

ผลของการเสริม 3-nitrooxypropanol ในอาหารต่อการลดแก๊สมีเทน และประสิทธิภาพการผลิตของโคนม
(The Effect of 3-nitrooxypropanol on Methane Reduce Emission and Production
Performance in Dairy Cows)

พริษฐ์ญา ตองแสง

Parityada Thongsaeng

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในต้นเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน (CH_4) โดยเฉพาะโคที่สามารถปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากกระบวนการย่อยอาหารได้ โดยคิดเป็น 30% ของปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์ สัมมนาฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารต่อการลดปริมาณแก๊สมีเทน และประสิทธิภาพการผลิตโคนม โดยรวบรวมและศึกษาเอกสารวิชาการจำนวน 3 ฉบับ ตั้งแต่ปี พ.ศ 2558-2563 ซึ่งมีการเสริม 3-NOP ในอาหารที่ระดับ 40-200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร พบว่าการเสริม 3-NOP ในอาหารที่ระดับ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร ส่งผลทำให้แก๊สมีเทนลดลงจากกลุ่มที่ไม่ได้เสริม แต่ไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และน้ำตาลแลคโตส แต่พบว่าการเสริม 3-NOP ในอาหารที่ระดับ 40, 80, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร ไม่ส่งผลต่อแก๊สมีเทน ปริมาณผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าไม่ควรเสริม 3-NOP ในอาหารโคนมเนื่องจากไม่ส่งผลต่อการลดแก๊สมีเทน ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมของโคนม

คำสำคัญ: 3-nitrooxypropanol แก๊สมีเทน ประสิทธิภาพการผลิต โคนม

บทนำ

สภาวะโลกร้อนเกิดจากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นทำให้เกิดสภาวะแก๊สเรือนกระจก (Greenhouse effect) ซึ่งเกิดจากการสะสมแก๊สเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศมากกว่าปกติ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของแก๊สเรือนกระจก จะทำให้โลกกักเก็บพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น แก๊สเรือนกระจกประกอบด้วย ไอน้ำ (H₂O) แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) โอโซน (O₃) มีเทน (CH₄) และไนตรัสออกไซด์ (N₂O) เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้เกิดจากปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ และกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่เป็นผู้กระทำ (ศูนย์ภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา, มปป.) โดยเฉพาะแก๊สมีเทน (CH₄) ที่เกิดจากระบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของจุลินทรีย์แบบไม่ใช้ออกซิเจน และการเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในต้นเหตุที่ส่งผลต่อการเกิดแก๊สมีเทน (CH₄) โดยเฉพาะโคที่สามารถปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากระบวนการหมักย่อยอาหารได้ โดยคิดเป็น 30 % ของปริมาณแก๊สเรือนกระจกจากภาคปศุสัตว์ทั้งหมด (Herrero et al., 2016) ปัจจุบันพบว่ามีการใช้สารเสริมในอาหารสัตว์เพื่อลดแก๊สมีเทน เช่น แทนนิน ซาโปนิน และสารประกอบสังเคราะห์ต่างๆ เช่น ไอโอโนฟอร์ ซึ่งสารเหล่านี้สามารถลดการปล่อยแก๊สมีเทนจากสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ (McAllister and Newbold, 2008; Martinet, 2010 อ้างโดย Reynolds et al., 2014) และยังมีสารประกอบที่น่าสนใจคือ 3-nitrooxypropanol (3-NOP) เป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงในการลดการปลดปล่อยแก๊สมีเทนจากระบวนการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนของโคนม โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ และประสิทธิภาพการผลิตของโค (จีระศักดิ์, 2567) จากผลการศึกษาของ Reynolds et al. (2014) พบว่าการการเสริม 3-NOP ในอาหารที่ระดับ 500 และ 2,500 มิลลิกรัมต่อวัน ในอาหารสามารถยับยั้งกลไกการผลิตแก๊สมีเทนได้ นอกจากนี้งานของ Romero-perez et al. (2015) รายงานว่าการเสริม 3-NOP ในอาหารโคเนื้อที่ระดับ 4.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหารส่งผลทำให้แก๊สมีเทนในลำไส้ในโคเนื้อลดลงโดยไม่ส่งผลเสียต่อระบบการย่อยอาหาร ดังนั้นจึงเป็นที่มาของการทำสัมมนาในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของการเสริม 3-NOP ในอาหารต่อการลดแก๊สมีเทน และประสิทธิภาพการผลิตของโคนม

3-nitrooxypropanol (3-NOP) มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลที่ละลายได้สูง และถูกเผาผลาญอย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมน โมเลกุล 3-NOP เป็นตัวช่วยยับยั้งกลไกการสร้างเอนไซม์ methyl-coenzyme M reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการสร้างแก๊สมีเทนของ *Methanogenic archaea* จึงทำให้กระบวนการสังเคราะห์แก๊สมีเทนไม่สมบูรณ์ (Melgar et al., 2020)

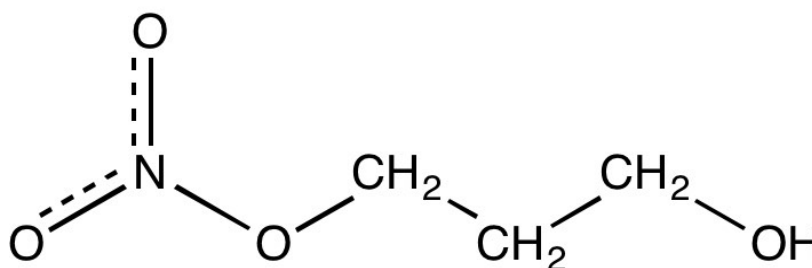


Figure 1 โครงสร้างของ 3-nitrooxypropanol

Source: <https://en.wikipedia.org/wiki/3-Nitrooxypropanol>

ผลการเสริม 3-nitrooxypropanol ต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนม

จากรายงานของ Hristov et al. (2015) เสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารโคนม โดยมีสูตรอาหารทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ สูตรที่หนึ่งอาหารที่ไม่เสริม 3-NOP (กลุ่มควบคุม) สูตรที่สองอาหารควบคุมที่เสริมด้วย 3-NOP ที่ระดับ 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร สูตรที่สามอาหารควบคุมที่เสริมด้วย 3-NOP ที่ระดับ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร สูตรที่สี่อาหารควบคุมที่เสริมด้วย 3-NOP ที่ระดับ 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร จากการทดลองพบว่า การเสริม 3-NOP ทุกระดับในสูตรอาหารไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และน้ำตาลแลคโตส ($P>0.05$) (Table 1)

Table 1. Effect of 3-nitrooxypropanol (3-NOP) on dry matter intake milk yield and milk composition of Holstein dairy cows.

Item	3-nitrooxypropanol				SEM
	Control	40-NOP	60-NOP	80-NOP	
Dry matter intake, kg/d	28.00	28.00	27.70	27.50	0.450
Milk yield, kg/d	46.10	46.40	45.90	43.60	1.210
Milk fat, %	4.08	3.98	4.02	4.25	0.123
Milk fat yield, kg/d	1.85	1.81	1.87	1.85	0.086
Milk true protein, %	3.06	3.14	3.12	3.13	0.033
Milk true protein yield, kg/d	1.37	1.46	1.45	1.33	0.042
Milk lactose, %	4.78	4.79	4.81	4.77	0.026
Milk lactose yield, kg/d	2.16	2.22	2.25	2.04	0.069

3-NOP = 3-nitrooxypropanol.

Source: Hristov et al. (2015)

ซึ่งสอดคล้องกับ Lopes et al. (2016) ทำการเสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารโคนม โดยมีสูตรอาหารทั้งหมด 2 สูตร ได้แก่ สูตรที่หนึ่งอาหารที่ไม่เสริม 3-NOP (กลุ่มควบคุม) สูตรที่สองอาหารควบคุมที่เสริมด้วย 3-NOP ที่ระดับ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร จากการทดลองพบว่า การเสริม 3-NOP ที่ระดับ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในอาหาร ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($P>0.05$) (Table 2) นอกจากนี้ยังไปในทิศทางเดียวกับ Melgar et al. (2020) เสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารโคนม โดยมีสูตรอาหารทั้งหมด 7 สูตร ได้แก่ อาหารที่เสริม 3-NOP ที่ระดับ 0, 40, 60, 80, 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร พบว่าการเสริม 3-NOP ทุกระดับในสูตรอาหารไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ ปริมาณผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน และน้ำตาลแลคโตส ($P>0.05$) (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากการเสริม 3-NOP ไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะ ได้แก่ การย่อยได้ของไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต (Hristov et al., 2015) ดังนั้นการเสริม 3-NOP จึงไม่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคนม สรุปการเสริม 3-NOP ไม่ส่งผลต่อปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบ องค์ประกอบน้ำนม และผลผลิตน้ำนมของโคนม

Table 2. Effect of 3-nitrooxypropanol (3-NOP) on DMI, milk production, and milk composition in lactating dairy cows.

Item	3-nitrooxypropanol		SEM	P-value
	Control	60-NOP		
DMI, kg/d	24.10	24.80	0.88	0.37
Milk yield kg/d	28.20	30.30	2.63	0.27
Milk fat, %	4.05	4.35	0.27	0.05
Milk fat, kg/d	1.13	1.32	0.10	0.08
Milk protein, %	3.56	3.58	0.13	0.80
Milk protein, kg/d	1.02	1.10	0.10	0.40
Milk lactose, %	4.74	4.73	0.12	0.80
Milk lactose, kg/d	1.33	1.46	0.15	0.17

3-NOP = 3-nitrooxypropanol.

DMI = Dry matter intake.

Source: Lopes et al. (2016)

Table 3. Effect of 3-nitrooxypropanol (3-NOP) on DMI, milk production, and milk composition in lactating dairy cows.

Item	3-nitrooxypropanol							SEM
	Control	40-NOP	60-NOP	80-NOP	100-NOP	150-NOP	200-NOP	
DMI, kg	25.30	26.00	25.20	24.40	24.00	24.20	23.30	1.120
Milk yield, kg	44.90	44.10	45.80	44.30	42.50	43.50	42.20	1.400
Milk fat, %	3.20	3.86	3.94	3.97	3.70	4.04	4.16	0.229
Milk fat yield, kg/d	1.37	1.54	1.83	1.67	1.60	1.64	1.95	0.131
Milk true protein, %	3.03	3.08	3.06	2.99	3.07	3.03	3.08	0.046
Milk true protein yield, kg/d	1.31	1.25	1.38	1.28	1.37	1.21	1.42	0.056
Milk lactose, %	4.84	4.83	4.82	4.84	4.83	4.88	4.77	0.046
Milk lactose yield, kg/d	2.10	1.93	2.18	2.03	2.13	2.00	2.22	0.056

3-NOP = 3-nitrooxypropanol.

DMI = Dry matter intake.

Source: Melgar et al. (2020)

ผลการเสริม 3-nitrooxypropanol ต่อผลผลิตแก๊สที่เกิดการหมักในกระเพาะรูเมน

จากรายงานของ Hristov et al. (2015) เสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารโคนม โดยมีอาหารทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ อาหารที่เสริม 3-NOP ที่ระดับ 0, 40, 60 และ 80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร พบว่าพบว่าการเสริม 3-NOP ทุกระดับไม่ส่งผลต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แก๊สมีเทน (CH₄) และแก๊สไฮโดรเจน (H₂) ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (P>0.05) (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Melgar et al. (2020) เสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารโคนม โดยมีสูตรอาหารทั้งหมด 7 สูตร ได้แก่ อาหารที่เสริม 3-NOP ที่ระดับ

0, 40, 60, 80, 100, 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร พบว่าการเสริม 3-NOP ทุกระดับในสูตรอาหารไม่ส่งผลต่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) แก๊สมีเทน (CH₄) และแก๊สไฮโดรเจน (H₂) ไม่แตกต่างจากอาหารกลุ่มควบคุม (P>0.05) (Table 6)

Table 4. Effect of 3-nitrooxypropanol (3-NOP) on rumen carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), and hydrogen (H₂) emissions in dairy cows.

Item	3-nitrooxypropanol				SEM
	Control	40-NOP	60-NOP	80-NOP	
CO ₂ , g/d	14,861	14,003	14,116	14,881	407.10
CH ₄ , g/d	481	363	333	319	15.90
CH ₄ , g/kg of DMI	17.20	12.50	11.80	12.20	0.60
CH ₄ , g/kg of ECM milk	12.00	8.70	7.90	8.30	0.48
H ₂ , g/d	0.02	0.48	0.96	1.27	0.12

3NOP = 3-nitrooxypropanol.

Based on energy-corrected milk (ECM) yield and dry matter intake (DMI) data during the gas measurement periods.

Source: Hristov et al. (2015)

ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Lopes et al. (2016) เสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารโคนม โดยมีสูตรอาหารทั้งหมด 2 สูตรได้แก่ สูตรที่หนึ่งอาหารที่ไม่เสริม 3-NOP (กลุ่มควบคุม) และสูตรที่สองอาหารควบคุมที่เสริมด้วย 3-NOP ที่ระดับ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในสูตรอาหาร จากการทดลองพบว่าการเสริม 3-NOP ที่ระดับ 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมในอาหารส่งผลกระทบท่ำทำให้ให้แก๊สไฮโดรเจน (H₂) เพิ่มขึ้นจากกลุ่มควบคุม (P<0.05) เนื่องจากปกติแล้วแก๊สไฮโดรเจนจะถูกดึงไปใช้ในกระบวนการสร้างแก๊สมีเทน เมื่อมีการเสริม 3-NOP ในอาหารของโคนมกระบวนการสร้างแก๊สมีเทนจะถูกขัดขวาง จึงทำให้เกิดการสะสมของแก๊สไฮโดรเจน (H₂) เพิ่มขึ้น (Romero-perez et al, 2014 อ้างโดย Lopes et al, 2016) และแก๊สมีเทนในกลุ่มที่เสริม 3-NOP ลดลงจากกลุ่มควบคุม (P<0.05) เนื่องจาก 3-NOP ที่มีโครงสร้างเป็นโมเลกุลที่ละลายได้สูงและถูกเผาผลาญอย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมนเป็นตัวช่วยยับยั้งกลไกการสังเคราะห์การทำงานของเอนไซม์ methyl- coenzyme M reductase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการสร้างแก๊สมีเทนของ *Methanogenic archaea* จึงทำให้กระบวนการสังเคราะห์แก๊สมีเทนไม่สมบูรณ์ และทำให้แก๊สมีเทนที่ถูกปล่อยออกมาลดลง (Melgar et al., 2020) (Table 5) เนื่องจากกระบวนการในการปลดปล่อยแก๊สมีเทนขึ้นอยู่กับกระบวนการหมักย่อยเยื่อใยเพื่อสร้างกรดแอซิดิก ซึ่งทั้ง 3 งานทดลองมีแหล่งและระดับของอาหารหยาบที่แตกต่างกัน ดังนั้นแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักจึงแตกต่างกัน จึงทำให้การเสริม 3-NOP ในระดับที่ใกล้เคียงกันอาจไม่เพียงพอในการยับยั้งกระบวนการสร้างมีเทน เช่น ปริมาณสารตั้งต้นในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีแก๊สไฮโดรเจน และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น อาหารที่สัตว์กิน และชนิดของจุลินทรีย์ที่หมัก หากปริมาณสารตั้งต้นเหล่านี้สูงมาก การเสริม 3-NOP ในระดับที่ใกล้เคียงกันอาจไม่เพียงพอ จึงอาจทำให้มีบางส่วนของไฮโดรเจนที่ไม่ถูกยับยั้ง และ *Methanogenic archaea* บางส่วนยังสามารถสร้างแก๊สมีเทนได้ สรุปการเสริม 3-NOP ไม่ส่งผลต่อการผลิตแก๊สมีเทนจากกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน

Table 5. Effect of 3-nitrooxypropanol (3-NOP) on carbon dioxide (CO₂), methane (CH₄), and hydrogen (H₂) emissions in lactating dairy cows.

Item	3-nitrooxypropanol		SEM	P-value
	Control	60-NOP		
CO ₂ , g/d	14,303	14,905	623.05	0.15
CH ₄ , g/d	487	335	40.01	<0.001
CH ₄ , g/kg of DMI	20.70	13.60	1.40	<0.001
CH ₄ , g/kg of milk	18.00	11.90	2.35	<0.001
H ₂ , g/d	0.00	1.30	0.13	<0.001

3-NOP = 3-nitrooxypropanol.

Based on milk yield and DMI data during the gas measurement periods.

Source: Lopes et al. (2016)

Table 6. Dose-response effects of 3-nitrooxypropanol (3-NOP) on enteric gas emissions.

Item	3-nitrooxypropanol							SEM
	Control	40-NOP	60-NOP	80-NOP	100-NOP	150-NOP	200-NOP	
CH ₄ , g/d	441	345	336	336	269	269	266	25.07
CH ₄ , per DMI, g/kg	17.00	13.4	14.00	14.30	11.30	10.90	11.60	1.15
CH ₄ , per milk, yield g/kg	9.70	7.90	7.90	7.80	6.70	6.00	6.70	0.64
CO ₂ g/d	13,704	13,397	13,735	13,971	13,940	13,521	13,849	616.05
H ₂ g/d	0.26	1.50	1.48	1.93	2.23	2.40	2.00	0.43

3-NOP=3-nitrooxypropanol.

Source: Melgar et al. (2020)

สรุป

ไม่ควรเสริม 3-nitrooxypropanol (3-NOP) ในอาหารโคนม เนื่องจากไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม ได้แก่ ไขมัน โปรตีน น้ำตาลแลคโตส และไม่ส่งผลต่อการลดแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นในระบบทางเดินอาหารของโคนม

เอกสารอ้างอิง

จิระศักดิ์ ขอบแต่ง. 2567. คู่มือการจัดการอาหารสัตว์เพื่อลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากระบบการเลี้ยง
 สำนักงานพัฒนาอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
 ศูนย์ภูมิอากาศกรมอุตุนิยมวิทยา. มปป. <http://climate.tmd.go.th/content/file/11>. 15 กรกฎาคม. Website
 Hristov, A.N., Oh, J., Giallongo, f., Frederick, T.W., Harper, M.T., Weeks, H.L., Branco, A.F., Moate, P.J.,
 Deighton M.H., Williams, O., Kindermann, M., and Duval, S. 2015. “An inhibitor persistently

- decreased enteric methane emission from dairy cows with no negative effect on milk production”. **Agricultural Sciences**. 112(34): 1063-10668.
- Herreo, M., Henderson, B., Havlik, P., Conant, R.D., Smith, Wirsenius, S., Hristov, A.N., Gerber, p., Gill, M., Butterbach-Bahl, K., Valin, H., Garnett, T. and Stehfest, E. 2016 “Greenhouse gas Mitigation potentials in the livestock sector”. **Nature climate change**. 6: 452-461.
- Lops, J.C., de Motos, L.F., Harper, M.T., Giallongo, f., Oh, J., Gruen, D., Ono, S., Kindermann, M., Duval, S., and Hristov, A.N. 2016. “Effect of 3-nitrooxypropanol on methane and hydrogen emissions, methane isotopic signature, and ruminal fermentation in dairy cows”. **Journal of Dairy Science**. 99(7): 5335-5334.
- Melgar, A., Harper, M.T., Oh, J., Giallongo, F., Young, M.E., Ott, T.L., Duval, S., Hristov, A.N. 2020. “Effects of 3-nitrooxypropanol on rumen fermentation, lactational performance, and resumption of ovarian cyclicity in dairy cows”. **Journal of Dairy Science**. 103(1): 410-432.
- Melgar, A., Welter, K.C., Nedelkov, K., Martins, C.M.R., Harper, M.T., Oh, J., Raisanen, S.E X. Chen, X., Cueva, S.F., Duval, S., and Hristov, A.N. 2020. “Dose-response effect of 3-nitrooxypropanol on enteric methane emissions in dairy cows”. **Journal of Dairy Science**. 103(7): 6145-6156.
- Reynolds, C.K., Humphries, D.J., Kirton.P., Kindermann. M., Duval. S., and Steinberg. W. 2014. “Effects of 3-nitrooxypropanol on methane emission, digestion, and energy and nitrogen balance of lactating dairy cow”. **Journal of Dairy Science**. 97(6): 3777-3789.
- Romero-perez, A., Okine, E.K, McGinn, S.M., Guan, L.L., Oba, M., Duval, S.M., Kindermann, M., Beauchemin, K.A. 2015. “The potential of 3-nitrooxypropanol to lower enteric methane emissions from beef cattle”. **Journal of Animal Science**. 92(10): 4682-46.