pakistan J. Nutr.* 8, 601–606.
- Ukachukwu, S.N., Szabo, N.J., 2003. Effect of Processing, Additives and Vitamin B6 Supplementation of *Mucuna pruriens* var *Cochinchinensis* on Broilers. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 1, 227–237.
- Vadivel, V., Pugalenti, M., 2010. Evaluation of Growth Performance of Broiler Birds Fed With Diet Containing Different Levels of Velvet Bean Meal as an Alternative Protein Ingredient. *Livest. Sci.* 127, 76–83. doi:10.1016/j.livsci.2009.09.002
- Vadivel, V., Pugalenti, M., Doss, A., Parimelazhagan, T., 2011. Evaluation of Velvet Bean Meal as an Alternative Protein Ingredient for Poultry Feed. *Animal* 5, 67–73. doi:10.1017/S175173111000159X
- Vijayakumari, K., Siddhuraju, P., Janardhanan, K., 1996. Effect of Soaking, Cooking and Autoclaving on Phytic Acid and Oligosaccharide Contents of the Tribal Pulse, *Mucuna monosperma* DC. ex. Wight. *Food Chem.* 55, 173–177. doi:10.1016/0308-8146(95)00081-X

Anexos

Anexo 1. Metodología para la cuantificación de L-Dopa en *Mucuna pruriens*

1. Solución estándar

Se preparó una solución madre estándar (1000 µg/ml) disolviendo 20 mg de estándar para L-DOPA en 20 ml de acetonitrilo/agua/ácido fórmico (50:50:1). Se prepararon soluciones patrón al diluir la solución madre con acetonitrilo/agua/ácido fórmico (50:50:1) en el intervalo de concentración de 0.5-100 µg/ml

2. Muestra

Se obtuvo semilla de *Mucuna pruriens* en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, se dividió en tres porciones de acuerdo al tratamiento que recibieron para la eliminación de L-Dopa (Agua, medio ácido y medio alcalino) y se seleccionó 50 g de cada una para su análisis en el HPLC

3. Preparación del extracto muestra

Las semillas de *M. pruriens* fueron pulverizadas finamente usando un molino. Se transfirieron 100 mg de este polvo a un tubo de ensayo de 10 ml y se le añadieron 5 ml de acetonitrilo/agua/ácido fórmico (50:50:1). Esta mezcla se extrajo por ultrasonido durante 15 min. Después de centrifugar durante 10 minutos, el sobrenadante se transfirió a un matraz aforado de 20 ml. El precipitado se reextrajo con 5 ml de acetonitrilo/agua/ácido fórmico (50:50:1) en las mismas condiciones y se centrifugó nuevamente. Los sobrenadantes recogidos durante las extracciones se combinaron y el volumen se ajustó a 20 ml con acetonitrilo/agua/ácido fórmico (50:50:1). Una porción de solución se filtró a través de una solución de 0,45 µm en un filtro de membrana de politetrafluoroetileno.

4. Análisis por HPLC

El análisis se realizó utilizando un equipo HPLC Knauer con un detector UV/VIS Modelo 2500 con una columna Hypersil Gold HILIC 250x4.6 mm 5 µm. La fase móvil fue de 10 mmol/l de amonio (pH 3,5) /acetonitrilo (3:7). El caudal de la fase móvil se fijó en 1,0

ml/min, y el volumen de inyección fue de 20 μ l. La temperatura de la columna se mantuvo a 40°C. El detector UV se ajustó a 280 nm