

องค์ประกอบทางเคมี จลนศาสตร์การผลิตแก๊ส และการย่อยได้ ของกากเมล็ดมะรุมหีบน้ำมันเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง

Chemical composition, kinetic of gas production, and digestibility of Moringa seed cake compared with soybean meal

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์^{1,2*}, เฉลิมพล เยื้องกลาง³, จิระวัลย์ โคตรศักดิ์³,
อภิชาติ หล่อเพชร² และ จีระพงศ์ รักประสูต⁴

Chaiyawan Wattanachant^{1,2*}, Chaermpoon Yuangklang³, Jiravan Khotsakdee³,
Apichat Loopachr² and Jeerapong Pakprasoot⁴

บทคัดย่อ: ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี (proximate composition) ผลผลิตแก๊สที่เกิดจากกระบวนการหมัก การย่อยได้ รวมทั้งค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของกากเมล็ดมะรุมอัดน้ำมันโดยเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง ผลการศึกษาพบว่า กากเมล็ดมะรุมมีเปอร์เซ็นต์โปรตีน อินทรีย์วัตถุ และไขมันสูงกว่ากากถั่วเหลือง เมื่อพิจารณาถึงจลนศาสตร์ของการผลิตแก๊ส พบว่ากากเมล็ดมะรุมมีปริมาตรของผลผลิตแก๊สจากส่วนที่ละลายได้ (a) ผลผลิตแก๊สในส่วนที่ย่อยสลายได้ (b) และมีศักยภาพในการผลิตแก๊ส (|a|+b) เท่ากับ -4.71, 115.28 และ 110.59 มล. ตามลำดับ ขณะที่กากถั่วเหลืองมีค่า a, b และ |a|+b เท่ากับ -2.90, 112.64 และ 109.74 มล. ตามลำดับ เมื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ และพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ พบว่ากากเมล็ดมะรุมมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (56.23 เปรียบเทียบกับ 54.92 %) และมีค่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (5.54 เปรียบเทียบกับ 4.99 เมกกะจูล/กก.ของวัตถุแห้ง) สูงกว่ากากถั่วเหลือง ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่ากากเมล็ดมะรุมหีบน้ำมันเป็นวัตถุดิบที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงและมีโอกาสที่นำมาใช้ทดแทนกากถั่วเหลืองในสูตรอาหารสัตว์ได้

คำสำคัญ: กากเมล็ดมะรุม, กากถั่วเหลือง, องค์ประกอบทางเคมี, การผลิตแก๊ส, การย่อยได้

¹ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ม.สงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

Department of Animal Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University (PSU), Songkhla 90112, Thailand

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก คณะทรัพยากรธรรมชาติ ม.สงขลานครินทร์ จ.สงขลา 90112

Small Ruminant Research and Development Center, Faculty of Natural Resources, PSU, Songkhla 90112, Thailand

³ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จ.นครราชสีมา 30000

Rajamangala University of Technology Isan, Nakornratchasina 30000, Thailand

⁴ โครงการโรงงานสกัดน้ำมันพืชและผลิตไบโอดีเซลครบวงจร มูลนิธิชัยพัฒนา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี

The Palm Oil Refining & Biodiesel Integrated Production Plant Project, Chaipatana Foundation, Petchaburi 88888, Thailand

* Corresponding email address: chai_tum@yahoo.com

ABSTRACT: Proximate composition, kinetic of gas production, organic matter digestibility, and metabolizable energy of Moringa seed cake (MSC) and soybean meal (SBM) were determined. From this study, MSC had higher protein, organic matter, and crude fat percentages than soybean meal. Considering the kinetic of gas production, MSC had -4.71 ml of gas production from immediately soluble fraction (a), 115.28 ml of gas production from the insoluble fraction (b), and 110.59 ml of potential of gas production ($|a|+b$), while SBM contained 2.90 ml, 112.64, and 109.74 ml of a, b, and $|a|+b$, respectively. When calculate the organic matter digestibility (IVOMD) and metabolizable energy (ME), it was indicated that MSC had slightly higher IVOMD percentage (56.23 % vs. 54.92 %) and ME (5.21 and 5.29 MJ ME/kg DM). From this preliminary study, it could be concluded that MSC had high nutritive value and could be substitute SBM in animal diet.

Keywords: Moringa seed cake, soybean meal, chemical composition, gas production, digestibility

บทนำ

มะรุม หรือ Moringa (*Moringa oleifera* Lam.) หรือ Horse Radish เป็นพืชในตระกูล Moringaceae ที่มีถิ่นกำเนิดในเอเชีย แอฟริกา และเขตร้อนของทวีปอเมริกา (Fahey, 2005) ส่วนต่างๆ ของมะรุมไม่ว่าจะเป็นใบ เปลือก ฝักอ่อน และเมล็ด นำมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งในรูปอาหารและสมุนไพร เพราะอุดมไปด้วยโปรตีนและกรดอะมิโนกลูตามิก แอสพาทิก และลูซีน กรดไขมันไม่อิ่มตัวสายสั้น สารต้านอนุมูลอิสระ วิตามิน และแร่ธาตุ (Makker and Becker, 1997; Gidamis et al., 2003; Olagbemide and Alikwe, 2014; Ruttarattanamongkol and Petrasch, 2015) ดังนั้น นอกจากทุกส่วนของมะรุม จะถูกนำมาใช้ประโยชน์ได้โดยมนุษย์แล้ว ยังสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์ได้ (Sultana et al., 2015) สำหรับการนำในส่วนของใบมะรุมและก้านเป็นอาหารสัตว์ในประเทศไทยนั้น Wattanachant et al. (2017) รายงานว่า ใบมะรุม ทั้งสายพันธุ์พื้นเมืองของไทยและสายพันธุ์อินเดีย มี วัตถุแห้ง 19.99-21.20 % โปรตีน 15.34-16.47 % ของวัตถุแห้ง ไขมัน 3.97-4.90 % ของวัตถุแห้ง ลิกโนเซลลูโลส (lignocellulose) หรือ ADF (acid detergent fiber) 27.36-29.39 % ของวัตถุแห้ง และมีพลังงานรวม (gross energy; GE) 17.62-17.98 เมกกะจูล/วัตถุแห้ง 1 กก. เมื่อนำเมล็ดมะรุมไปหีบเอาน้ำมันออกไปเหลือแต่กากแล้ว กากเมล็ดมะรุมยังมีปริมาณโปรตีนสูงถึง 32 ถึง 45 % และมีไขมัน 17 ถึง 38 % (Bridgemohan et al., 2014) รวมทั้งกากเมล็ดมะรุมยังมีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสายสั้นสูงถึง 75.3 % (Rahman et al., 2009) ดังนั้น กากเมล็ดมะรุมที่นำน้ำมันออกจึงมีศักยภาพที่ ถูกนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนทางเลือกเพื่อทดแทนกาก

ถั่วเหลือง (Soybean meal) และกากเมล็ดเรป (Rape seed meal) ในการผสมอาหารสัตว์ (Salem and Makkar, 2009; Alikwe et al., 2015)

เนื่องจากปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเมล็ดมะรุมเพื่อใช้ในการแพทย์แผนไทยมากขึ้น ทำให้กากเมล็ดมะรุมที่บ่มน้ำมันมีปริมาณมากขึ้น ซึ่งกากเมล็ดมะรุมนี้สามารถนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงสัตว์ได้ ดังรายละเอียดที่กล่าวไว้ในเบื้องต้น แต่เนื่องจากการศึกษาวิจัยในเรื่องคุณค่าทางโภชนาการและการย่อยได้ของกากเมล็ดมะรุมที่บ่มน้ำมันในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก ดังนั้นการศึกษารุ่นนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาเบื้องต้นถึงองค์ประกอบทางเคมี จลศาสตร์การผลิตแก๊ส การย่อยได้ของกากเมล็ดมะรุมสายพันธุ์อินเดียเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง ทั้งนี้เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป

วิธีการศึกษา

ตัวอย่าง และการเก็บข้อมูล

ใช้ตัวอย่างกากเมล็ดมะรุมสายพันธุ์อินเดีย (Indian Moringa; *Moringa oleifera* Lam.) ที่ผ่านการหีบน้ำมัน (Screw press extraction) (หีบทั้งเมล็ด) จากโครงการโรงงานสกัดน้ำมันพืชและผลิตไบโอดีเซลครบวงจร มูลนิธิชัยพัฒนา อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างที่ผลิตในเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 ส่วนตัวอย่างกากถั่วเหลืองที่นำมาศึกษาเปรียบเทียบกับตัวอย่างที่สั่งซื้อจากร้านขายอาหารสัตว์ในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ในเดือนมกราคม พ.ศ. 2561 โดยเก็บตัวอย่างไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -18๐ ซ. เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและจลศาสตร์

การผลิตแก๊ส (*in vitro* gas production technique) ต่อไป

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างกากเมล็ดมะรุมและกากถั่วเหลืองที่ห้องปฏิบัติการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ ม.สงขลานครินทร์ ดังนี้ วิเคราะห์หาปริมาณวัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไชมันรวม เยื่อใยรวม และเถ้า ตามวิธีการของ AOAC (2000) ที่ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และวิเคราะห์ค่าพลังงานรวมที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

การวิเคราะห์จุลนาศาสตร์ของการผลิตแก๊ส

วิเคราะห์จุลนาศาสตร์การผลิตแก๊สตามวิธีการของ Menke et al. (1979) ที่ห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ของเหลวจากกระเพาะหมัก (rumen fluid) ของแพะที่ได้รับใบกระถินหมักเป็นอาหารยาบร่วมกับอาหารข้นในสัดส่วน 60:40 โดยนำตัวอย่างกากเมล็ดมะรุมและกากถั่วเหลืองในปริมาณ 200 มก. ของวัตถุแห้ง ผสมกับของเหลวจากกระเพาะหมักในสัดส่วน 1:2 (v/v) จากนั้นปรับ pH ให้เป็นกลาง แล้วจึงนำไปวัดการผลิตแก๊สตามวิธีการของ Menke et al. (1979) บันทึกผลผลิตแก๊สในชั่วโมงที่ 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72, และชั่วโมงที่ 96 ของการบ่ม จากนั้นนำผลผลิตแก๊สรวม และจุลนาศาสตร์ของการผลิตแก๊สจากสมการของ rskov and McDonald (1979) ได้แก่ $Y = |a| + b[1 - e^{-ct}]$ เมื่อ a หมายถึง ปริมาณแก๊สที่ละลายในของเหลว (มล.) b หมายถึง ปริมาณผลผลิตแก๊สเหนือของเหลว หรือปริมาณแก๊ส ณ จุดสูงสุด (มล.) c หมายถึง อัตราการผลิตแก๊ส (มล./ชม.) และ t หมายถึง ระยะเวลาในการหมัก (ชม.) และวิเคราะห์หาการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* organic matter digestibility: IVOMD) คำนวณหาค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy; ME) โดยใช้สมการของ Menke et al. (1979) และคำนวณปริมาณกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) โดยใช้สมการของ Blummel et al. (1999) การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการศึกษาและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี

Table 1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากเมล็ดมะรุมหีบน้ำมันเปรียบเทียบกับกากถั่วเหลือง ทั้งนี้จากการวิเคราะห์พบว่า กากเมล็ดมะรุมอัดน้ำมันมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่ากากถั่วเหลือง (53.55 เปรียบเทียบกับ 46.82 % ของวัตถุแห้ง) นอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (93.44 เปรียบเทียบกับ 92.98 % ของวัตถุแห้ง) ไชมัน (6.44 เปรียบเทียบกับ 2.14 % ของวัตถุแห้ง) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (1.29 เปรียบเทียบกับ 0.69 % ของวัตถุแห้ง) และพลังงานรวม (21.16 เปรียบเทียบกับ 18.91 เมกกะจูล/กก. วัตถุแห้ง) สูงกว่ากากถั่วเหลือง

ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกับรายงานของ Salem and Makkar (2009) ที่นำเสนอว่า กากเมล็ดมะรุมมีโปรตีน (59.2 % และ 47.1 % ของวัตถุแห้ง) และอินทรีย์วัตถุ (94.2 % และ 90.4 % ของวัตถุแห้ง) สูงกว่ากากถั่วเหลือง อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมีของกากมะรุมมีความผันแปรไปตามลักษณะของเมล็ดที่นำไปสกัด เช่น เมล็ดมะรุมทั้งเมล็ด หรือเฉพาะเนื้อเมล็ด และวิธีการได้มาซึ่งน้ำมัน เช่น วิธีการหีบ หรือวิธีสกัด (Bridgemohan et al., 2014) แม้ว่าผลที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นว่ากากเมล็ดมะรุมเป็นวัตถุดิบคุณภาพดีและสามารถนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ได้ แต่ควรจะต้องศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องที่เกี่ยวข้องของสารพิษและการใช้ประโยชน์ของโภชนะของกากเมล็ดมะรุมด้วย

จุลนาศาสตร์ของการผลิตแก๊ส

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของผลผลิตแก๊สที่เกิดขึ้นในชั่วโมงที่ 0 ถึง 96 พบว่า ผลผลิตแก๊สของวัตถุดิบทั้งสองมีปริมาณใกล้เคียงกัน (Table 2 และ Figure 1) แม้ว่ากากเมล็ดมะรุมที่นำมาศึกษาครั้งนี้มีปริมาณเยื่อใยน้อยกว่ากากถั่วเหลืองประมาณ 2.19 % แต่ความแตกต่างดังกล่าวถือว่ามีความค่อนข้างต่ำ จึงไม่ทำให้ปริมาณของผลผลิตแก๊สในช่วงเวลาต่างๆ ของวัตถุดิบทั้งสองมีความแตกต่างกันเกินกว่า 2.5 มล.

Table 1 Chemical composition of defatted Moringa seed meal (MSC) and soybean meal (SBM)
(Mean±SD)

Items	MSC	SBM
Dry matter (%)	93.09±0.04	91.77±0.01
Organic matter (%DM)	93.44±0.02	92.98±0.03
Crude protein (%DM)	53.55±0.04	46.82±0.10
Ether extract or crude fat (%DM)	6.64±0.03	2.14±0.02
Crude fiber (%DM)	5.22±0.01	7.37±0.11
Ash (%DM)	6.56±0.02	7.02±0.04
Calcium (%DM)	0.13±0.01	0.37±0.02
Phosphorus (%DM)	1.29±0.02	0.69±0.43
Gross energy ((MJ kg ⁻¹ DM)	21.16±0.07	18.91±0.02

สำหรับค่าจลนศาสตร์ของการผลิตแก๊ส (Table 2) ผลผลิตแก๊สจากส่วนที่ละลายได้ (a) ของกากเมล็ดมะรุมมีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลืองประมาณ -2 มล. ซึ่งเห็นได้ว่าค่า a ของวัตถุดิบทั้งสองต่ำมาก (ติดลบ) แสดงว่ามีความสามารถละลายได้ดี สำหรับผลผลิตแก๊สในส่วนที่ย่อยสลายได้ (b) พบว่ากากเมล็ดมะรุมมีค่าสูงกว่ากากถั่วเหลืองเพียงเล็กน้อย (115.28 เปรียบเทียบกับ 112.64 มล.) อย่างไรก็ตาม พบว่าวัตถุดิบทั้งสองมีอัตราการผลิตแก๊ส (c) ศักยภาพในการผลิตแก๊ส (a+b) และประสิทธิภาพของการย่อยสลาย (ED) ใกล้เคียงกัน

สำหรับความสามารถในการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลอง (IVOMD) พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (ME) และกรดไขมันสายสั้น (Table 2) พบว่า กากเมล็ดมะรุมมีค่า IVOMD (เท่ากับ 56.23 % และ 54.92 %) และค่า ME (เท่ากับ 5.54 และ 4.66 เมกกะจูล ME/กก.ของวัตถุดิบแห้ง) สูงกว่ากากถั่วเหลือง ซึ่งค่า IVOMD ที่คำนวณได้ในการศึกษาครั้งนี้มีค่าต่ำกว่าผลการศึกษาของ Salem and Makkar (2009) ที่รายงานว่า กากเมล็ดมะรุมและกากถั่วเหลืองมีค่า IVOMD เฉลี่ยเท่ากับ 59.8 % และ 68.1 % มีค่า ME เฉลี่ยเท่ากับ 9.11 และ 7.61 เมกกะจูล/กก.ของวัตถุดิบแห้ง) การที่ค่าที่คำนวณได้ในการศึกษาครั้งนี้ต่ำกว่าอาจจะเป็นเพราะความแตกต่างด้านคุณภาพของเมล็ดมะรุมที่นำมาหีบ เทคนิคในการหีบน้ำมัน ส่วนปริมาณกรดไขมันสายสั้น จากการคำนวณ พบว่าวัตถุดิบทั้งสองตัวมีปริมาณกรดไขมันสายสั้นไม่แตกต่างกัน (0.46 และ 0.46 มิลลิโมล/วัตถุดิบ 0.2 กรัม ของวัตถุดิบแห้ง)

สรุปและข้อเสนอแนะ

กากเมล็ดมะรุมอัดน้ำมันเป็นวัตถุดิบโปรตีนสูงที่สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนกากถั่วเหลืองเพื่อผสมเป็นอาหารสัตว์ได้ ในกรณีของสัตว์เคี้ยวเอื้องกากเมล็ดมะรุมอัดน้ำมันมีศักยภาพในการย่อยได้สูงไม่ต่างจากกากถั่วเหลือง นอกจากนี้ ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในสัตว์สัตว์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องยิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม เนื่องจากปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันเมล็ดมะรุมยังอยู่ในวงจำกัด จึงอาจจะไม่คุ้มค่าที่จะนำกากเมล็ดมะรุมมาใช้ในเชิงพาณิชย์ แต่เนื่องจากอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันมะรุมในประเทศไทยเริ่มขยายตัว ดังนั้นกากเมล็ดมะรุมจึงเป็นวัตถุดิบโปรตีนทางเลือกที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ในอนาคต

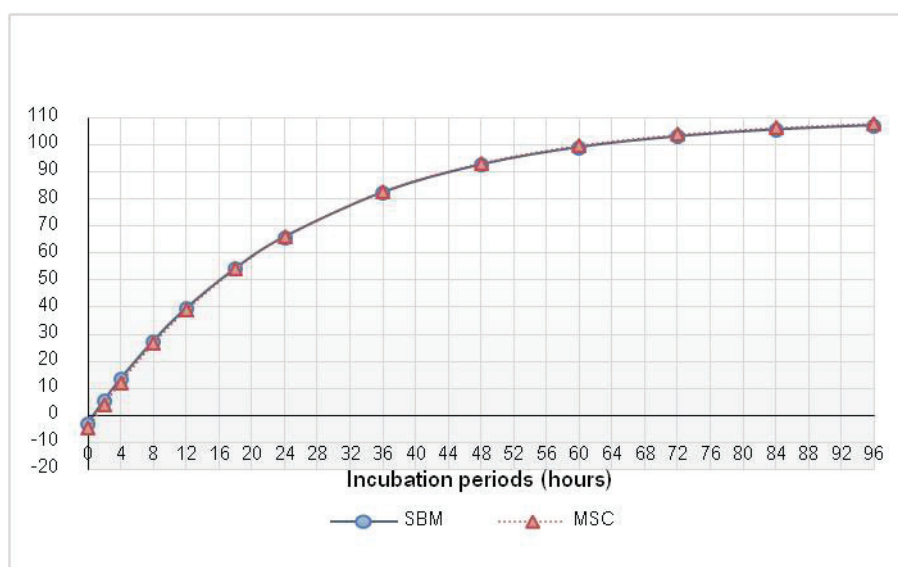
คำขอบคุณ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณโครงการโรงงานสกัดน้ำมันพืชและผลิตไบโอดีเซลครบวงจร มูลนิธิชัยพัฒนา หน่วยงานในสังกัดคณะทรัพยากรธรรมชาติ ม.สงขลานครินทร์ ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาสัตว์เคี้ยวเอื้องขนาดเล็ก ศูนย์ปฏิบัติการวิเคราะห์กลาง และภาควิชาสัตวศาสตร์ รวมทั้งขอขอบคุณห้องปฏิบัติการโภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง ม.เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่กรุณาให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้

Table 2 Gas production kinetics of defatted Moringa seed meal (MSC) and soybean meal (SBM)

Items	MSC	SBM
Gas production volume (ml/200 mg)		
0 hr	-4.63	-2.90
2 hr	4.16	5.63
4 hr	12.28	13.51
8 hr	26.70	27.52
12 hr	39.00	39.49
18 hr	54.15	54.25
24 hr	66.08	65.90
36 hr	82.91	82.37
48 hr	93.36	92.64
60 hr	99.86	99.05
72 hr	103.91	103.05
84 hr	106.42	105.55
96 hr	107.99	107.12
Gas production characteristics		
a ¹	-4.63±1.28	-2.90±2.24
b ²	115.28±4.84	112.64±5.71
c ³	0.04±0.00	0.04±0.00
$ a + b$ ⁴	110.59±5.27	109.74±6.59
ED ⁵	33.55±3.11	34.23±3.63
<i>In vitro</i> organic matter digestibility (IVOMD, %) ⁶	56.23±4.70	54.92±6.67
Metabolizable energy (ME, MJ kg ⁻¹ DM) ⁷	5.54±0.83	4.71±0.70
Short chain fatty acids (mmol/ 0.2g DM) ⁸	0.46±0.12	0.50±0.10

¹ a = the gas production from the immediately soluble fraction (ml); ² b = the gas production from the insoluble fraction (ml); ³ c = the gas production rate constant for the insoluble fraction b (h); ⁴ a+b = the potential gas production (ml); ⁵ effective degradability; ⁶ IVOMD (%) = $14.88 + 0.889GP + 0.45CP + 0.0651ash$; ⁷ ME = $1.06 + 0.157GP_{24h} + 0.0084CP + 0.022EE^2 - 0.0081ash$; ⁸ short chain fatty acids = $0.0222GP - 0.00245$

**Figure 1** In vitro gas production from MSC and SBM at vary incubation times.

เอกสารอ้างอิง

- Alikwe P.C.N, M., Okpeku and V.T. Nwakamma. 2015. Performance and carcass characteristics of (*Archarchatina marginata*) fed graded levels of roasted defatted *Moringa oleifera* seed meal as partial replacement for soya bean meal. *IOSR J. Agric. & Vet. Sci.* 8:69-73.
- AOAC. 2000. Official Methods of Analysis. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Arlington, VA.
- Blummel, M., K.P. Aiple, H. Steingass and K. Becker. 1999. A note on the stoichiometrical relationship of short chain fatty acid production and gas formation in vitro in feedstuffs of widely different quality. *J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr.* 81:157-167.
- Bridgemohan, P., R. Bridgemohan, and M. Mohamed. 2014. Chemical composition of a high protein animal supplement from *Moringa oleifera*. *African J. Food Sci. & Technol.* 5:125-128.
- Fahey, J.W. 2005. *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. Part 1. *Trees Life J.* 1, 5-19.
- Gidamis, A.B., J.T. Panga, S.V. Sarwatt, B.E. Chove, and Shayo N.B. 2003. Nutrients and anti-nutrient contents in raw and cooked leaves and mature pods of *Moringa oleifera* Lam. *Ecology of Food Nutr.*, 42:1-13.
- Makkar H.P.S. and K. Becker. 1997. Nutrients and anti-quality factors in different morphological parts of the *Moringa oleifera* tree. *J. Agric. Sci.* 128:311-322.
- Menke, K.H., L. Raab, A. Salewski, H. Steingass, D. Fritz, and W. Schneider. 1979. The estimation of the digestibility and metabolisable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. *J. Agric. Sci.* 93:217-222.
- Olagbemde, P.T. and P.C.N. Alikwe. 2014. Proximate analysis and chemical composition of raw and defatted *Moringa oleifera* kernel. *Adv. In Life Sci. & Tech.* 24:92-99.
- Orskov, E.R. and W.J. McDonald. 1979. Use of the nylon bag technique for protein and energy evaluation and for rumen environment studies in ruminants. *Livestock Research for Rural Development*, article number 3, <http://www.lrrd.org/lrrd9/1/orskov.htm>. Accessed 5 May 2017.
- Rahman M.M., Sheikh M.M.I., Sharmin S.A., Islam M.S., Rahman M.A., Rahman M.M. and Alam M.F. 2009. Antibacterial activity of leaf juice and extracts of *Moringa oleifera* Lam. against some human pathogenic bacteria. *Chiang Mai Univ. J. Nat. Sci.* 8:219-227.
- Ruttarattanamongkol, K. and A. Petrasch. 2015. Antimicrobial activities of *Moringa oleifera* seed and seed oil residue and oxidative stability of its cold pressed oil compared with extra virgin olive oil. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 37:587-594.
- Salem, H.B. and H.P.S. Makkar. 2009. Defatted *Moringa oleifera* seed meal as a feed additive. *Anim. Feed Sci. & Technol.* 150:27-33.
- Sultana, N., A.R. Alimon, K.S. Huque, M. Baba, and J. Hossain. 2015. Evaluation of *Moringa* foliage (*Moringa oleifera*) as goat feed. *Iranian J. Appl. Anim. Sci.* 5(4):865-871.
- Wattanachant, C., N. Rattanakosol, C. Yuangklang, and A. Loopachr. 2017. Chemical composition and in vitro gas production of the local Thai and India *Moringa* (*Moringa oleifera* Lam.) for ruminant. In Cherdthong, A., S. Foiklang, C. Mapato, R. Pilajun, S.C. Kang, and M. Wanapat eds.). *Proceedings of the 2nd International Conference on Animal Nutrition and Environment (ANI-NUE 2017) Volume II.* 1-4 November 2017. Pullman Raja Orchid Hotel, Khon Kaen, Thailand. P. 441-446.