



## ผลของการทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองโดยใช้หนอนนกกัษสกัดน้ำมันต่อความสามารถในการย่อยได้ของ โภชนะโดยใช้ *In Vitro* gas production technique

นรัช ประชุม<sup>1</sup> และ สินีนาฏ พลโยธา<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
กรุงเทพมหานคร 10520

**บทคัดย่อ:** การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้หนอนนกกัษสกัดน้ำมัน (Superworm meal defatted) ต่อความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง โดยใช้เทคนิคการวัดผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง (*In vitro* gas production technique) ในงานทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomized design (CRD) โดยศึกษาในระดับการใช้หนอนนกกัษสกัดน้ำมันทดแทนแหล่งโปรตีนจากกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 0, 33, 67 และ 100 % จากการศึกษาพบว่าระดับการทดแทนที่แตกต่างกันส่งผลต่อค่าโปรตีนหยาบ (Crude protein) ในอาหารชั้นเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยหนอนนกกัษสกัดน้ำมันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ต่อผลผลิตแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (a) ค่าผลผลิตแก๊สจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (b), ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (c), ค่าศักยภาพการย่อยสลายได้ (a+b) และ ปริมาณการผลิตแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง รวมทั้งค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลอง (*In vitro* organic matter digestibility, IVOMD) นอกจากนี้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในหลอดทดลอง (*In vitro* dry matter digestibility, IVDMD) มีค่าไม่แตกต่างกันในระดับการทดแทนที่ 0, 33 และ 67% ( $P>0.05$ ) จากการศึกษาสรุปได้ว่าหนอนนกกัษสกัดน้ำมันสามารถทดแทนโปรตีนจากกากถั่วเหลืองโดยไม่ส่งผลต่อการผลิตแก๊สและการย่อยได้ในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงแนวทางการใช้หนอนนกกัษสกัดน้ำมันในสัตว์ต่อไป

**คำสำคัญ:** หนอนนกกัษ กากถั่วเหลือง การย่อยได้ในกระเพาะรูเมน การวัดการย่อยได้โดยใช้หลอดทดลอง

\*ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2564. 16(1): 159-166.

E-mail address: [sineenart.po@kmitl.ac.th](mailto:sineenart.po@kmitl.ac.th)

## Effect of Substitution of Protein form Soybean Meal by Superworm Meal Defatted on Digestibility of Nutrition by Using *In Vitro* Gas Production Technique

Noratat Prachom<sup>1</sup> and Sineenart Polyorach<sup>1,#</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Production Technology and Fisheries, Faculty of Agricultural Technology,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

**Abstract:** This study aimed to investigate the effect of substitution of protein form soybean meal by Superworm meal defatted on nutritional digestibility using *In Vitro* gas production technique. The experimental design was completely randomized design (CRD) to study the levels of substitution of soybean meal by Superworm meal defatted in concentrate at 0, 33, 67 and 100%. The results showed that Gas kinetics in substitution of soybean meal by Superworm defatted meal un affected ( $P>0.05$ ) on the intercept value (a), the insoluble fraction (b), rate constant for the insoluble fraction (c), potential extent of gas production (a+b), cumulative gas production at 96 h, and *In Vitro* organic matter digestibility (IVOMD), while *In Vitro* dry matter digestibility (IVDMD) of 0, 33 and 67% of substitution was similar. Base on this study it could be concluded that Superworm defatted meal could substitution of soybean meal with un affected on a, b, c, a+b and IVOMD, while IVDMD of 0, 33 and 67% of substitution was similar. Superworm defatted meal could alternative protein source for ruminants. However, further research should be conducted the use of Superworm defatted meal in *In vivo* trial.

**Keywords:** Super worm, Soybean meal, Rumen digestibility, *In Vitro* gas production technique

#Corresponding author

J. Mahanakorn Vet. Med. 2021 16(1): 159-166.

E-mail address: [sineenart.po@kmitl.ac.th](mailto:sineenart.po@kmitl.ac.th)

### บทนำ

ประชากรโลกมีแนวโน้มที่จะเพิ่มสูงมากขึ้นทุกปี จึงต้องการบริโภคอาหารในการดำรงชีวิตเพิ่มมากขึ้น เนื้อสัตว์จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ใช้ในการบริโภคกันอย่างแพร่หลาย อย่างเช่น เนื้อหมู เนื้อไก่ เนื้อโค เป็นต้น ในปัจจุบันเนื้อโคยังไม่เป็นที่นิยมบริโภคมากนักเนื่องจาก ราคาที่สูง โดยมีปัจจัยหลักทางด้านการผลิตที่มีราคาสูง โดยเฉพาะแหล่งอาหารสัตว์ซึ่งถือเป็นต้นทุนการผลิตที่

สำคัญและเป็นต้นทุนการผลิตมากกว่าครึ่งของการผลิตทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของต้นทุนของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคเนื้อ ผู้ผลิตจึงหาแนวทางลดต้นทุนการผลิตโดยนำแหล่งโปรตีนจากแหล่งอื่นมาใช้ทดแทนแหล่งโปรตีนเดิมที่มีราคาสูง โดยการนำแหล่งโปรตีนในวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สามารถนำมาทดแทนกันได้โดยเฉพาะแมลงและตัวอ่อนของแมลงซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนจากสัตว์ สมโภชน์และคณะ (2536) กล่าวว่าหนอนดักแด้ใหม่ป่นทดแทนโปรตีน

ทั้งปลาป่นและกากถั่วเหลือง 100 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนการผลิตต่ำที่สุดและมีผลกำไรสูง

หนอนนกยักษ์มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zophobas morio Fabricius* (Tschinkel, 1984) มีถิ่นกำเนิดแถบอเมริกาใต้และอเมริกากลาง ดำรงชีวิตอยู่ตามพื้นดิน ใต้ใบไม้ ขอนไม้ เป็นต้น กินซากพืชซากสัตว์เป็นอาหาร (Castellanos, 2008) มีรูปร่างใหญ่ 1 คู่ เมื่อโตเต็มที่จะมีขนาดถึง 6 เซนติเมตร และพบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยหนอนนกยักษ์หนึ่งตัวมีความชื้น 53.37, เถ้า 1.29, โปรตีน 17.41 และไขมัน 17.89 เปอร์เซ็นต์ (USDA, 2008) สามารถเพาะเลี้ยงได้ง่าย การจัดการที่ไม่ยุ่งยากสามารถนำมาเพาะเป็นอาหารสัตว์ ฟิรวันและโสภณ (2552) กล่าวว่าหนอนนกสามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับเลี้ยงไก่พื้นเมืองอายุ 1-6 สัปดาห์ โดยเสริมหนอนนกในอาหารควบคุมอัตราส่วน 1:1 ส่งผลให้ไก่พื้นเมืองมีน้ำหนักตัวและต้นทุนการผลิตดีที่สุด นอกจากนี้ Jabir et al. (2012) พบว่า เมื่อทำการเสริมหนอนนกยักษ์ทดแทนปลาป่นในอาหารปลานิลที่ระดับการเสริม 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระดับการเสริมที่ 25 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลต่อ เพิ่มน้ำหนักสด อัตราการเจริญเติบโต อัตราการเปลี่ยนอาหารและอัตราส่วนประสิทธิภาพของโปรตีนที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาถึงการใช้น้ำมันสกัดจากหนอนนกยักษ์ (Superworm meal defatted) เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีข้อมูลน้อย ดังนั้นในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้หนอนนกยักษ์สกัดน้ำมันต่อการย่อยได้ของโภชนะโดยใช้ *in vitro* gas production technique

### วิธีการศึกษา

การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้หนอนนกยักษ์สกัดน้ำมัน (Superworm meal defatted) ต่อความสามารถในการ

ย่อยได้ในหลอดทดลอง โดยใช้เทคนิคการวัดผลผลิตแก๊สในหลอดทดลอง (*In vitro* gas production technique) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomized design (CRD) ศึกษาประสิทธิภาพของการใช้หนอนนกยักษ์สกัดน้ำมัน เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 0, 33, 67, และ 100 โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ อาหารชั้นมีระดับโปรตีนหยาบ 12 เปอร์เซ็นต์ และพลังงาน 80 เปอร์เซ็นต์ TDN สำหรับวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้น เก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ วัตถุแห้ง (Dry matter, DM), เถ้า (Ash), โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) และไขมัน (Ether Extract, EE) ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์องค์ประกอบเยื่อใยที่สำคัญได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991) การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส คัดแปลงวิธีการจาก การศึกษาจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส (kinetics of gas production) คัดแปลงวิธีการของ Menke and Steingass (1988) นำอาหารทดลองที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร มาชั่งและเจดน้ำหนักที่แน่นอน แล้วบรรจุประมาณ 0.5 กรัม ลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) จากโคเนื้อเจาะกระเพาะ แล้วมาผสมภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในขวดที่บรรจุอาหารทดลองขวดละ 40 มิลลิลิตร พร้อมทั้งปิดจุกยางและฝาครอบอะลูมิเนียมให้สนิท หลังจากนั้นนำตัวอย่างเข้าบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ทำการวัดผลผลิตแก๊ส ณ ชั่วโมง 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20, 24, 36, 48, 72 และ 96 จากนั้นทำการจดบันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น นำค่าผลผลิตแก๊สที่ได้มาหาค่าคงที่ a, b และ c โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป fit curve เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊ส

ตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

$$y = a + b [1 - e^{-ct}]$$

เมื่อ  $y$  = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา  $t$ ,  $a$  = ส่วนที่ละลายได้ง่าย (มิลลิลิตร),  $b$  = ค่าปริมาณผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ (มิลลิลิตร) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายอาหาร,  $c$  = อัตราการเกิดแก๊ส มีหน่วยเป็น %/ชม.,  $e$  = exponential,  $t$  = เวลาการเกิดแก๊ส

วัดค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*in vitro* dry matter degradability, IVDMD) และการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ (*in vitro* organic matter degradability, IVOMD) (Tilley and Terry, 1963) นอกจากนั้นทำการสุ่มตัวอย่าง ณ ชั่วโมงที่ 48 หลังการบ่ม เพื่อทำการวัดการย่อยได้จริง (*in vitro* true digestibility) (Van Soest et al., 1991) นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ Analysis of variance ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomized design (CRD) โดยการใช้ Proc ANOVA (SAS, 1985) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torrie, 1980) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองโดยใช้วิธีการ Orthogonal polynomial โดยการใช้ Proc GLM ของ SAS (SAS, 1985)

### ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการทดลอง องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของการเสริมหมอนนกกยักษ์ที่ระดับต่างกัน ได้แก่ 0, 33, 67 และ 100% พบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีเฉลี่ยดังนี้ DM, OM, Ash, CP, EE, NDF และ ADF มีค่าอยู่ที่ 89.2, 93.7, 6.2, 12.2, 3.2, 21.2 และ 15.3 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งตามลำดับ (Table 1) ซึ่งค่าโปรตีนหยาบ ในการทดลอง

ครั้งนี้มีค่าน้อยกว่าการรายงานของ Jabir et al. (2012) เมื่อทำการเสริมหมอนนกกยักษ์ทดแทนปลาป่นในอาหารปลาชนิดที่ระดับการเสริม 0, 25, 50, 75 และ 100 เปอร์เซ็นต์พบว่า มีระดับโปรตีนหยาบอยู่ที่ 34.18, 31.31, 32.62, 31.88 และ 30.85 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งตามลำดับ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาองค์ประกอบทางเคมีของหมอนนกกยักษ์พบว่า มีค่า DM, OM, Ash, CP, EE, NDF และ ADF อยู่ที่ 96, 96.5, 3.5, 57.6, 17.5, 32.07 และ 8.0 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งพบว่ามีค่าสูงกว่าที่รายงานไว้โดย โสภณ (2551) พบว่าหมอนกมีองค์ประกอบทางเคมี CP, EE, Ash อยู่ที่ 21.18, 12.82 และ 1.29 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่ามีค่าสูงกว่าการรายงานของ Revzanaadii (2012) รายงานว่าหมอนนกกยักษ์มีองค์ประกอบทางเคมี DM, CP, Ash อยู่ที่ 94.67, 46.44, และ 2.86 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ ซึ่งค่าองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันอาจเป็นผลมาจากอาหารที่ได้รับในแต่ละวัน หรือมาจากอิทธิพลของความเครียด และสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการย่อยได้ และการเผาผลาญพลังงานภายในหมอนนกกยักษ์ โดย Mlcek (2019) กล่าวว่า สามารถเพิ่มองค์ประกอบทางเคมี และธาตุอื่นๆ ได้ โดยการให้หมอนนกกยักษ์บริโภคอาหารที่อุดมไปด้วยโปรตีนและแร่ธาตุต่างๆ อย่างเหมาะสม

### การผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง

จากการศึกษาการผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลองดังแสดงใน Table 2 และ Figure 1 ของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้หมอนนกกยักษ์สกัดน้ำมัน พบว่าค่าการผลิตแก๊สจากส่วนที่ละลายได้ง่าย ( $a$ ), ปริมาณแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายองค์ประกอบที่ละลายได้ยาก ( $b$ ), อัตราการผลิตแก๊ส ( $c$ ), ส่วนที่ละลายได้ง่ายร่วมกับปริมาณผลผลิตแก๊สที่ผลิตได้ ( $a+b$ ), อัตราผลผลิตแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง และการ

**Table 1** Chemical composition of experimental animal feed in this experiment.

| Item (DM), %                  | Substitution level |      |      |      | Superworm |                     |
|-------------------------------|--------------------|------|------|------|-----------|---------------------|
|                               | 0%                 | 33%  | 67%  | 100% | meal      | Rice Straw defatted |
| Cassava chip                  | 50.0               | 50.0 | 50.0 | 50.0 |           |                     |
| Rice bran                     | 30.0               | 30.0 | 30.0 | 30.0 |           |                     |
| Soybean meal                  | 15.0               | 10.1 | 4.9  | 0.0  |           |                     |
| Superworm meal defatted       | 0.0                | 4.9  | 10.1 | 15.0 |           |                     |
| Urea                          | 0.6                | 0.4  | 0.2  | 0.1  |           |                     |
| Molasses                      | 2.9                | 3.1  | 3.3  | 3.4  |           |                     |
| Salt                          | 0.5                | 0.5  | 0.5  | 0.5  |           |                     |
| Sulfur                        | 0.5                | 0.5  | 0.5  | 0.5  |           |                     |
| Minerals mixed                | 0.5                | 0.5  | 0.5  | 0.5  |           |                     |
| Chemical composition          |                    |      |      |      |           |                     |
| Dry matter (DM)               | 89.5               | 89.4 | 89.4 | 88.8 | 95.1      | 90.1                |
|                               | -----%DM-----      |      |      |      |           |                     |
| Organic matter (OM)           | 93.6               | 93.7 | 93.8 | 94.0 | 96.5      | 82.5                |
| Ash                           | 6.4                | 6.3  | 6.2  | 6.0  | 3.5       | 17.5                |
| Crude protein (CP)            | 12.0               | 12.1 | 12.2 | 12.6 | 57.6      | 2.8                 |
| Ether extract (EE)            | 2.14               | 2.8  | 3.6  | 4.3  | 17.5      | 77.5                |
| Neutral detergent fiber (NDF) | 19.0               | 20.4 | 22.0 | 23.4 | 32.0      | 61.3                |
| Acid detergent fiber (ADF)    | 15.5               | 15.4 | 15.3 | 15.1 | 8.0       | 1.2                 |

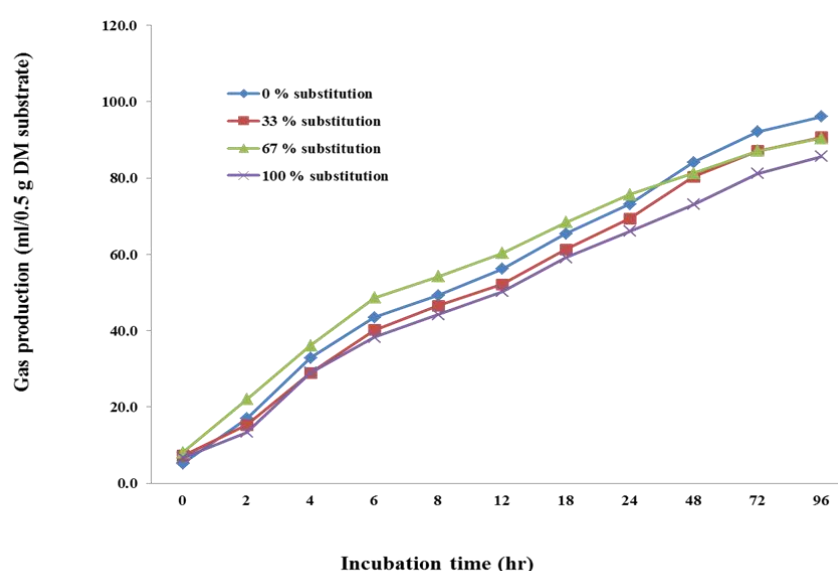
ย่อยได้ของวัตถุดิบ (IVDMD) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P>0.05$ ) ในขณะที่ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVDMD) มีค่าลดลงแบบเป็นเส้นตรง (Linearly) ( $P<0.05$ ) เมื่อเพิ่มระดับการเสริม โดยมีค่าอยู่ที่ 70.87, 70.87, 67.36, 65.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณการย่อยได้ของวัตถุดิบทั้งลดลงเมื่อเสริมหนอนนกกัญชในปริมาณที่เพิ่มขึ้น อาจเป็นเพราะไคตินที่บริเวณเปลือกนอกของหนอนนกกัญช Chajarern (2004) กล่าวว่า ปริมาณไคตินมักแปรผันไปตามสัดส่วนของวัตถุดิบ ซึ่งไคตินเป็นส่วนที่ย่อยได้ยาก และร่างกายสัตว์นำมาใช้ประโยชน์ได้น้อย สอดคล้องกับ Khampaka et

al. (2006) กล่าวว่าไคตินไม่สามารถย่อยได้หรือย่อยได้ยากในส่วนทางเดินอาหารของสัตว์ เนื่องจากสัตว์ไม่มีเอนไซม์ที่สามารถย่อยไคตินได้ หากมีไคตินในระดับสูงเกินไปอาจส่งผลให้เกิดการขัดขวางการย่อยได้ของสัตว์ แต่ในอีกแง่หนึ่ง ไคโตซาน ซึ่งมีมากในสัตว์จำพวกแมลง มีแนวโน้มช่วยให้สัตว์มีอัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น เนื่องจากจะส่งผลเด่นในด้านสุขภาพ เพราะไคโตซานจะช่วยเพิ่มชนิดของปริมาณเม็ดเลือดขาว ซึ่งจะช่วยให้สัตว์มีสุขภาพดีขึ้น (ฉัตรชัย และคณะ, 2560)

**Table 2** Effect of substitution of soybean meal by Superworm meal defatted on gas production kinetic and degradability from *in vitro* incubation with rumen fluid.

| Substitution levels <sup>1</sup> | Gas kinetics <sup>2</sup> |       |       |       | Gas (96 h)<br>mL/0.5 g DM<br>substrate | <i>In vitro</i> <sup>3</sup> Degradability (%) |       |
|----------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|----------------------------------------|------------------------------------------------|-------|
|                                  | a                         | b     | c     | a+b   |                                        | IVDMD                                          | IVOMD |
| 0%                               | 8.59                      | 82.41 | 0.07  | 91.00 | 96.03                                  | 70.87 <sup>a</sup>                             | 75.21 |
| 33%                              | 8.87                      | 77.87 | 0.07  | 86.75 | 90.63                                  | 70.34 <sup>a</sup>                             | 73.99 |
| 67%                              | 10.00                     | 75.29 | 0.07  | 85.29 | 90.36                                  | 67.36 <sup>b</sup>                             | 71.59 |
| 100%                             | 7.66                      | 72.72 | 0.07  | 80.38 | 85.27                                  | 65.50 <sup>ab</sup>                            | 70.01 |
| SEM                              | 0.782                     | 3.069 | 0.001 | 2.662 | 2.598                                  | 0.887                                          | 0.968 |
| Orthogonal polynomial            |                           |       |       |       |                                        |                                                |       |
| linear                           | ns                        | ns    | ns    | ns    | ns                                     | *                                              | ns    |
| quadratic                        | ns                        | ns    | ns    | ns    | ns                                     | ns                                             | ns    |

a,b,c,d Value on the same row with different superscripts differ ( $P < 0.05$ ), \* $P < 0.05$ , ns = non-significant different, SEM= Standard error of the mean. <sup>1</sup>Replacement of soybean meal by Superworm meal defatted levels. <sup>2</sup>a= The gas production from the immediately soluble fraction, b= The gas production from the insoluble fraction, c= The gas production rate constant for the insoluble fraction, a+b = The gas potential extent of gas production. <sup>3</sup>IVDMD= *In vitro* dry matter degradability, IVOMD= *In vitro* organic matter degradability.

**Figure 1** Cumulative gas production affected by substitution of soybean meal by Super worm defatted meal.

## สรุป

จากการศึกษาผลของการทดแทนกากถั่วเหลือง โดยใช้หนอนนกกัษศักดิ์น้ำมันต้องค์ประกอบทางเคมี และการย่อยได้ในโคเนื้อโดยใช้ *In vitro* gas production technique สรุปได้ว่าหนอนนกกัษศักดิ์ น้ำมันส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าโปรตีนหยาบ นอกจากนี้พบว่ามีความโน้มถ่วงการย่อยได้ของวัตถุแห้ง เมื่อเพิ่มระดับการเสริมหนอนนกกัษศักดิ์ เป็นผลมาจากโค ดินที่บริเวณเปลือกนอกของหนอนนกกัษศักดิ์จึงทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้หนอนนกกัษศักดิ์ น้ำมัน ในสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีข้อมูลอยู่น้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในสัตว์ต่อไป

## คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์นวัตกรรมโปรตีนและเทคโนโลยีเนื้อสัตว์ (Excellent center of Meat and Protein Innovation Technology, MPTI) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนงบประมาณวิจัย และขอขอบคุณ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความกรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่ทำวิจัย และวิเคราะห์ข้อมูล

## เอกสารอ้างอิง

ฉัตรชัย แสนขวัญแก้ว ปวีณอิศรชิต์ เคนจันทน์ ปณิทยสุสร้อย และ นิตยา ทองทิพย์. 2560. การใช้ไคโตซานต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของสุกร. วารสารเกษตรพระวรุณ. 14(2): 136-145.  
พิริวัจน์ ชูเพ็ง และโสภณ บุญล้ำ. 2552. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไก่พื้นเมืองโดยใช้หนอนรำข้าวสาลีเป็นแหล่งอาหารโปรตีนเสริม.

เครือข่ายการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก สกอ. ภาคใต้ตอนบน. สมโภชน์ ทับเจริญ นาม ศิริเสถียร ศรีสุวรรณ ชมชัย สำเร็จ ไพบุลย์ และ ัญญาพร สุมณ. 2536. การใช้ผักตบชวาหมักป่นทดแทนโปรตีนในปลาป่นและกากถั่วเหลืองในอาหารสุกรรุ่น (30กก.) ถึงสุกรขุน (90กก.). การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 31 สาขาสัตวประมงสัตวแพทยศาสตร์ 3-6 กุมภาพันธ์ 2536, หน้า 81-92.

โสภณ บุญล้ำ. 2551. การวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตหนอนนกก.เครือข่ายการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก. สกอ. ภาคใต้ตอนบน.

A.O.A.C. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Vol.1, 15th ed., Washington D.C.

Castellanos, C. 2008. Superworm *Zophobas morio*. (Online). Available: <http://www.progeckos.com/caresheets/superworm.pdf> (July 21, 2020).

Chajarern, S. 2004. Feed and feeding non ruminant. Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, KhonKaen University. (In Thai).

Jabir Abd Rahman M. D., S. A. Razak and S. Vikineswary. 2012. Nutritive potential and utilization of super worm (*Zophobas morio*) meal in the diet of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) juvenile. Afr. J. Biotechnol.11(24):6592-6598.

Khempaka, S., K. Koh, and Y. Karasawa, 2006. Effect of shrimp meal on growth performance and digestibility in growing broilers. Poult. Sci. 43:250-254.

- Menke, K.H., and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. *Anim. Res. Dev.* 28:9-55.
- Mlcek, J., A. Adamkova., M. Adamek., M. Borkovcova., M. Bednarova, and I. Knizková. 2019. Fat from Tenebrionidae Bugs – Sterols Content, Fatty Acid Profiles, and Cardiovascular Risk Indexes. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 69(3):247-254.
- Ørskov, E.R., and P. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to rate of passage. *J. Agric.Sci.* 92: 499-503.
- SAS Institute Inc. 1985. Users Guide: Basics. SAS Institute; Cary, North Carolina, USA.
- Senok, A.C., Ismaeel, A.Y. and Botta, G.A. 2005. "Probiotics: facts and myths." *CMI.* 11:958-966.
- Steel, R.G.D., and J.H. Torrie. 1980. Principles and Procedure of Statistics. New York: McGraw Hill Book Co.
- Tilley J.M.A., and R.A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops *Currents/Journal of the British Grassland Society.* 18: 104-111.
- Tschinkel, W.R. 1984. *Zophobas atraus* (Fab.) and *Z. rugipes* Kirsch (Coleoptera: Tenebrionidae) are the same species. *The Coleopterists Bulletin.* 38(4): 325-333.
- USDA. 2008. Diet. .(Online). Available: <http://www.loveablepocketpets.com/diet.htm> (July 21, 2020).
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson, and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral Detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.

