

ผลของการเสริมสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์เพื่อลดก๊าซมีเทนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

สัญญาชัย คำจันทร์

สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการเสริมสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (CNSL) ต่อการลดปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากเอกสารวิชาการและอินเทอร์เน็ต จำนวน 9 ฉบับ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2541 ถึงปี พ.ศ. 2558 โดยมีการเสริม CNSL ในอาหารทั้งในรูปแบบของอัดเม็ด ของเหลว และแคปซูล ที่ระดับ 4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม ซึ่งพบการเสริม CNSL สามารถลดก๊าซมีเทนได้ และพบว่าการเสริมในรูปแบบของอัดเม็ดดีที่สุด เพราะสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้ดีที่สุด แต่อย่างไรก็ตามควรพิจารณาชนิดสัตว์ และอาหารที่ใช้เลี้ยงร่วมด้วย

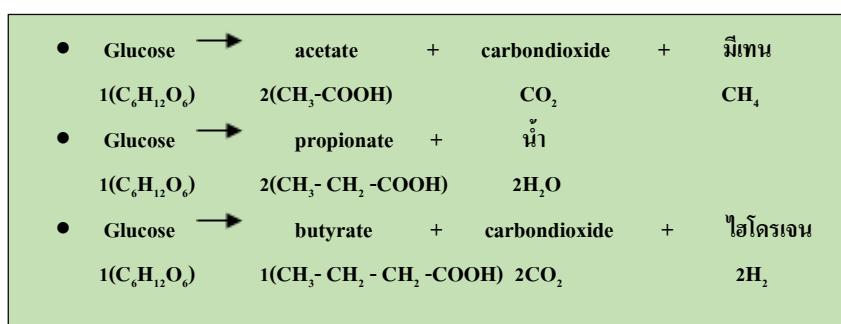
คำสำคัญ : สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ก๊าซมีเทน สัตว์เคี้ยวเอื้อง

บทนำ

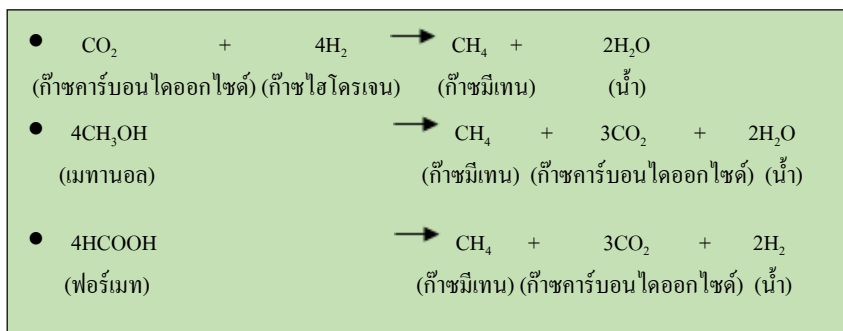
สภาวะโลกร้อน (global warming) คือ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่ทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากการที่มีก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases : GHG) ในบรรยากาศมากเกินไป ซึ่งมีทั้งก๊าซที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น เกิดจากการระเบิดของภูเขาไฟ การเผาผลาญถ่านหิน โรงงานอุตสาหกรรม การเผาไหม้ของซากพืชซากสัตว์ การเผาป่า เป็นต้น ซึ่งก๊าซเรือนกระจกที่สำคัญ ได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไนตรัสออกไซด์ (N_2O) ซึ่งก๊าซเหล่านี้ส่วนหนึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตทางการเกษตรประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ (ธีรพงศ์ดี พลบำรุง, 2552) เช่น การปลูกข้าว การไถเตรียมดิน และการผลิตปศุสัตว์ โดยการทำการเกษตรด้านปศุสัตว์พบว่าทำให้เกิดสภาวะเรือนกระจกมากถึง 51 เปอร์เซ็นต์ของการทำการเกษตร (Goodland and Anhang, 2009 อ้างโดย อนุสรณ์ เชิดทอง, 2555) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากในกระเพาะหมัก (rumen) ของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีการหมักย่อยสารอาหารซึ่งเกิดจากการย่อยของจุลินทรีย์ที่สามารถเปลี่ยนสารอาหารให้เป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย (volatile fatty acid:VFA) ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) และกรดบิวทีริก (butyric acid) ซึ่งนอกจากได้ VFA แล้วการย่อยสารอาหารของจุลินทรีย์ยังได้ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซไฮโดรเจน (H_2) ซึ่งก๊าซที่เกิดขึ้นเหล่านี้เป็นผลผลิตที่สัตว์เคี้ยวเอื้องไม่ต้องการทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องปล่อยก๊าซมีเทนเข้าสู่ชั้นบรรยากาศโดยการเรอ (สุริยะ สะวานนท์, 2556) ในงานวิจัยของ กนกวรรณ กองพิธิ และกฤตพล สมมาตรย์, 2011 อ้างโดย เอกพันธ์ กาญจนสาธิต และคณะ, 2556 กล่าวว่าโคเนื้อพื้นเมืองไทยมีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนเฉลี่ย 144.82-190.31 ลิตรต่อวัน พลังงานที่สูญเสียในรูปก๊าซมีเทนมีค่า 5.72-7.52 เมกะจูลต่อวัน และจากข้อมูลของ FAO ที่คาดการณ์ไว้ว่าจำนวนประชากรโลกอาจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็น 9 พันล้านคน ภายในปี พ.ศ.2593 ซึ่งจะทำให้ความต้องการอาหารเพิ่มขึ้นอีก 70 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และทำให้ผลกระทบจากการปลดปล่อยก๊าซมีเทนที่เกิดจากสัตว์เคี้ยวเอื้องทวีความรุนแรงมากขึ้นด้วย ดังนั้นจึงมีนักวิจัยได้หาแนวทางในการลดก๊าซมีเทนในการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ลดการปลูกและไถปลูกพืชอาหารสัตว์ใหม่ เลี้ยงสัตว์โดยเสริมอาหารขึ้นการเสริมไขมันและการคัดเลือกพันธุ์ (ธีรพงศ์ดี พลบำรุง, 2552) และการใช้สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (Cashew nut shell liquid:CNSL) ก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่นักวิจัยคาดว่าสามารถลดการผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ ดังนั้นการทำสัมมนาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริมสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ต่อการลดปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับผู้สนใจจะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

ก๊าซมีเทนจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง

โดยปกติระบบย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง อาศัยเอนไซม์จาก แบคทีเรีย โปรโตซัว และเชื้อรา ที่อาศัยอยู่ในกระเพาะรูเมน (rumen) เพื่อย่อยแป้ง น้ำตาล เยื่อใย โปรตีน ไขมัน และสารอาหารอื่นๆ เมื่อจุลินทรีย์ทำการย่อยอาหารแล้ว จะผลิตกรดไขมันระเหยง่าย (VFA) และดูดซึมโดยเนื้อเยื่อของกระเพาะรูเมน เพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งงานหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่ง VFA ที่ผลิตได้คือ acetic acid propionic acid และ butyric acids โดยการผลิต VFA แต่ละชนิดผลผลิตสุดท้ายที่ได้จะแตกต่างกันโดยกลูโคส 1 โมล ถูกเปลี่ยนกรดไพรูวิกได้อีก 2 โมล ส่วนการเปลี่ยนเป็นกรดอะซิติกได้ 2 โมลทำให้ได้ CO_2 และ CH_4 และการเปลี่ยนเป็นกรดบิวทิริกนั้นจะได้ 1 โมล และได้ CO_2 และ H_2 แสดงในภาพที่ 1 นอกจากการเปลี่ยนอาหารให้เป็นกรดอะซิติกทำให้ได้มีเทนแล้ว ยังมีจุลินทรีย์ในกลุ่ม methanogens ที่สามารถผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) ได้ โดยการนำผลผลิตที่ได้จากการย่อยของจุลินทรีย์ในกลุ่มย่อยเยื่อใย กลุ่มที่ย่อยโปรตีนและกลุ่มที่ย่อยไขมันคือ CO_2 และ H_2 ซึ่งสามารถสร้างก๊าซมีเทนจากปฏิกิริยาระหว่าง CO_2 กับ H_2 เมทานอลและฟอร์มเมท แสดงในภาพที่ 2 (Ferry, 1995 อ้างโดย อนุสรณ์ เชิดทอง, 2555) กระบวนการหมักอาหารในกระเพาะรูเมนของจุลินทรีย์ถือเป็นแหล่งที่ผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) มากที่สุดสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงมีกลไกการขับก๊าซหรือการเรอ (ฉลอง วชิราภากร, 2541) ดังนั้นเพื่อลดก๊าซมีเทนจากกระบวนการทำงานของจุลินทรีย์จึงได้มีงานวิจัยการเสริมสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (CNSL) ที่คาดว่าสามารถลดก๊าซมีเทนจากสัตว์เคี้ยวเอื้องได้



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนกลูโคสเป็นกรดไขมันระเหยง่าย



ภาพที่ 2 ปฏิกริยาการเกิดก๊าซมีเทน (CH_4)

สารสกัดจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์

มะม่วงหิมพานต์ (Cashew nut) เป็นไม้ยืนต้นในวงศ์ *Anacardiaceae* เป็นพืชพื้นเมืองของประเทศบราซิล ปัจจุบันมีการปลูกกระจายไปทั่วภูมิภาคที่อยู่ในเขตร้อน ซึ่งถือพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่ได้รับการส่งเสริมให้เป็นพืชอุตสาหกรรม โดยมีแหล่งปลูกดั้งเดิมในภาคใต้และขยายการปลูกอย่างกว้างขวางไปยังภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคตะวันออก จังหวัดที่เป็นแหล่งปลูกที่สำคัญ คือ ระนอง ชลบุรี อุบลราชธานี พังงา ปัตตานี และระยอง (พนม เกิดแสง, 2555) เปลือกหุ้มเมล็ด (Cashew nut shell) มีลักษณะหนาและแข็ง เนื้อข้างในสามารถรับประทานได้ ส่วนเปลือกที่เหลือสามารถนำไปสกัดเป็นน้ำมันที่เรียกว่า “Cashew Nut Shell Oil” หรือ “Cashew Nut Shell Liquid” ซึ่งมักใช้คำย่อว่า CNSL (สุวรรณ อำเฟือก ยุติ แก้วมณี และราชนย์ เพชรประสงค์, ม.ป.ป.) ซึ่ง CNSL มีสารประเภท Phenol เป็นองค์ประกอบหลัก ได้แก่ cardanol cardol anacardic acid และ 6-methyl cardol ทำให้สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (CNSL) เป็นสารสกัดที่มีศักยภาพสูงในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตก๊าซมีเทนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร anacardic acid ที่มีสมบัติในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวกได้ (Gram positive bacteria) (Kubo et al., 1993 อ้างโดย Shinkai et al., 2012) แต่ถ้าสกัด CNSL โดยผ่านความร้อน (คั่ว) จะทำให้มี anacardic acid เพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย เนื่องจากระหว่างกระบวนการคั่วเกิดปฏิกิริยา decarboxylation ซึ่งส่งผลให้ anacardic acid เปลี่ยนรูปเป็น cardanol ประสิทธิภาพในการยับยั้งแบคทีเรียจึงลดลงด้วย (Tyman et al., 1978 อ้างโดย Branco et al., 2015) นอกจากนี้สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (CNSL) สามารถเพิ่มการสร้างกรดโพรพิโอนิก ถึง 44 เปอร์เซ็นต์ และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (Watanabe et al., 2010 อ้างโดย สุริยะ สะวานนท์, 2555) การเพิ่มขึ้นของกรดโพรพิโอนิกจะแปรผกผันกับปริมาณกรดอะซิติก (Acetic acid) กล่าวคือเมื่อกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้นกรดอะซิติกจะลดลง ทำให้สามารถลด

การปลดปล่อยก๊าซมีเทนได้ถึง 19-38 เปอร์เซ็นต์ (สุริยะ สะวานนท์, 2556) เนื่องจากกรดอะซิติกเป็นสารตั้งต้นในสร้าง CO₂ และ H₂ ซึ่งทำให้จุลินทรีย์ในกลุ่ม methanogens นำไปสังเคราะห์ก๊าซมีเทน

ตารางที่ 1 แสดงผลการ CNSL อัดเม็ดร่วมกับการให้อาหาร TMR ต่อการผลิตก๊าซมีเทน (CH₄) ในโคนม (Shinkai *et al*, 2012)

Item	การทดลองที่1				การทดลองที่2			
	control	CNSL	SEM	P-value	control	CNSL	SEM	P-value
Methane, L/kg of DMI	44.8 ^a	27.7 ^b	3.803	0.046	38.3 ^x	30.9 ^y	1.696	0.037
	(100)	(61.7)			(100)	(80.7)		
Methane, L/kg of DM apparently digested	59.3	38.4	5.259	0.058	54.1 ^x	42.4 ^y	0.935	0.011
	(100)	(64.7)			(100)	(78.4)		
Methane, L/kg of OM apparently digested	61.4	39.7	5.576	0.060	55.5 ^x	43.7 ^y	1.806	0.023
	(100)	(64.6)			(100)	(78.7)		

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างชนิดกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ P< 0.05

อาหารพื้นฐาน (Basal diet) ประกอบด้วย หญ้าแห้ง (Timothy hay) และอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 18.5% ในสัดส่วน 60:40

การทดลองที่ 1 : การเสริม CNSL 60 % และผงซิลิกา 40% อัดเม็ด

การทดลองที่ 2 : CNSL 22.0% + ถั่วอัลฟัลฟา 44.1% + รำสัคน้ำมัน 20.0% + ผงซิลิกา 11.3% + กากน้ำตาลจากอ้อย 3.0% และแป้งมันสำปะหลัง 2.4% อัดเม็ด

ให้ CNSL 4 กรัม /100 กิโลกรัม / น้ำหนักตัว / วัน

จากตาราง พบว่า การทดลองที่ 1 การเสริม CNSL อัดเม็ดสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้แต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้เสริม เมื่อวัดในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัมการย่อยได้ของวัตถุดิบ และลิตรต่อกิโลกรัมการย่อยได้อินทรีย์วัตถุแห้ง แต่สามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้เมื่อวัดในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัมการกินได้ของวัตถุดิบ และในการทดลองที่ 2 การเสริม CNSL อัดเม็ดสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม ($P<0.05$) ทั้งในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัมการกินได้ของวัตถุดิบ ในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัมการย่อยได้ของวัตถุดิบ และลิตรต่อกิโลกรัมของการย่อยได้อินทรีย์วัตถุแห้ง ทั้งนี้การทดลองที่ 2 สามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้ดีกว่าการทดลองที่ 1 เพราะในการทดลองที่ 2 เสริมด้วย CNSL อัดเม็ด ที่มีส่วนผสมของถั่วอัลฟัลฟา รำสัคน้ำมัน กากน้ำตาลจากอ้อย และแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณเชื้อยีสต์ จึงทำให้มีการย่อยได้สูงและมีอัตราการ

ไหลผ่านออกจากกระเพาะรูเมนเร็วขึ้นก๊าซมีเทนจึงเกิดน้อย การเสริม CNSL อัดเม็ด ยังมีผลต่ออัตราส่วนของโมเลกุลของกรดไขมันที่ระเหยง่าย (VFA) ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการเสริม CNSL อัดเม็ดร่วมกับการให้อาหาร TMR ต่อกรดไขมันที่ระเหยง่าย (VFA) ในโคนม (Shinkai et al.2012)

Item	การทดลองที่1				การทดลองที่2			
	control	CNSL	SEM	P-value	control	CNSL	SEM	P-value
Acetate, molar %	74.0 ^a	59.9 ^b	3.210	0.048	74.3 ^x	62.8 ^y	0.946	0.007
Propionate, molar %	12.2	22.9	3.569	0.095	14.5 ^x	20.5 ^y	1.009	0.027
Butyrate, molar %	10.1	10.5	0.25	0.227	9.7	15.0	1.485	0.071

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างชนิดกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $P < 0.05$

อาหารพื้นฐาน (Basal diet) ประกอบด้วย หญ้าแห้ง (Timothy hay) และอาหารข้นที่มีโปรตีนรวม 18.5% ในสัดส่วน 60:40

การทดลองที่ 1 : การเสริม CNSL 60 % และผงซิลิกา 40% อัดเม็ด

การทดลองที่ 2 : CNSL 22.0% + ถั่วอัลฟัลฟา 44.1% + รำสัคน้ำมัน 20.0% + ผงซิลิกา 11.3% + กรดน้ำตาลจากอ้อย 3.0% และแป้งมันสำปะหลัง 2.4% อัดเม็ด

ให้ CNSL 4 กรัม /100 กิโลกรัม / น้ำหนักตัว / วัน

จากตารางที่ 2 พบว่า สัดส่วนโมเลกุลของ acetate ในการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2 ที่เสริม CNSL อัดเม็ด มีสัดส่วนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม ($P < 0.05$) ในขณะที่สัดส่วนของโมเลกุล propionate ในการทดลองที่ 1 ทำให้สัดส่วนของ propionate ลดลงแต่ไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่เสริม และการทดลองที่ 2 มีสัดส่วนของโมเลกุลของ propionate เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม ($P < 0.05$) จะเห็นได้ว่าการเสริม CNSL อัดเม็ดมีผลต่อสัดส่วนของ acetate และ propionate ซึ่งสัดส่วนของ acetate และ propionate มีความสัมพันธ์กับปริมาณก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยที่การสังเคราะห์กรดอะซิติกจะแปรผันตามปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้น ในทางกลับกันหากมีการสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิคมากขึ้นส่งผลให้ปริมาณก๊าซมีเทนลดลง

ตารางที่ 3 แสดงผลการเสริมด้วย CNSL เหลว ร่วมกับการให้อาหาร TMR ต่อการผลิตก๊าซมีเทนในโคพื้นเมือง และกระบือปลัก (เอกพันธ์ กาญจนสาริต และคณะ, 2556)

การผลิตก๊าซ (ml)	โคพื้นเมือง			กระบือปลัก		
	control	CNSL1	CNSL2	control	CNSL1	CNSL1
ก๊าซทั้งหมด	7.28 ^a	5.20 ^b	4.80 ^b	7.92 ^a	4.86 ^b	3.27 ^b
คาร์บอนไดออกไซด์	5.99 ^a	4.43 ^b	4.18 ^c	6.43 ^a	4.24 ^b	2.80 ^b
มีเทน	1.29 ^a	0.76 ^b	0.61 ^b	1.48 ^a	0.60 ^b	0.40 ^b
ไฮโดรเจน	0.006	0.01	0.01	0.005	0.016	0.008

หมายเหตุ : ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างชนิดกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $P < 0.05$

เสริม CNSL เหลว 4 กรัมต่อน้ำหนักตัว 100 กิโลกรัม

CNSL1 คือ เสริม CNSL 14 วันแรก

CNSL2 คือ เสริม CNSL 14 วันหลัง

ก๊าซทั้งหมด (คาร์บอนไดออกไซด์+มีเทน+ไฮโดรเจน)

โคพื้นเมืองให้อาหารหยาบ(ฟางข้าว)และอาหารข้น ในอัตราส่วน 6:1 (กิโลกรัม) โดยเสริม CNSL เหลว 4 กรัมต่อน้ำหนัก 100 กิโลกรัม

กระบือปลักให้อาหารหยาบ(ฟางข้าว)และอาหารข้น ในอัตราส่วน 7:1 (กิโลกรัม) โดยเสริม CNSL เหลว 4 กรัมต่อน้ำหนัก 100 กิโลกรัม

จากตารางที่ 3 พบว่า การเสริม CNSL เหลว ทั้งในโคพื้นเมือง และกระบือปลัก ทั้ง 2 ระยะสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่เสริม ($P < 0.05$) ทั้งนี้การที่โคพื้นเมืองและกระบือปลักสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้เหมือนกัน อาจเป็นเพราะระบบการย่อยของโคพื้นเมือง และกระบือปลักเหมือนกัน และการเสริม CNSL เหลวในระดับที่เท่ากัน จึงทำให้สามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้เหมือนกัน

ตารางที่ 4 แสดงผลการเสริม CNSL และ TCNSL ร่วมกับการให้อาหารTMRต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน (CH₄) ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Item	Control	ENP	TCNSL	ENP+CNSL	SEM	P-value	อ้างอิงโดย
Methane							Zaiat <i>et al.</i> , 2014
L/d	27.50 ^a	18.27 ^b	-	20.54 ^{ab}	2.363	0.05	
L/kg BW ^{0.75}	2.04 ^a	1.37 ^b	-	1.53 ^{ab}	0.176	0.05	
L/kg DMI	28.57 ^a	19.14 ^b	-	19.53 ^b	2.178	0.02	
g/kg of DMI	20.2	-	18.6	-	1.04	0.10	Branco <i>et al.</i> , 2015
g/kg of milk	13.6	-	12.7	-	1.28	0.21	
g/kg of ECM	15.0	-	13.9	-	0.58	0.11	

หมายเหตุ: ตัวเลขที่กำกับด้วยตัวอักษรต่างชนิดกันในแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ $P < 0.05$

Zaiat *et al.*, 2014 : ใช้แพะทดลอง , Branco *et al.*, 2015 ใช้โคนมทดลอง

ENP คือ ไนเตรทที่กักเก็บในรูปของแคลปซูล ที่ความเข้มข้น 4.5%(60.83% NO₃ของวัตถุแห้ง)

ENP+CNSL คือ การใช้ ENP 4.5% ร่วมกับการใช้สารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ 2.96% ของวัตถุแห้งที่กักเก็บในรูปแคลปซูล

TCNSL คือ สารสกัดจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการคั่ว (30 กรัมต่อวัน)

จากตารางที่ 4 พบว่า การเสริม ENP+CNSL ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม เมื่อวัดในหน่วยลิตรต่อวัน หน่วยลิตรต่อกิโลกรัมเมตาบอลิเคเวท แต่เมื่อวัดในหน่วยของลิตรต่อกิโลกรัมการกินได้ของวัตถุแห้งสามารถลดปริมาณการผลิตก๊าซมีเทนได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม ($P < 0.05$) ทั้งนี้การที่ทำให้การเสริม ENP+CNSL ทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้เสริมอาจเนื่องจากการเสริม ENP+CNSL ไนเตรทอาจจะเข้าไปดึงหมู่ไฮโดรเจนจากโครงสร้างของ anacardic acid เพื่อเปลี่ยนไนเตรทเป็นแอมโมเนีย ทำให้ anacardic acid เปลี่ยนโครงสร้างเป็น cardanol ทำให้การเสริม CNSL ไม่มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ กลุ่ม methanogen ในขณะที่จุลินทรีย์ในกลุ่ม methanogen ใช้ไฮโดรเจนเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตก๊าซมีเทนได้อย่างเต็มที่ จึงทำให้ปริมาณก๊าซมีเทนไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้เสริม และจากงานทดลองของ Branco *et al.*, 2015 พบว่า การเสริมการสกัด CNSL ที่ผ่านความร้อนหรือ TCNSL ไม่สามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้เสริม ไม่ว่าจะวัดในหน่วยของกรัมต่อกิโลกรัมปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง หรือกรัมต่อกิโลกรัมของผลผลิตนม หรือกรัมต่อกิโลกรัมของพลังงานในนม ซึ่งทำให้ผลการทดลองที่แตกต่างกัน เนื่องจาก Branco *et al.*, 2015 เสริมสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์

ที่ผ่านความร้อน หรือ TCNSL มี cardanol เป็นองค์ประกอบซึ่ง cardanol ไม่มีคุณสมบัติในการยับยั้งจุลินทรีย์ในกลุ่ม methanogen จึงทำให้ไม่ปริมาณก๊าซมีเทนไม่แตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ได้เสริม

สรุป

การเสริม CNSL ในอาหารทั้งในรูปอัดเม็ด ของเหลว และแคปซูล พบว่าการเสริมในรูปแคปซูลลดปริมาณก๊าซมีเทนได้ดีที่สุด เพราะสามารถลดปริมาณก๊าซมีเทนได้ทั้งในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัมการกินได้ของวัตถุดิบ ลิตรต่อกิโลกรัมการย่อยได้ของวัตถุดิบ และในหน่วยลิตรต่อกิโลกรัมการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุแห้ง และยังสามารลดการสังเคราะห์กรดอะซิติก และเพิ่มการสังเคราะห์กรดโพรพิโอนิก การเสริมสารบางอย่างร่วมกับ CNSL อาจทำให้ประสิทธิภาพในการยับยั้งจุลินทรีย์ที่สังเคราะห์ก๊าซมีเทนลดลง

เอกสารอ้างอิง

ฉลอง วชิราภกร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะ

เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 218 หน้า.

ธำรงค์ดี พลบำรุง. 2552. เทคนิคการผลิตสัตว์เพื่อลดสถานะโลกร้อน. กรุงเทพฯ: วารสาร สารสนเทศและธุรกิจ.

พนม เกิดแสง. 2555. การปลูกขยายพันธุ์มะม่วงหิมพานต์และการแปรรูป.

<http://pirun.ku.ac.th/~eatpnk/wRITING/mango.htm>. 10 พฤษภาคม.

สุวรรณ อำเฝือก ขวดี แก้วมณี และราชนย์ เพชรประสงค์. ม.ป.ป. ประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ (CNSL) ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้จากการเข้าทำลายของปลวกในลักษณะแบบไม่สัมผัสดิน.

<http://forprod.forest.go.th/forprod/PDF/3.%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%A1%E0%B8%B0%E0%B8%A1%E0%B9%88...pdf>. 15 พฤษภาคม.

สุริยะ สะวานนท์. 2556. การใช้สารสกัดจากเปลือกมะม่วงหิมพานต์เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ปลูกสัตว์เกษตรศาสตร์.

อนุสรณ์ เชิดทอง. 2555. แนวทางปัจจุบันสำหรับการลดการผลิตแก๊สมีเทนจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง. Khonkaenagr. J. 40 : 93-10

เอกพันธ์ กาญจนสาริต, Rokuya Onadera . Shuma Konda, ภูมิพงศ์ บุญแสน, สมพร ปุ่นโก้, สาธกา อินทะเวียง, อรรถวุฒิ ปลัดพรหม และ สุริยะ สะวานนท์. ผลของการเสริมสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ต่อการย่อยได้และการผลิตแก๊สในโคพื้นเมืองและกระบือปลัก. ว.วิทย์. กษ. 44 : 1 (พิเศษ) : 71-74 (2556)

- A. F. Branco, F. Giallongo, T. Frederick, H. Weeks, J. Oh, and A. N. Hristov. 2015. **Effect of technical cashew nut shell liquid on rumen methane emission and lactation performance of dairy cows.** J. Dairy Sci. 98:4030–4040. American Dairy Science Association.
- T. Shinkai, O. Enishi, M. Mitsumori, K. Higuchi, Y. Kobayashi, A. Takenaka, K. Nagashima, M. Mochizuki, and Y. Kobayashi. 2012. **Mitigation of methane production from cattle by feeding cashew nut shell liquid.** J. Dairy Sci. 95:5308–5316.