



ผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้สาหร่ายผักกาดทะเลในอาหารชั้นต่อการย่อยได้ของโภชนาโดย *In Vitro* Gas Production Technique

นรรักษ์ ประทุม¹ และ สินีนาฏ พลโยธา^{1, #}

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพมหานคร 10520

บทคัดย่อ: ผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) ต่อการย่อยได้ของโภชนาโดยใช้ *In vitro* gas production technique โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomized design (CRD) ทำการศึกษาระดับของการใช้สาหร่ายผักกาดทะเลเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 0, 33, 67, และ 100% จากการทดลองพบว่าผลผลิตแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (a) มีค่าสูงสุด ($P < 0.05$) ที่ระดับการทดแทน 100% ในขณะที่ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (c) มีค่าสูงสุด ($P < 0.01$) ที่ระดับการทดแทน 0% มากกว่านั้นค่าผลผลิตแก๊สจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (b), ค่าศักยภาพการย่อยสลายได้ (a+b), ปริมาณการผลิตแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง และปริมาณการย่อยในได้ของวัตถุดิบ (IVOMD) มีค่าสูงขึ้นตามระดับการทดแทนที่เพิ่มสูงขึ้น ($P < 0.01$) มีค่าสูงสุดที่ระดับการทดแทนที่ 67% มีค่าสูงสุดสำหรับ อย่างไรก็ตามเมื่อทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองด้วย *Ulva rigida* ที่ระดับ 0, 33 และ 67% มีค่าปริมาณการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (IVOMD) สูงกว่าการทดแทนที่ 100% จากการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าสาหร่ายผักกาดทะเลสามารถใช้เป็นแหล่งโปรตีนทดแทนกากถั่วเหลืองได้โดยสามารถปรับปรุงค่า a, b, a+b, ปริมาณการผลิตแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง และค่าการย่อยได้ของ IVOMD โดยมีค่าสูงสุดที่ระดับการทดแทนที่ 67% ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตามควรมีการทดสอบการใช้สาหร่ายผักกาดทะเลในตัวสัตว์ต่อไป

คำสำคัญ: สาหร่ายผักกาดทะเล กากถั่วเหลือง *Ulva rigida* การย่อยได้

#ผู้รับผิดชอบบทความ

สัตวแพทยมหาวิทยาลัย. 2564. 16(1): 139-146.

E-mail address: sineenart.po@kmitl.ac.th

Effects of Substitution of Soybean Meal by *Ulva rigida* in Concentrate on Digestibility of Nutrition by using *In Vitro* Gas Production Technique

Noratat Prachom¹ and Sineenart Polyorach^{1,#}

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

Abstract: Effects of substitution of soybean meal by *Ulva rigida* on digestibility of nutrition by using *in vitro* gas production technique. The experimental design was completely randomized design (CRD) to study the levels of using *U. rigida* as a protein source substitute of soybean meal in concentrate at 0, 33, 67, and 100%. The results showed that the intercept value (a) was the highest at 100% substitution while, gas production rate constants for the insoluble fraction (c) was the highest at 0% substitution. In addition, gas production from the insoluble fraction (b), potential extent of gas production (a+b) and cumulative gas production at 96 h and IVDMD were influenced ($p<0.01$) by increasing substitution levels and the highest at 67% substitution. However, *U. rigida* substitution at 0, 33 and 67% were higher than 100%. In conclusion, *U. rigida* could substitute soybean meal by could improve a, b, a+b, communitive of gas production at 96 h and IVDMD by 67% substitution was the highest. However, the used of *U. rigida* in *in vivo* trial should be conducted.

Keywords: Seaweed, Soybean meal, *Ulva rigida*, Digestibility

#Corresponding author

J. Mahanakorn Vet. Med. 2021 16(1): 139-146.

E-mail address: sineenart.po@kmitl.ac.th

บทนำ

ในอดีตเกษตรกรไทยเลี้ยงโคเนื้อเพื่อใช้แรงงานทางการเกษตรเป็นหลัก ปัจจุบันการเลี้ยงโคเนื้อได้เปลี่ยนมาเป็นการเลี้ยงเพื่อจำหน่ายเป็นโคเนื้อเพื่อผลิตเนื้อโค เนื่องจากมีการบริโภคเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นจากความต้องการของประชากรในประเทศ และตลาดต่างประเทศ ขณะเดียวกันรัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อ อย่างไรก็ตามการส่งเสริมและพัฒนากลุ่มเลี้ยงโคเนื้อประสบปัญหาในการผลิต ได้แก่ การปรับปรุงพันธุ์ การป้องกันและควบคุมโรคระบาด (กรมปศุสัตว์, 2553)

และปัญหาทางด้านขาดแคลนแหล่งอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศไทยที่มีช่วงฤดูแล้งที่ยาวนาน ซึ่งต้นทุนทางด้านอาหารสัตว์ถือเป็นต้นทุนการผลิตที่สำคัญและเป็นต้นทุนการผลิตมากกว่าครึ่งของต้นทุนการผลิตทั้งหมด เกษตรกรส่วนใหญ่ได้มีความพยายามในการค้นหาแหล่งวัตถุดิบอาหารท้องถิ่นและโปรตีนทางเลือก เพื่อเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณภาพสำหรับสัตว์ เช่น รำข้าว มันสำปะหลัง จุลินทรีย์ หนอนแมลง และสาหร่าย เป็นต้น

สาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) เป็นสาหร่ายสีเขียวขนาดใหญ่ในวงศ์ Ulvaceae มีใบหยาบคล้ายใบผักกาด สาหร่ายสีเขียวสกุลนี้มีองค์ประกอบของ sulphated polysaccharides หรือที่เรียกว่า ulvan อยู่ ที่ผนังเซลล์เป็นจำนวนมาก (Ray, 2006) อีกทั้ง *U. rigida* อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการที่ประกอบไปด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และเส้นใยร้อยละ 23.0, 2.76, 25.35 และ 9.79 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (สุวรรณ และคณะ, 2552) ในประเทศไทยมีผู้รู้จักสาหร่ายชนิดนี้และได้มีการศึกษาการนำสาหร่าย *U. rigida* มาเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ จากการรายงานของ มณฑานติ และคณะ (2559) พบว่ากุ้งขาวแวนนาไม (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมสาหร่ายผักกาดทะเลระดับต่างๆ ให้ผลการเจริญเติบโต อัตรารอดตาย และอัตราประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยน เป็นเนื้อที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ EL-Deek and Brikaa (2009) พบว่าสาหร่ายผักกาดทะเลเป็นแหล่งโปรตีนระดับกลางสำหรับการเลี้ยงลูกไก่ มีค่าพลังงานที่เผาผลาญได้เท่ากับ 3518 kcal/kg สาหร่ายเป็นแหล่งอาหารที่มีคุณค่าสำหรับการให้อาหารสัตว์ปีกและสามารถใช้เป็นสารยึดเกาะเม็ดในอาหาร มีโปรตีนและประสิทธิภาพการย่อยโปรตีนในอาหารไม่แตกต่างจากการใช้ปลาป่น และกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนหลัก อย่างไรก็ตาม การศึกษาถึงการใช้สาหร่ายผักกาดทะเล *U. rigida* เป็นแหล่งอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีข้อมูลน้อย ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้สาหร่ายผักกาดทะเลต่อการย่อยได้ของโภชนาการใช้ *In vitro* gas production technique

วิธีการศึกษา

งานทดลองครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ completely randomized design (CRD) โดยทำการศึกษาระดับของการใช้สาหร่ายผักกาดทะเลเป็น

แหล่งโปรตีนทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองในสูตรอาหารชั้นที่ระดับ 0% (T1), 33% (T2), 67% (T3) และ 100% (T4) โดยมีฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ อาหารชั้นมีระดับโปรตีนหยาบ 14% และพลังงาน 80% TDN สำหรับวัตถุดิบและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารชั้นเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี 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 (kinetics of gas production) ดัดแปลงวิธีการของ Menke and Steingass (1988) นำอาหารทดลองที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร มาชั่งและจดน้ำหนักที่แน่นอน แล้วบรรจุประมาณ 0.5 กรัม ลงในขวดแก้วขนาด 50 มิลลิลิตร ที่บรรจุของเหลวจากกระเพาะรูเมน (rumen fluid) จากโคเนื้อเจาะกระเพาะ แล้วมาผสมภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจนในขวดที่บรรจุอาหารทดลองขวดละ 40 มิลลิลิตร พร้อมทั้งปิดจุกยางและฝาครอบอะลูมิเนียมให้สนิท หลังจากนั้นนำตัวอย่างเข้าบ่มในตู้อบที่อุณหภูมิ 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 เพื่ออธิบายจลนพลศาสตร์ของการผลิตแก๊สตามแบบจำลองสมการของ Ørskov and McDonald (1979) ดังนี้

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

เมื่อ y = ผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้น ณ เวลา t, a = ส่วนที่ละลายได้ง่าย (มิลลิลิตร), b = ค่าปริมาณผลผลิต

แก๊สที่ผลิตได้(มิลลิลิตร) เป็นค่าที่บ่งบอกถึงศักยภาพในการย่อยสลายอาหาร, c = อัตราการเกิดแก๊ส มีหน่วยเป็น %/ชม., e = exponential, t = เวลาการเกิดแก๊ส

ศึกษาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*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)

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผลการทดลององค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของการเสริมสาหร่ายผักกาดทะเลที่ระดับต่างกัน ได้แก่ 0, 33, 67 และ 100% พบว่าองค์ประกอบทางเคมีเฉลี่ยดังนี้ วัตถุแห้ง (DM) 89.3%, อินทรีย์วัตถุ (OM) 93.9%, เถ้า (Ash) 6.1%, โปรตีนหยาบ (CP) 12.1%, ไขมัน (EE) 1.9%, ผนังเซลล์ (NDF) 19.9%, และเซลลูโลส-ลิกนิน (ADF) 15.9% DM

ผลของโปรตีนหยาบ (CP) ในการทดลองครั้งนี้มีค่าสูงกว่างานวิจัยของ Margarida et al. (2019) ซึ่งพบว่า ค่า CP ของสาหร่ายผักกาดทะเล *U.rigida* มีค่าอยู่ที่ 15.5% และ EE มีค่าใกล้เคียงอยู่ที่ 0.32% อย่างไรก็ตาม

ก็ตามค่า NDF และ ADF กลับมีค่าที่สูงกว่าอยู่ที่ 33.5 และ 13.2% ตามลำดับ

นอกจากนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Ratana-arporn and Chirapat (2006) พบว่าค่าโปรตีนในสาหร่ายผักกาดทะเล มีค่าสูงขึ้นเมื่อสาหร่ายมีอายุมากขึ้น โดยช่วง 4 สัปดาห์แรกมีโปรตีนเพียง 10.37-11.60% แต่มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 19.83-22.41% ประมาณช่วง 8 สัปดาห์ขึ้นไป ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนในสาหร่ายทะเลมีความแปรผันได้ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของสาหร่าย และฤดูกาล (Fleurence, 1999) ในทางตรงกันข้ามไขมันในสาหร่ายผักกาดทะเลพบว่าไขมันในช่วง 4 สัปดาห์แรก (2.36-2.78%) มีค่ามาก และมีค่าลดลงเป็น 0.25-0.30% เมื่อมีอายุ 8 สัปดาห์ ซึ่งใกล้เคียงกับผลวิเคราะห์สาหร่ายผักกาดทะเลในรายงานของ Cyrus et al. (2012) ที่มีสัดส่วนไขมัน 0.38% โปรตีน 18.31%

การผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลอง

จากการศึกษาการผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลองดังแสดงใน Table 2 และ Figures 1 พบว่าการใช้สาหร่ายผักกาดทะเลเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนการใช้กากถั่วเหลืองที่ระดับการทดแทนที่ 0, 33, 67 และ 100% พบว่าผลผลิตแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายส่วนที่ละลายน้ำได้ง่าย (a) มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นโค้งกำลังสอง (quadratically) ($P < 0.05$) โดยระดับการทดแทนที่ 100% มีค่าสูงที่สุด อยู่ที่ -3.52 ค่าผลผลิตแก๊สจากส่วนที่ไม่ละลายน้ำ (b), ค่าศักยภาพการย่อยสลายได้ (a+b) และปริมาณการผลิตแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (linearly) ($P < 0.01$) โดยระดับการทดแทนที่ 67% มีค่าสูงสุดมีค่าเท่ากับ 78.35, 73.46 และ 71.66 ตามลำดับ ในขณะที่ค่าอัตราการผลิตแก๊ส (c) มีค่าเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (linearly) ($P < 0.01$) โดยระดับการทดแทนที่ 0% มีค่าสูงที่สุดอยู่ที่ 0.071 จากผลการทดลองนี้แตกต่างจากการรายงานของ Margarida et al. (2019) กล่าวหาเมื่อทำ

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

Item (DM), %	Substitution level				Seaweed (<i>U. rigida</i>)	Rice Straw
	0%	33%	67%	100%		
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		
Seaweed (<i>Ulva rigida</i>)	0.0	4.9	10.1	15.0		
Urea	0.6	1.0	1.4	1.8		
Molasses	2.9	2.5	2.1	1.7		
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 (DM), %						
Dry matter	89.5	89.4	89.4	88.8	85.9	90.1
	-----%DM-----					
Organic matter	93.6	93.7	94.0	94.2	96.5	82.5
Ash	6.4	6.3	6.0	5.8	17.3	17.5
Crude protein	12.1	12.1	12.0	12.1	22.2	2.8
Ether extract	2.1	2.0	1.8	1.7	0.2	77.5
Neutral detergent fiber	19.0	19.6	20.2	20.7	14.2	61.3
Acid detergent fiber	15.5	15.7	16.0	16.6	15.4	1.2

การเสริมสาหร่ายทะเลทั้ง 3 สายพันธุ์ (*Ulva rigida*, *Gracilaria vermiculophylla* และ *Saccharina latissimi*) ในปริมาณ 25% ร่วมกับอาหารผสมครบส่วน (total mixed ration, TMR) 75% พบว่าการเสริมสาหร่ายไปมีผลต่อการผลิตแก๊สและแก๊สมีเทน ซึ่งในการทดลองครั้งนี้พบว่าการทดแทน *U. rigida* ที่ระดับการทดแทน 67% ส่งผลต่อการผลิตแก๊สที่สูง เนื่องมาจากกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายส่วนที่ย่อยได้จากในกลุ่ม cellulolytic bacteria ที่เข้าย่อยส่วนของ Polysaccharides ซึ่งพบในปริมาณที่สูง ใน *U. rigida* (Kent et al., 2015) จึงทำให้มีแก๊สปริมาณที่สูงขึ้น

นอกจากนี้ค่าการย่อยสลายได้ในหลอดทดลอง พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบ (IVDMD) เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง (linearly) โดยระดับการทดแทนที่ 67% มีค่าสูงที่สุด ($P < 0.01$) อยู่ที่ 68.37% ในขณะที่ค่าการย่อยสลายได้ในหลอดทดลองของอินทรีย์วัตถุ (IVOMD) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) อย่างไรก็ตามการเพิ่มระดับการทดแทนสาหร่ายที่ระดับ 0, 33 และ 67% ทำให้มีแนวโน้มการเพิ่มของค่า IVOMD เพิ่มขึ้นอยู่ที่ 72.05, 72.06 และ 72.71% ตามลำดับ Margarida et al. (2019) พบว่าการเสริม *U. rigida* เพิ่มความสามารถในการย่อยได้ของ DM และ OM สอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ ที่พบว่าการเสริม

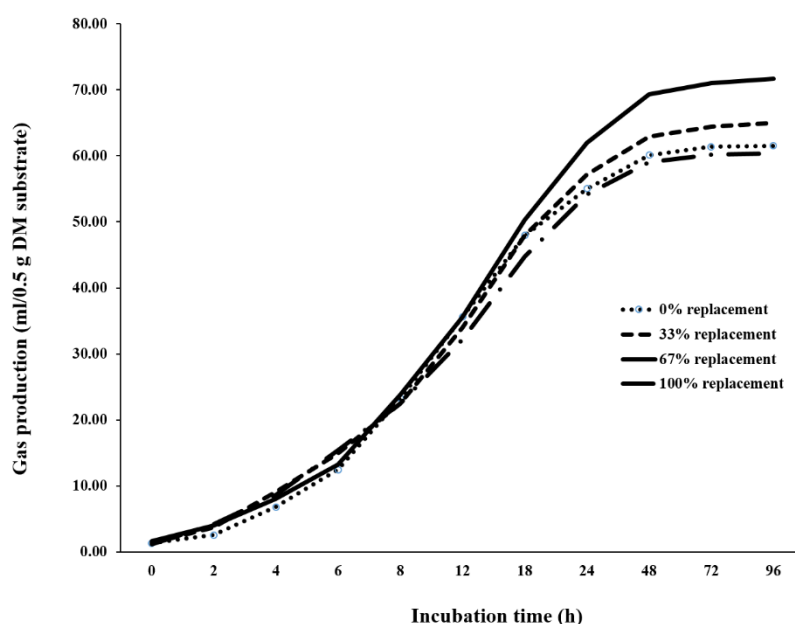
Table 2 Effect of replacement of soybean meal by *Ulva rigida* on gas production kinetic and degradability from *in vitro* incubation with rumen fluid.

Replacement levels ¹	Gas kinetics ²				Gas (96 h) mL/0.5 g DM substrate	<i>In vitro</i> ³ Degradability (%)	
	a	b	c	a+b		IVDMD	IVOMD
0%	-5.35 ^c	68.43 ^{cb}	0.071 ^a	63.07 ^b	61.53 ^b	66.67 ^b	72.05 ^a
33%	-4.17 ^{ba}	70.52 ^b	0.066 ^b	66.34 ^b	65.00 ^b	67.11 ^b	72.06 ^a
67%	-4.89 ^{bc}	78.35 ^a	0.061 ^c	73.46 ^a	71.66 ^a	68.37 ^a	72.71 ^a
100%	-3.52 ^a	65.64 ^c	0.068 ^{ba}	62.12 ^b	60.36 ^b	65.37 ^c	70.48 ^b
SEM	0.329	1.259	0.0012	1.272	1.513	0.138	0.229
Orthogonal polynomial							
linear	ns	**	**	**	**	**	ns
quadratic	*	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. ¹Replacement of soybean meal by *Ulva rigida* levels.

²IVDMD= *In vitro* dry matter degradability, IVOMD= *In vitro* organic matter degradability.

³a= 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 (b), a+ b = The gas potential extent of gas production.

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

U.rigida ที่ 67% ส่งผลต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบในหลอดทดลอง (68.37%) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก *U.rigida* ประกอบด้วยสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ แร่ธาตุ วิตามิน และ โปรตีน (Macartain et al., 2007) ส่งผลให้จุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ย่อยเยื่อใย เช่น Cellulolytic bacteria และ Fibrolytic bacteria สามารถเจริญเติบโตหรือเพิ่มจำนวนได้ ส่งผลต่อการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

สรุป

จากการทดลองครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า b, a+b, ปริมาณการผลิตแก๊สสะสมที่ 96 ชั่วโมง และค่าการย่อยได้ IVDMD อย่างไรก็ดีตามการศึกษาผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองโดยใช้สาหร่ายผักกาดทะเล ในสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีข้อมูลอยู่น้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในสัตว์

กิตติกรรมประกาศ

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

เอกสารอ้างอิง

กรมปศุสัตว์, 2553ก ; 2553ข. การผลิตโคเนื้อในประเทศไทย แหล่งที่มา : https://research.psu.ac.th/files/res_che2553/resche_files/529_CUnit1.pdf, 8 กันยายน 2562.

มนทกานติ ท้ามตัน ชัชวาลิ ชัยศรี ประพัฒน์ กอสวัสดิ์พัฒน์ จีรัตน์ เกื้อแก้ว และนงา ไส้ทองคำ. 2559. คุณค่าทางโภชนาการของสาหร่ายผักกาดทะเล (*Ulva rigida*) และการประยุกต์ใช้เป็นวัตถุดิบในอาหารกุ้งขาว แวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931).

สุวรรณ วรสิงห์. 2551. ผลของความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายผักกาดทะเล. ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี.

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

Cyrus, M.D., J. B. John, D. W. Lourens and M. M. Brett. 2012. The development of a formulated feed containing *Ulva* (Chlorophyta) to promote rapid growth and enhanced production of high quality roe in the seaurchin *T. ripneustes gratilla* (Linnaeus). Aquaculture. 1-18.

El-Deek A.A., and M. A. Brikaa. 2009. Nutritional and Biological Evaluation of Marine Seaweed as a Feedstuff and as a Pellet Binder in Poultry Diet. Poultry Science 8 (9): 875-881.

Kent, M., H. M. Welladsen, A. and Y. Li. Mangott. 2015. Nutritional evaluation of Australian microalgae as potential human health supplements, PLoS One. 10e0118985.

Margarida, R.G. M., J. M. F. António, P. C. Paulo, and R. J. C. Ana. 2019. *In vitro* evaluation of macroalgae as unconventional ingredients in ruminant animal feeds. Algal Research. 40: 50-313.

- 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.
- 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.
- Tilley J.M.A. and Terry R.A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops *Currents/Journal of the British Grassland Society*. 18: 104-111.
- 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.
- Ratana-arporn, P. and Chirapart, A. 2006. Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. *Kasetsart Journal (Natural Science)*. 40: 75-83.
- Ray, B. 2006. Polysaccharides from *Enteromorpha compressa*: Isolation, purification and structural features. *Carbohydr. Polym.* 6: 408-416.
- SAS. 1998. User's Guide: Statistics. SAS Inst. Inc., Cary, NC.
- Steel, R.G.D. and Torrie J.H. 1980. Principles and Procedure of Statistics. New York: McGraw Hill Book Co.

