รหัสโครงการ SUT 3-303-54-24-07

รายงานการวิจัย

การคัดกรองสารสกัดจากสมุนไพรไทยต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในห้องปฏิบัติการ

Screening for the effects of Thai Herbs extracts on *in vitro* rumen microbial fermentation

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT 3-303-54-24-07

รายงานการวิจัย

การคัดกรองสารสกัดจากสมุนไพรไทยต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในห้องปฏิบัติการ

Screening for the effects of Thai Herbs extracts on *in vitro* rumen microbial fermentation

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

ผู้ร่วมวิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ 2554

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤศจิกายน 2558

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด ในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษากระบวนการหมักย่อยโดย gas production technique เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้น้ำมันหอมระเหย 4 ชนิด ได้แก่ Garlic oil (*Allium sativa*, allicin), Kaffir lime (*Citrus hystrix* DC.), Ginger oil (*Zingiber officinale*, limonene) และ Lemongrass oil (*Cymbopogon citrates*, citral) เพื่อหาระดับการเสริมน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อ *in vitro* fermentation โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 การศึกษาการเสริมสารสกัดจากสมุนไพรไทยในระดับต่างๆ ต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลองเป็นแบบ Complete randomized design (CRD) ประกอบ ด้วย 4 replications ต่อ treatment ใช้น้ำมันหอมระเหย ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับ 0, 200, 400, 800, และ 1,600 mg/kg ของ substrate DM ทำการเก็บ ruminal fluid จากโคเจาะกระเพาะลูกผสม Holstein Friesian × Brahman × Native จำนวน 3 ตัว ที่ได้รับอาหาร 64% corn silage, 6% grass hay, 27% barley grain dry roll, และ 3% feedlot supplement พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด สามารถเพิ่มอัตราการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) และมีผลทำให้ลดการผลิตแอมโมเนียไนโตรเจนลง (NH_3-N) อย่างไรก็ตามหากเสริมน้ำมันหอมระเหยในที่ระดับที่สูงขึ้น คือ ที่ระดับ 400 – 1,600 mg/kg DM มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้อาหารลดลง

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเสริมสารสกัดจากสมุนไพรไทยในระดับที่เหมาะสม ต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในห้องปฏิบัติการ (คัดเลือกระดับที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1) วางแผนการทดลองเป็นแบบ Complete randomized design (CRD) ประกอบ ด้วย 4 replications ต่อ treatment ใช้น้ำมันหอมระเหย ทั้ง 4 ชนิดที่ระดับ 0, 50, 100, 150, and 200 mg/kg substrate DM ทำการเก็บ ruminal fluid จากโคเจาะกระเพาะลูกผสม Holstein Friesian × Brahman × Native จำนวน 3 ตัว ที่ได้รับอาหาร 64% corn silage, 6% grass hay, 27% barley grain dry roll, และ 3% feedlot supplement ผลการทดลอง พบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิดช่วยเพิ่มอัตราการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) แต่อย่างไรก็ตามการเสริมที่ระดับต่ำกว่า 200 mg/kg DM ไม่มีผลอัตราการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) และการผลิตแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

Abstract

The experiment was to study the effect of 4 essential oils (Garlic oil (Allium sativa, allicin), Kaffir lime (Citrus hystrix, DC.), Ginger oil (Zingiber officinale, limonene) and Lemongrass oil (Cymbopogon citrates, citral) on in vitro fermentation. The objective of this study was to evaluate the effects of various levels of four essential oils, (Garlic oil (Allium sativa, allicin), Kaffir lime (Citrus hystrix, DC.), Ginger oil (Zingiber officinale, limonene) and Lemongrass oil (Cymbopogon citrates, citral) on rumen fermentation using gas production technique.

The experiment was conducted as complete randomized design (CRD) with four replicates per treatment. Different doses of essential oils at 0, 200, 400, 800 and 1,600 mg/kg of substrate DM in experiment 1. The experiment was divided into 2 experiments. Experiment 1 (Exp. I) was to determine the effects of Thai herbs supplementation with different dosages at 0, 200, 400, 800, and 1600 mg/kg DM on rumen fermentation in vitro assay. The experiment was conducted as complete randomized design (CRD) with four replicates per treatment. Ruminal fluid was collected from 3 rumen-fistulated crossbred (Holstein Friesian × Brahman× Native). The experimental diet used was dairy cattle's diet consisting of 64% corn silage, 6% grass hay, 27% barley grain dry roll and 3% feedlot supplements. Digestibility of DM significantly increased whereas, ammonia N concentration was significantly decreased by essential oils However, the supplements at 400 - 1,600 mg/kg DM of both 4 essential oils effect on DM digestibility decreased.

The second experiment (Exp. II) was to study the optimum level of 4 essential oils on rumen fermentation in vitro assay (selected from the first experiment). The experiment was conducted as complete randomized design (CRD) with four replicates per treatment. The dosages were 0, 50, 100, 150, and 200 mg/kg DM in experiment II. Ruminal fluid was collected from 3 rumen-fistulated crossbred (Holstein Friesian × Brahman× Native), the experimental diet used was a dairy type ration consisting of the same of the previous studied. All essential oils could improve DM disappearance. However, without any effect on DM digestibility and ammonia N by essential oils when using lower than 200 mg/kg DM.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย ……..……	ก
Abstract ……...	ข
สารบัญ ……..…….	ค
สารบัญตาราง ……..…….	ง
บทที่ 1 บทนำ ……..…….…….....…….	1
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 3 การศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อกระบวนการหมักย่อย	
ของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก…….....	9
อุปกรณ์และวิธีการ ……..……...….	10
ผลการทดลอง ….. ……..……..	13
วิจารณ์ผลการทดลอง ……..……..	29
บทที่ 4 สรุปและเสนอแนะ ……..…….	33
เอกสารอ้างอิง ……..……..	34
ประวัติผู้วิจัย ……..….	38

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 ส่วนประกอบของอาหารทดลองและองค์ประกอบทางเคมี (%)..... 11

3.2 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง NDF และ ADF..... 15

3.3 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ gas kinetics and cumulative gas 17

3.4 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ total VFA และสัดส่วน VFA 19

3.5 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการผลิตมีเทน (CH4) และความเข้มข้น NH_3-N 22

3.6 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง NDF และ ADF 23

3.7 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ gas kinetics และการผลิตแก๊ส 25

3.8 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ total VFA และสัดส่วนของ VFA 27

3.9 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการผลิตมีเทน (CH4) และ NH3-N 29

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการวิจัย

ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์พลังงานและโปรตีนในกระเพาะหมักโดยปกติมักจะต่ำ แต่สามารถปรับปรุงได้ด้วยการปรับเปลี่ยนวิถีเมแทบอลิก รวมถึงการยับยั้งการเกิดมีเทนและแอมโมเนีย ประสิทธิภาพการใช้พลังงานและโปรตีนที่ต่ำไม่เพียงแต่จะลดผลผลิตสัตว์ แต่ยังเป็นสาเหตุในการปล่อยมลพิษสู่สภาพแวดล้อมอีกด้วย (Tamminga, 1996) ประสิทธิภาพนี้สามารถปรับปรุงได้โดยการปรับเปลี่ยนกิจกรรมของประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักที่เกี่ยวข้องกับวิถีเมแทบอลิกที่กล่าวมาข้างต้น ยกตัวอย่างเช่น การใช้สารปฏิชีวนะกลุ่มไอออโนฟอร์ ซึ่งมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรียแกรมบวก ได้รับการพิสูจน์ว่ามีผลในการปรับปรุงประสิทธิภาพของการใช้ประโยชน์พลังงานและโปรตีนในกระเพาะหมัก (Van Nevel and Demeyer, 1988) อย่างไรก็ตาม การใช้สารปฏิชีวนะในอาหารสัตว์ไม่ได้รับการยอมรับจากสังคม เนื่องจากมีผลตกค้าง และต้านแบคทีเรียชนิดอื่นๆ ด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่ต้องค้นหาทางเลือกอื่นๆ ซึ่งรวมถึงการใช้ ยีสต์ (yeasts) กรดอินทรีย์ (organic acids) สารสกัดจากพืช (plant extract) โปรไบโอติก (probiotics) และแอนติบอดี้ (antibodies) (Calsamiglia et al., 2006) พืชสามารถผลิตสารประกอบอินทรีย์ได้หลายชนิด ซึ่งจำแนกได้ 3 กลุ่มหลักๆ ดังนี้ ซาโปนิน (saponins) แทนนิน (tannins) และน้ำมันหอมระเหย (essential oils) น้ำมันหอมระเหยบางชนิดมีฤทธิ์ต้านกิจกรรมของจุลินทรีย์ และได้รับการพิจารณาว่าปลอดภัยสำหรับการบริโภคของมนุษย์และสัตว์ และถูกจัดว่าเป็น GRAS (Generally Recognized as Safe; FDA) ในประเทศสหรัฐอเมริกา ศักยภาพในการใช้น้ำมันหอมระเหยในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้มีการทบทวนเอกสารโดย Calsamiglia et al. (2007) และ Benchaar et al. (2007)

การศึกษาถึงคุณสมบัติของสารสกัดพืชสมุนไพรในการยับยั้งจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักมีน้อยมากหรือเกือบไม่มีเลย ซึงการศึกษาส่วนใหญ่เน้นถึงการยับยั้งจุลินทรีย์ในแง่การใช้เป็นยารักษาในคน งานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมัก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ผลต่อกระบวนการหมักย่อยได้ของจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ภายในกระเพาะหมัก

1.2.3 เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ภายในกระเพาะหมัก

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 การเสริมสารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) มีผลต่อกระบวนการหมักย่อยได้ของจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

1.3.2 การเสริมสารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) สามารถลดปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก

1.3.3 การเสริมสารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่าย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การทดลองนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงการใช้สารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูปน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) เป็นสารปรับปรุงกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) เพื่อทำการจำแนกถึงคุณสมบัติของสมุนไพรแต่ละชนิดต่อการย่อยได้ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ ปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และผลผลิตแก๊สมีเทน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 2
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

น้ำมันหอมระเหยเป็นน้ำมันที่พืชผลิตขึ้นตามธรรมชาติ เก็บไว้ตามส่วนต่างๆ เช่น กลีบดอก ใบ ผิวของผล เกสร รากหรือเปลือกของลำต้น เวลาที่ได้รับความร้อนอนุภาคเล็ก ๆ ของน้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จะระเหยออกมาเป็นกลุ่มไอรอบๆ ทำให้เราได้กลิ่นหอมอบอวลไปทั่ว ช่วยดึงดูดแมลงให้มาผสมเกสรดอกไม้ ปกป้องการรุกรานจากศัตรู และรักษาความชุ่มชื้นแก่พืช สำหรับประโยชน์ต่อมนุษย์นั้นน้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค บรรเทาอาการอักเสบหรือลดบวม คลายเครียดหรือกระตุ้นให้สดชื่น ทั้งนี้ขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิด

ประเภทของน้ำมันหอมระเหย

องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยมีอยู่มากมายหลายชนิด สามารถแยกเป็นกลุ่มของสารได้เป็น 7 กลุ่ม ซึ่งในแต่ละกลุ่มจะออกฤทธิ์ในการบำบัดที่แตกต่างกันดังนี้

1. กลุ่ม alcohols สารในกลุ่มนี้มีคุณสมบัติ ฆ่าเชื้อโรค ต้านเชื้อไวรัสและยกระดับจิตใจ ได้แก่ linalool, citronellol, geraniol, borneol, menthol, nerol และ teppineol เป็นต้น
2. กลุ่ม aldehydes สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการระงับประสาท ยกระดับจิตใจ ลดการอักเสบ ลดความอ้วน ขยายหลอดเลือด และมีฤทธิ์ในการฆ่าเชื้อโรค ตัวอย่างได้แก่ cidral, citronellal, neral และ geranial
3. กลุ่ม esters มีคุณสมบัติระงับประสาท สงบอารมณ์ ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อ ลดการอักเสบ และต้านเชื้อรา ได้แก่ linalyl acetate, geranyl acetate, bomyl acetate, eugenyl acetate และ lavendulyl acetate
4. กลุ่ม ketones สาร ketones มีคุณสมบัติช่วยขยายหลอดลม ละลายเสมหะ เสริมสร้างเนื้อเยื่อ และลดการอักเสบ ตัวอย่างได้แก่ jasmone, fenchone, camphor, carvone และ menthone
5. กลุ่ม oxides ในสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติในการขับเสมหะและละลายเสมหะ ที่สำคัญได้แก่ cineol นอกนั้นก็มีสารที่มีคุณสมบัติฆ่าเชื้อแบคทีเรียและการกระตุ้นระบบประสาท ได้แก่ linalool oxide, ascaridol oxide, bisabolol oxide และ bisabolon oxide
6. กลุ่ม phenols มีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นระบบประสาท และภูมิต้านทานของร่างกาย ตัวอย่างได้แก่ eugenol, thymol และ carvacrol

7. กลุ่ม Terpenes สารในกลุ่มนี้มีฤทธิ์ในการต้านเชื้อและลดการอักเสบ ประกอบด้วย camphene, cadinene, caryophyllene, cedrene, dipentene, phellandrene, terpinene, sabinene และ mycrene สาร sesquiterpenes เช่น chamazulene farnesol มีฤทธิ์ในการลดการอักเสบและต้านเชื้อแบคทีเรีย สาร limonene มีคุณสมบัติต้านเชื้อไวรัส pinene มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ เป็นต้น

น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดจะมีสารประกอบทางเคมีตั้งแต่ 50-500 ชนิด ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีแต่ละชนิด ก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังที่กล่าวแล้ว แต่เมื่อมาผสมผสานกันอยู่ มันก็ทำให้เกิดคุณสมบัติที่เป็นเอกลักษณ์ ของน้ำมันหอมระเหยจากพืชแต่ละชนิด ที่มีจุดเด่นแตกต่างกันออกไป

การออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหย

น้ำมันหอมระเหยเป็นส่วนผสมของเมแทบอไลส์ทุติยภูมิ (secondary metabolites) ที่ได้จากส่วนที่ระเหยได้ของพืชโดยการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) (Gershenzon and Croteau, 1991) ปกติน้ำมันหอมระเหยจะถูกจำแนกได้เป็นกลุ่มสารเคมี 2 กลุ่ม ซึ่งเกิดจากสารตั้งต้นที่แตกต่างกันในกระบวนการเมแทบอลิซึมปฐมภูมิ และถูกสังเคราะห์ผ่านทางวิถีเมแทบอลิกที่แยกจากกัน

1. เทอร์พีนอยด์ (Terpenoids) เป็นเมแทบอไลส์ทุติยภูมิของพืชที่มีมากและหลากหลายที่สุด และมาจากโครงสร้างไอโซพรีนอยด์ (isoprenoid structure; C_5H_8) ในส่วนบรรดาเทอร์พีนอยด์ ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดของน้ำมันหอมระเหยอยู่ในกลุ่มโมโนเทอร์พีนอยด์ (monoterpenoid) และเซสควิเทอร์พีนอยด์ (sesquiterpenoid) (Gershenzon and Croteau, 1991)

2. ฟีนิลโพรพีนอยด์ (Phenylpropanoids) เป็นสารประกอบธรรมดาที่สุดของน้ำมันหอมระเหย และมาจากโครงสร้างที่มีสายโซ่ของคาร์บอน 3 อะตอมที่เชื่อมกับวงแหวนอโรเมติกของคาร์บอน 6 อะตอม

น้ำมันหอมระเหยมีคุณสมบัติหลากหลายต่อสุขภาพ รวมถึงผลกระทบในทางบวกต่อโรคหัวใจ เนื้องอก อาการบวม และโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบการควบคุมอนุมูลอิสระบกพร่อง (Harborne and Williams, 2000) อย่างไรก็ตาม หน้าที่ที่สำคัญที่สุดของสารประกอบเหล่านี้คือเป็นสารต่อต้านการติดเชื้อ และต้านจุลินทรีย์ (Burt, 2004) เทอร์พีนอยด์ และฟีนิลโพรพีนอยด์ทำหน้าที่ต่อต้านแบคทีเรียโดยการมีปฏิกิริยาสัมพันธ์กับผนังเซลล์ (Griffin et al., 1999) ปฏิกิริยาสัมพันธ์นี้เป็นสาเหตุให้โครงสร้างของผนังเซลล์เปลี่ยนแปลง ทำให้มีการสูญเสียประจุระหว่างผนังเซลล์ และสูญเสียประจุผ่านผนังเซลล์ (Griffin et al., 1999) ส่วนใหญ่ปริมาณพลังงานจะถูกนำมาใช้เพื่อการนี้ และการเจริญของแบคทีเรียลดลง ในบางกรณีอาจทำให้จุลินทรีย์ตาย (Griffin et al., 1999) กลไกนี้ทำให้น้ำมันหอมระเหยมีผลกระทบต่อแบคทีเรียแกรมบวกที่ผนังเซลล์มีปฏิกิริยาโดยตรงกับสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหย

ผลกระทบของน้ำมันหอมระเหยต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก

คาร์วาครอล และไทมอล (Carvacrol and thymol)

คาร์วาครอล และไทมอล เป็นโมโนเทอร์พีนอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์อย่างแรงต่อแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบอย่างกว้างขวาง พบสารทั้งสองในออรีกาโน (oregano; *Origanum* spp.) และไทม์ (thyme; *Thymus* ssp.) Busquet et al. (2005a) รายงานว่าการทดลองในห้องปฏิบัติการคาร์วาครอล (2.2 มิลลิกรัมต่อลิตร) ลดเปปไทด์โมเลกุลใหญ่ (large peptide) และเพิ่มความเข้มข้นแอมโมเนียไนโตรเจนที่ 2 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ที่ระดับสูงกว่านี้ (300 มิลลิกรัมต่อลิตร) เพิ่มระดับความเป็นกรด-ด่างและสัดส่วนบิวทีเรท และลดสัดส่วนอะซีเตทต่อโพรพิโอเนท และความเข้มข้นกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมด

Brochers (1965) เป็นคนแรกที่รายงานว่าไทมอลสามารถยับยั้งการเกิดแอมโมเนีย (deamination) ผลสรุปเช่นเดียวกันถูกรายงานโดย Broderick and Balthrop (1979) หลังจากบ่มของเหลวจากกระเพาะหมักร่วมกับไทมอลในห้องปฏิบัติการ เมื่อไม่นานมานี้ Evans and Martin (2000) รายงานว่าไทมอลมีผลกระทบต่อเมแทบอลิซึมของพลังงานของแบคทีเรียในกระเพาะหมัก 2 ชนิด ในอาหารเลี้ยงเชื้อบริสุทธิ์: *Streptococcus bovis* และ *Selenomonas ruminantium* ซึ่งสามารถลดมีเทน และความเข้มข้นของแลคเตท ถึงแม้ว่าที่ระดับการเสริมที่สูงจะทำให้การย่อยได้โภชนะโดยรวมและผลผลิตกรดไขมันระเหยง่ายรวมลดลง ซึ่งชี้ให้เห็นชัดเจนว่าเมแทบอลิซึมของจุลินทรีย์ถูกยับยั้ง

ซินนามาลดีไฮด์ ยูจีนอล และแอนิทอล (Cinnamadehyde, eugenol and anethol)

ซินนามาลดีไฮด์ ยูจีนอล และแอนิทอล เป็นฟีนิลโพรพานอยด์ที่มีฤทธิ์ต้านจุลินทรีย์อย่างกว้างขวาง ทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ ซินนามาลดีไฮด์เป็นส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ในน้ำมันอบเชย (cinnamon; *Cinnamomum cassia*) ซึ่งมีอยู่ถึง 75% ของน้ำมันทั้งหมด Cardozo et al. (2004) ทำการทดลองในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่อง และเป็นคนแรกที่พบว่าน้ำมันซินนามอลปรับเปลี่ยนเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักโดยการยับยั้งการย่อยเปปไทด์ แต่ผลกระทบต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายมีเพียงเล็กน้อย ระดับการใช้น้ำมันซินนามอลและซินนามาลดีไฮด์ที่สูงสามารถลดความเข้มข้นกรดไขมันระเหยง่ายและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ถึงแม้ว่าซินนามาลดีไฮด์จะมีผลกระทบมากกว่า (Busquet et al., 2006) อย่างไรก็ตามผลกระทบต่อสัดส่วนกรดไขมันระเหยง่ายแต่ละชนิดนั้นแตกต่างกัน ในขณะที่น้ำมันซินนามอลเพิ่มสัดส่วนของอะซีเตทแต่ไม่มีผลกระทบต่อสัดส่วนโมลาร์ของโพรพิโอเนท หรือบิวทีเรท ซินนามาลดีไฮด์เพิ่มสัดส่วนโมลาร์ของโพรพิโอเนท แต่ไม่มีผลกระทบต่อสัดส่วนโมลาร์ของอะซีเตทและบิวทีเรท

ยูจีนอลเป็นสารประกอบหลักที่ออกฤทธิ์ชนิดหนึ่งของน้ำมันจากตาของกานพลู (clove bud oil; *Eugenia caryophyllus* หรือ *Syzygium aromaticum*) และน้ำมันซินนามอล (cinnamon oil; (*Cinnamomum cassia*) (มีประมาณ 85 และ 8% ตามลำดับ Davidson and Naidu, 2000) ในการศึกษาในอาหารเลี้ยงเชื้อ

แบบต่อเนื่อง การเสริมน้ำมันจากตาของกานพลู ทำให้สัดส่วนโมลาร์ของอะซีเตทและกรดไขมันระเหยง่ายที่มีสายโซ่แตกแขนง (branch-chained VFA; BCVFA) ลดลง แต่สัดส่วนโมลาร์ของโพรพิโอเนทเพิ่มขึ้น (Busquet et al., 2005) ตาของการพลู มีผลกระทบต่อเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนเช่นเดียวกัน กล่าวคือ เพิ่มไปปไทด์-ไนโตรเจน (peptide N) และมีแนวโน้มลดความเข้มข้นของกรดอะมิโน-ไนโตรเจน (amino acid-N; AA-N) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าเกิดการลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดเปปไทด์ (peptidolytic activity) ในกระเพาะหมัก จากการศึกษาผลตอบสนองต่อระดับการเสริมในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบไม่ต่อเนื่องในห้องปฏิบัติการ Busquet et al. (2006) ยืนยันว่าน้ำมันจากตาของกานพลู มีผลกระทบต่อกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก ลดความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดและแอมโมเนีย-ไนโตรเจน และแสดงให้เห็นว่าสัดส่วนโมลาร์ของโพรพิโอเนทเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง (linear) เมื่อระดับการเสริมน้ำมันจากตาของกานพลู เพิ่มขึ้น ในขณะที่สัดส่วนโมลาร์ของอะซีเตทและบิวทีเรทตอบสนองเป็นเส้นโค้ง (quadratic effect)

อะนีทอล (anethol) เป็นองค์ประกอบของสารออกฤทธิ์หลักของน้ำมันจากเมล็ดยี่หร่า (anise oil; *Pimpinella anisum*) และทำหน้าที่ต้านจุลินทรีย์โดยเกี่ยวข้องกับกลุ่มอีเทอร์ (ether group) ต่อวงแหวนอะโรเมติก (aromatic ring) (Davidson and Naidu, 2000) การศึกษาในห้องปฏิบัติการกับของเหลวในกระเพาะหมักแสดงให้เห็นว่าอะนีทอลและน้ำมันจากเมล็ดยี่หร่า สามารถลดกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดและสัดส่วนของอะซีเตทและโพรพิโอเนท และเพิ่มสัดส่วนของบิวทีเรท ถึงแม้ว่าอะนีทอลจะมีฤทธิ์มากกว่าน้ำมันจากเมล็ดยี่หร่า น้ำมันจากเมล็ดยี่หร่า และอะนีทอลไม่มีผลกระทบต่อความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (Busquet et al., 2005) ในทางตรงกันข้าม Cardozo et al. (2004) แนะนำว่าที่ระดับการเสริมต่ำของน้ำมันจากเมล็ดยี่หร่าในอาหารเลี้ยงเชื้อแบบต่อเนื่องจะกระตุ้นให้เกิดการย่อยสลายของโปรตีน เพิ่มความเข้มข้นของเปปไทด์และแอมโมเนีย-ไนโตรเจน แต่ไม่มีผลกระทบต่อกรดไขมันระเหยง่าย

แคปไซซิน (Capsaicin)

แคปไซซินเป็นเตทตราเทอร์พีนอยด์ในพริก (hot peppers; *Capsicum annum* ssp.) และเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันพริก (10 to 15%; Cichewicz and Thorpe, 1996) เมื่อใช้ในการศึกษาในอาหารเลี้ยงเชื้อในห้องปฏิบัติการโดยใช้ของเหลวจากกระเพาะหมักของโคนม ผลกระทบมีเพียงเล็กน้อยทั้งในระยะสั้นและระยะยาว (Cardozo et al., 2004; Busquet et al., 2005b) อย่างไรก็ตาม Cardozo et al. (2005) แสดงให้เห็นว่าผลกระทบจะแตกต่างในการศึกษาในห้องปฏิบัติการเมื่อใช้ของเหลวจากกระเพาะหมักจากโคเนื้อที่ได้รับอาหารที่มีสัดส่วนฟางข้าวต่ออาหารข้นเท่ากับ 10:90 และรายงานว่าที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 7.0 ความเข้มข้นกรดไขมันระเหยง่ายและแอมโมเนีย-ไนโตรเจนลดลง และอัตราส่วนอะซีเตทต่อโพรพิโอเนทเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้าม ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง 5.5 น้ำมันพริกลดความเข้มข้นแอมโมเนีย-ไนโตรเจน เพิ่มผลผลิตกรดไขมันระเหยง่ายและสัดส่วนโพรพิโอเนท และลดสัดส่วนอะซีเตทและอัตราส่วนอะซีเตทต่อโพรพิโอเนท ดังนั้นผลกระทบของน้ำมันพริกต่อการให้อาหารข้นระดับสูงที่ระดับ

ความเป็นกรด-ด่างต่ำชี้ให้เห็นว่าการใช้ประโยชน์โภชนะในกระเพาะหมักอาจเพิ่มขึ้น Cardozo et al. (2006) ทดสอบผลกระทบของการให้น้ำมันพริกในโคเนื้อเจาะกระเพาะที่ได้รับอาหารข้นในระดับสูง ความเข้มข้นกรดไขมันระเหยง่ายทั้งหมดไม่ถูกกระทบ แต่สัดส่วนโมลาร์ของอะซีเตทลดลง น้ำมันพริกลดความเข้มข้นของเปปไทด์ขนาดใหญ่และเพิ่มเปปไทด์ขนาดเล็กและกรดอะมิโน แต่ไม่กระทบต่อความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน

น้ำมันกระเทียม (Garlic oil)

น้ำมันกระเทียมมีส่วนผสมของสารประกอบที่มีน้ำหนักโมเลกุลที่แตกต่างกันจำนวนมากที่พบในพืชหรือเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการสกัดน้ำมันและกระบวนการผลิต (Lawson, 1996) ถึงแม้ว่าจะทราบว่าน้ำมันกระเทียมมีคุณสมบัติทาง therapeutic [ต้านพยาธิ (antiparasite) ไล่แมลง (insecticide) ต้านมะเร็ง (anti-cancer) ต้านอนุมูลอิสระ (anti-oxidant) มีฤทธิ์ต่อระบบภูมิคุ้มกัน (immunomodulatory) ต้านการอักเสบ (anti-inflammatory) และเกิดภาวะน้ำตาลในกระแสเลือดต่ำ (hypoglycemia)] การออกฤทธิ์ของน้ำมันกระเทียมที่เด่นชัดคือสามารถต้านจุลินทรีย์ได้อย่างกว้างขวางทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ รวมทั้งได้มีการศึกษาอย่างละเอียด (Reuter et al., 1996) Busquet et al. (2005) แสดงให้เห็นตรงกันว่าน้ำมันกระเทียมลดสัดส่วนอซีเตทและ BCVFA และเพิ่มสัดส่วนโพรพิโอเนทและบิวทีเรท รูปแบบการหมักย่อยนี้แตกต่างจากของโมเนนซิน ซึ่งลดอัตราส่วนอะซีเตทต่อโพรพิโอเนทและความเข้มข้นบิวทีเรท และตรงกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตพบเมื่อใช้สารยับยั้งการเกิดมีเทนกับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Chalupa et al., 1980) การศึกษาในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่ากระเทียมลดอัตราส่วนแก๊สมีเทน (ไมโครโมล)ต่อกรดไขมันระเหยง่าย (ไมโครโมล) จาก 0.20 เป็น 0.05 (Busquet et al., 2005) แก๊สมีเทนเป็นแหล่งเก็บกักหลักของไฮโดรเจนในวิถีเมแทบอลิกของกระบวนการหมัก การยับยั้งการสังเคราะห์มีเทนจะก่อให้เกิดการลดความสมดุลซึ่งต้องการที่จะกำจัดไฮโดรจน จึงย้ายไปสะสมในโพรพิโอเนทและบิวทีเรทแทน (Van Nevel and Demeyer, 1988)

น้ำมันหอมระเหยและองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์อาจมีฤทธิ์ในการต้านจุลินทรีย์อย่างรุนแรง โดยเฉพาะแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ น้ำมันหอมระเหยบางชนิดและองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์สามารถปรับเปลี่ยนกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมัก โดยการเปลี่ยนผลผลิตกรดไขมันระเหยง่ายและ/หรือ เมแทบอลิซึมของโปรตีน อย่างไรก็ตาม ผลกระทบเหล่านี้อาจขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก จากกลไกการทำหน้าที่ที่แตกต่างกันของสารเสริมต่างชนิดกันต่อการย่อยสลายโภชนะและกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก อาจสามารถจำแนกศักยภาพของสารเสริมได้ ประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์โภชนะในกระเพาะหมักสามารถเพิ่มได้โดยต้องคำนึงถึง ผลกระทบที่สามารถแยกได้ชัดเจน เป้าหมายของกิจกรรมที่จะทำการปรับเปลี่ยน การเลือกใช้อย่างระมัดระวัง และการใช้น้ำมันหอมระเหย หรือสารออกฤทธิ์ผสม เพื่อปรับเปลี่ยนกิจกรรมเหล่านี้ อย่างไรก็ตามข้อมูลทางวิชาการ

เกี่ยวกับผลกระทบต่อกระเพาะหมักจากการใช้น้ำมันหอมระเหยที่ยังจำกัดอยู่ในขณะนี้โดยเฉพาะน้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทย อาจทำให้เกิดความสับสนและใช้ผลิตภัณฑ์และระดับการใช้ที่ไม่เหมาะสม ดังนั้นในการการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาระดับการใช้น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรไทยแต่ละชนิดที่เหมาะสมและผลกระทบกระบวนการหมักย่อยในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

บทที่ 3
การศึกษาการใช้น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

บทนำ

ประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้อง สามารถทำได้หลายวิธี โดยการควบคุมกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก และการเพิ่มประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก การป้องกันการย่อยสลายโภชนะที่สำคัญในกระเพาะหมัก เพื่อให้ไหลออกไปยังทางเดินอาหารส่วนล่าง การยับยั้งการเกิดกระบวนการสังเคราะห์บางชนิดในกระเพาะหมัก ซึ่งการยับยั้งนี้เป็นวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โปรตีนเป็นโภชนะที่สำคัญเมื่อโปรตีนผ่านเข้าสู่กระเพาะหมักจะถูก hydrolyze ได้เป็น peptides และ amino acids โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และถูกย่อยต่อไปด้วยกระบวนการ deamination ได้เป็น ammonia หลังจากนั้น จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะจับกับแอมโมเนีย peptides สายสั้น และ free amino acids ไปสร้างเป็น microbial protein ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไป แทนที่สัตว์จะได้ใช้ประโยชน์จากอาหารโปรตีนได้อย่างเต็มที่ (บุญล้อม, 2546) ดังนั้นการลดเกิดกระบวนการ deamination เปลี่ยน amino acids ไปเป็น ammonia ได้ ก็จะสามารถลดการสูญเสียพลังงานโดยการลดการเกิดกระบวนการ deamination ด้วยการใช้น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ซึ่งมีองค์ประกอบของสารเคมีชนิดต่างๆ ที่อยู่ในพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมัก

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเพื่อศึกษาผลของสารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูปน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ผลต่อการหมักย่อยได้ของจุลินทรีย์ภายในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*)

2. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูปน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ภายในกระเพาะหมัก

3. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูปน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ต่อชนิดและปริมาณของกรดไขมันระเหยได้ภายในกระเพาะหมัก

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาในห้องปฏิบัติการโดยวิธีการ Gas production technique จะเป็นการศึกษาถึงการเสริมสารสกัดจากสมุนไพรชนิดต่างๆ ในรูป น้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ที่ได้มีการจำหน่ายเป็นผลิตภัณฑ์ทางการค้า และทำการแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง

การทดลองที่ 1 การศึกษาการเสริมสารสกัดจากสมุนไพรไทยในระดับต่างๆ ต่อการย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในห้องปฏิบัติการ

การทดลองที่ 2 การศึกษาการเสริมสารสกัดจากสมุนไพรไทยในระดับที่เหมาะสม ต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในห้องปฏิบัติการ (ทำการคัดเลือกระดับที่เหมาะสมจากการทดลองที่ 1 โดยพบว่าระดับการเสริมที่ 200 mg/kg ให้ผลที่ดีสุด) เพื่อหาระดับการเสริมน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ที่สามารถใช้ปรับปรุงการทำงานของจุลินทรีย์ภายใน glass syringe ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการวัดจากผลผลิตสุดท้ายที่เกิดขึ้น

การทดลองที่ 1 แบ่งออกเป็น 4 การทดลองย่อยตามชนิดของน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ได้แก่ Garlic oil (*Allium sativa*, allicin), Kaffir lime oil (*Citrus hystrix DC.*), Ginger oil (*Zingiber officinale*, limonene) และ Lemongrass oil (*Cymbopogon citrates*, citral)

ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) ที่มีการวัดซ้ำ (Repeated measurements) ในชั่วโมงที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 24 ของผลการตอบสนองต่อการเสริมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด ที่ระดับ 0, 200, 400, 800, และ 1,600 mg/kg โดยใช้ตัวอย่างจากการเก็บของเหลวภายในกระเพาะหมัก (rumen fluid) จากโคเจาะกระเพาะ ทำการศึกษาในการศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยทุกทรีทเมนต์จะมีจำนวน 3 ซ้ำ และเก็บข้อมูลการย่อยได้ ปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (VFAs) ปริมาณแก๊สมีเทน และปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ที่ 24 และ 48 ชม.

การทดลองที่ 2 ทำการคัดเลือกระดับที่มีผลที่ดีต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์จากการทดลองที่ 1 ตามชนิดของน้ำมันหอมระเหย (Essential oils) ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ Garlic oil (*Allium sativa*, allicin), Kaffir lime oil (*Citrus hystrix DC.*), Ginger oil (*Zingiber officinale*, limonene) และ Lemongrass oil (*Cymbopogon citrates*, citral)

ดำเนินการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Complete Randomized Design: CRD) ที่มีการวัดซ้ำ (Repeated measurements) ในชั่วโมงที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10, 12 และ 24 ของผลการตอบสนองต่อการเสริมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 4 ชนิด ที่ระดับ 0, 50, 100, 150, และ 200 mg/kg โดยใช้ตัวอย่างจากการเก็บของเหลวภายในกระเพาะหมัก (rumen fluid) จากโคเจาะกระเพาะ ทำการศึกษาในการศึกษาใน

ห้องปฏิบัติการ โดยทุกทรีทเมนต์จะมีจำนวน 3 ซ้ำ และเก็บข้อมูลการย่อยได้ ปริมาณความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (VFAs) ปริมาณแก๊สมีเทน และปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ที่ 24 และ 48 ชม.

สำหรับอาหารที่ใช้ทั้ง 2 การทดลองเป็น substrate ได้แก่ total mixed ration (50% forage and 50% concentrate; 35% grass hay, 15% alfalfa hay, 20% barley grain, 10% corn DDGS, 10% wheat DDGS, 5% canola meal, and 5% vitamin and mineral supplement) (ตารางที่ 3.1) ทำการบดตัวอย่างอาหารผ่านตะแกรงขนาด 1 mm (Arthur Thomas Co., Philadelphia, PA) หลังจากนั้นทำการผสม EO กับอาหารทดลองแต่ละชนิดตามระดับที่ต้องการเสริม แล้วชั่งอาหารผสม EO ลงในถุงไนล่อนให้ได้น้ำหนักประมาณ 0.5 g (DM basis) (ANKOM F57 filter bag; pore size of 50 μm, Ankom Technology Corp., Macedon, NY) ทำการปิดปากถุงด้วย heater

ตารางที่ 3.1 ส่วนประกอบของอาหารทดลองและองค์ประกอบทางเคมี (%)

Ingredient composition (%)	
Grass hay	35.0
Alfalfa hay	15.0
Barley grain	20.0
Corn DDGS	10.0
Wheat DDGS	10.0
Canola meal	5.0
Vitamin and mineral supplement[1/]	5.0
Chemical composition (%)	
Dry matter	93.2
Crude protein	16.1
Neutral detergent fiber	41.8
Acid detergent fiber	20.5

[1/]Supplied per kilogram of dietary DM: 15 mg of Cu, 65 mg of Zn, 28 mg of Mn, 0.7 mg of I, 0.2 mg of Co, 0.3 mg of Se, 6000 IU of vitamin A, 600 IU of vitamin D, and 47 IU of vitamin E.

Inoculum สำหรับ batch culture ได้จากโคเนื้อสาวเจาะกระเพาะจำนวน 3 ตัวที่ได้รับอาหารที่ประกอบด้วย 64% corn silage, 6% grass hay, 27% barley grain dry roll, และ 3% feedlot supplement ทำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การเก็บ rumen digesta จากส่วนต่างๆ ในกระเพาะหมักของโคแต่ละตัวจำนวน 4 จุด นำ rumen digesta จากโคทั้ง 3 ตัวมารวมกัน นำมากรองผ่าน PeCAP® polyester screen (pore size 355 μm; B & S Thompson, Ville Mont-Royal, QC, Canada) เคลื่อนย้าย rumen fluid ที่บรรจุอยู่ใน insulated flask ไปยังห้องปฏิบัติการโดยเร็วที่สุด เติม medium ปริมาตร 45 ml ลงในขวด vial แล้วเติม rumen fluid ปริมาตร 15 ml ลงในขวด vial ภายใต้ CO2 ปิดขวด vial ด้วย rubber stoppers และ crimp seal caps สอดเข็มผ่าน rubber stopper ของแต่ละขวด vial ประมาณ 5 วินาที เพื่อปล่อยแก๊สที่ มีอยู่เล็กน้อยที่อาจเกิดขึ้น หลังจากนั้นเริ่มต้นบ่มขวด vial โดยปิดฝา incubator ด้วย aluminium crimp cap ทันทีหลังจากบรรจุขวด vial ลงใน incubator ทำการบ่มเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

เมื่อถึงเวลาบ่มที่กำหนด นำขวด vial (ทีละ 2 - 3 ขวด) จาก incubator ทำการวัดความดันแก๊สวัดผลผลิตแก๊ส (gas production; GP) ที่เกิดจากกการหมักย่อย substrate ที่เวลา 3, 6, 9, 12, 24, 36, และ 48 h หลังการบ่ม การวัด GP ทำโดยการสอดเข็มที่มีมาตรวัดขนาด 23 gauge (0.6 mm) ต่อกับ pressure transducer (model PX4200-015GI, Omega Engineering, Inc., Laval, Que., Canada) เชื่อมต่อกับ visual display (Data Track, Christchurch, UK) ปลด transducer ออก ปล่อยให้เข็มอยู่ที่เดิม เพื่อให้แก๊สออกได้ ใช้ค่าความดันที่ปรับสมดุลกับปริมาณ substrate OM ที่ผ่านการบ่มแล้ว และปริมาตรแก๊สที่ปลดปล่อย negative control ในการประมาณค่าปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น โดยใช้สมการของ Mauricio et al. (1999) ดังนี้

$$\text{Gas volume} = 0.18 + (3.697 \times \text{gas pressure}) + (0.0824 \times \text{gas pressure}^2)$$

การประเมินค่า kinetic parameters ของ GP (ml/g DM) ใช้สมการของ France et al. (2000) ดังนี้

$$A = b \times (1 - e^{-c(t-L)})$$

เมื่อ A คือปริมาตรของ GP ที่เวลา t; b คือ asymptotic GP (ml/g DM); c คือ rate of GP (/h), และ L (h) คือ discrete lag time prior to gas production

นำตัวอย่างแก๊สปริมาตร 15 ml จากแต่ละขวด vial ไปวัดค่า methane โดยใช้ gas tight syringe และปล่อยแก๊สที่เหลือออกให้หมดก่อนที่จะนำขวด vial ไปบ่มต่อใน incubator ทำการถ่ายตัวอย่างแก๊สไปยัง pre-evacuated exetainer ทำ การวัดค่าแก๊ส methane ต่อสัดส่วนแก๊สทั้งหมด โดยใช้ gas chromatography (Varian 4900 GC; Agilent Technologies Canada Inc., Mississauga, ON)

หลังจากการบ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง นำถุงออกจากขวด vial ล้างถุงภายใต้น้ำเย็นที่ไหลตลอดเวลาจนกระทั่งน้ำที่ไหลมีสภาพใส นำถุงไปอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 55°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุแห้งที่สูญหายไป วิธีการวิเคราะห์หาค่า NDF ดัดแปลงเพื่อใช้กับเครื่อง ANKOM200 fiber analyzer (Ankom Technology Corp., Macedon, NY).

เมื่อสิ้นสุดการบ่ม ขวด vial จะถูกเปิดออกเพื่อทำการเก็บ supernatant เพื่อวิเคราะห์หา VFA และ NH_3-N ในการวัด VFA และ NH_3-N จะเก็บตัวอย่าง 5 ml โดยจะเก็บร่วมกับ 1 ml of 25% (wt/wt) metaphosphoric solution หรือ with 1 ml of 1% H_2SO_4 ตามลำดับ ตัวอย่างจะถูกเก็บไว้ที่ -20°C ความเข้มข้น

ของ VFA จะถูกวิเคราะห์โดย gas chromatograph (model 5890, Hewkett-Packard Lab, Palo Alto, CA) with a capillary column (30 m × 0.32 mmi.d., 1 μm phase thickness, Zeborn ZB-FAAP, Phenomenex, Torrance, CA), and flame ionization detection, and crotonic acid (trans-2-butenoic acid) was used as the internal standard.

2.2. ผลการทดลอง

การย่อยวัตถุแห้งของอาหารทดลอง

ในการทดลองที่ 1 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง (DMD) พบว่าการเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิด มีผลทำให้การย่อยสลายของวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มการทดลองที่ชั่วโมง 24 และ 48 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 3.2) โดยพบว่าการเสริมน้ำมันกระเทียมที่ระดับ 200 mg/kg เพิ่มการย่อยสลายของวัตถุแห้ง แต่เมื่อมีการเสริมน้ำมันกระเทียมที่ระดับ 1600 mg/kg มีผลทำให้การย่อยสลายของวัตถุแห้งลดลง นอกจากนี้การเสริมน้ำมันขิงและน้ำมันตะไคร้ที่ระดับ 200 ถึง 800 mg/kg เพิ่มการย่อยสลายของวัตถุแห้ง อย่างไรก็ตามพบว่าการเสริม KAF และ GAR ในระดับที่สูงขึ้นมีผลทำให้การย่อยสลายของวัตถุแห้งลดลงแบบเส้นตรง ($P<0.05$) ในส่วนของการย่อยสลายของวัตถุแห้งของ NDF และ ADF ไม่มีความแตกต่างจากการเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดและทุกระดับการเสริม (ตารางที่ 3.2)

ในการทดลองที่ 2 พบว่าการเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดที่ระดับการเสริม 200 mg/kg DM มีผลทำให้การย่อยสลายของ DMD เพิ่มขึ้นในทุกกลุ่มการทดลองในชั่วโมงที่ 24 และ 48 เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) (ตารางที่ 3.6) โดยพบว่าการเสริม GAR ที่ระดับ 150 mg/kg DM ทำให้เพิ่ม DMD ที่ชั่วโมงที่ 24 แต่ที่ชั่วโมงที่ 48 ไม่พบความแตกต่าง นอกจากนี้พบว่าทุกชนิดทำให้เพิ่ม DMD แบบเส้นตรง ($P<0.05$) และในส่วนการย่อยสลายของ NDF และ ADF ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$, ตารางที่ 3.6)

กระบวนการหมักย่อยและผลผลิตสุดท้าย

ในการทดลองที่ 1 พบว่าการเสริม GAR และ GIN ที่ระดับ 200, 400 และ 800 mg/kg DM เพิ่มปริมาณแก๊สสะสม (GP) ในชั่วโมงที่ 24 แต่ที่ระดับ 1,600 mg/kg DM ไม่พบความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (ตารางที่ 3.3) กรดไขมันระเหยได้ (VFAs) ไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองในทุกชนิดและทุกระดับการเสริมน้ำมันหอมระเหย (ตารางที่ 3.4) แต่พบว่าการเสริมน้ำมันหอมระเหย KAF, GAR และ GIN ที่ 24 ชม. มีปริมาณการผลิตแก๊สมีเทนลดลงแบบ quadratic ($P<0.05$) (ตารางที่ 3.5) นอกจากนี้การเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดและทุกระดับมีผลทำให้ความเข้มข้นของ แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (NH_3-N) มีการลดลงในทุกกลุ่มการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) แต่ทุกระดับการเสริมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 3.5)

ในการทดลองที่ 2 พบว่าการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 200 mg/kg DM ของทุกกลุ่มการทดลองจะเพิ่มปริมาณแก๊สสะสมในชั่วโมงที่ 24 และ 48 (ตารางที่ 3.7) อย่างไรก็ตามที่การเสริมระดับ 50 mg/kg DM ของทุกกลุ่มการทดลองไม่พบความแตกต่าง แต่ที่การเสริมระดับ 100 และ 150 mg/kg DM ของ GIN เพิ่มปริมาณแก๊สสะสม ($P<0.01$, ตารางที่ 3.7) นอกจากนี้ยังพบว่าการเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดตามระดับการเสริมที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์แบบ linear และ quadratic ($P<0.05$)

จากตารางที่ 3.8 พบว่าการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 200 mg/kg DM ของทุกกลุ่มการทดลองเพิ่ม total VFA ที่ชั่วโมงที่ 48 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 200 mg/kg DM ไม่พบความแตกต่างกับการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 100 และ 150 mg/kg DM และการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 100 และ 150 mg/kg DM ก็ไม่พบความแตกต่างกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้การเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดและทุกระดับการเสริมไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในส่วนของ Acetate, Propionate และ A+B/P

ปริมาณของแอมโมเนีย ไนโตรเจน (NH_3-N) พบว่ามีการลดลงเมื่อมีการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 200 mg/kg DM (ตารางที่ 3.9) อย่างไรก็ตามการเสริม KAF และ LEM ที่ระดับ 200 mg/kg DM ไม่พบความแตกต่างกับการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 100 และ 150 mg/kg DM และการเสริมน้ำมันหอมระเหยที่ระดับ 100 และ 150 mg/kg DM ก็ไม่พบความแตกต่างกับกลุ่มควบคุมที่ชั่วโมงที่ 24

การเสริม GIN และ LEM ระดับ 200 mg/kg DM มีผลทำให้ปริมาณแก๊สมีเทนสูงขึ้นที่ชั่วโมงที่ 24 และพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ($P<0.05$) ในขณะเดียวกันการเสริม LEM ที่ระดับ 200 mg/kg DM เพิ่มปริมาณแก๊สมีเทนที่ชั่วโมงที่ 48 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และพบว่ามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบเส้นตรง ($P<0.05$) (ตารางที่ 3.9)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง NDF และ ADF (การทดลองที่ 1).

EO[1/]		Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	200	400	800	1600	SEM[2/]	Linear	Quadratic
					DM digestibility (%)				
24 h	KAF	54.9^{b}	56.9^{ab}	57.1^{a}	54.4^{b}	48.3^{c}	0.75	0.01	0.01
	GAR	54.9^{b}	58.5^{a}	55.9^{b}	52.1^{c}	49.8^{d}	0.33	0.01	0.14
	GIN	54.9^{c}	60.4^{a}	59.7^{ab}	58.1^{b}	54.2^{c}	0.69	0.76	0.01
	LEM	54.9^{c}	56.2^{b}	56.7^{b}	58.8^{a}	54.3^{c}	0.47	0.59	0.01
48 h	KAF	62.9^{b}	62.6^{b}	63.2^{b}	66.3^{a}	62.6^{b}	0.98	0.68	0.01
	GAR	62.9^{bc}	65.5^{a}	63.8^{b}	61.9^{c}	59.8^{d}	0.44	0.01	0.06
	GIN	62.9^{c}	65.2^{b}	67.4^{a}	66.5^{ab}	62.3^{c}	0.71	0.01	0.05
	LEM	62.9^{c}	65.6^{b}	65.7^{b}	67.6^{a}	64.1^{c}	0.65	0.41	0.01
					NDF digestibility (%)				
24 h	KAF	34.4	36.3	37.8	34.2	34.0	3.00	0.77	0.77
	GAR	34.4	36.3	34.6	31.3	32.6	3.32	0.34	0.60
	GIN	34.4	32.3	36.9	39.4	31.3	3.57	0.61	0.33
	LEM	34.4	34.2	30.3	36.5	31.7	3.70	0.70	0.23
48 h	KAF	44.1	42.9	45.3	47.5	45.8	3.39	0.45	0.52
	GAR	44.1	49.2	46.3	45.8	45.8	2.50	0.86	0.24
	GIN	44.1	43.4	49.5	50.8	43.6	1.83	0.28	0.42
	LEM	44.1	50.0	43.9	51.7	40.7	2.60	0.92	0.36

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง NDF และ ADF (ต่อ) (การทดลองที่ 1).

	EO[1/]	Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	200	400	800	1600	SEM[2/]	Linear	Quadratic
		ADF digestibility (%)							
24 h	KAF	27.4	29.3	30.1	27.5	25.4	4.66	0.48	0.64
	GAR	27.4	30.7	27.4	23.7	24.6	3.11	0.16	0.56
	GIN	27.4	25.5	28.5	32.9	25.1	4.98	0.89	0.23
	LEM	27.4	27.5	23.9	30.1	25.2	5.18	0.84	0.71
48 h	KAF	37.0	35.1	38.4	40.3	36.8	4.40	0.50	0.56
	GAR	37.0	42.9	41.1	38.7	36.5	2.93	0.63	0.46
	GIN	37.0	36.2	43.3	44.2	36.4	2.71	0.29	0.37
	LEM	37.0	44.2	41.5	46.8	36.9	3.65	0.93	0.29

[a-d]Within a row means without a common superscript letter differ.

[1/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

[2/]SEM = standard error of the mean.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ gas kinetics and cumulative gas (การทดลองที่ 1).

EO[2/]	Dose	Gas production parameters[1/]			*In vitro* gas production (mL/g DM)					
		b	c	L	GP_3	GP_6	GP_{12}	GP_{24}	GP_{36}	GP_{48}
KAF	0	177	0.043	0.127	20.9^{b}	34.8^{c}	61.1^{b}	94.6^{b}	117.2	133.7
	200	156	0.059	0.117	29.4^{a}	46.7^{a}	75.8^{a}	112.2^{a}	131.3	147.4
	400	152	0.060	0.129	28.5^{ab}	46.1^{ab}	76.4^{a}	113.6^{a}	129.5	145.8
	800	149	0.052	0.051	27.4^{ab}	44.9^{ab}	73.8^{a}	112.3^{a}	125.8	140.5
	1600	147	0.042	0.180	22.9^{ab}	37.5^{bc}	65.5^{ab}	100.9^{ab}	118.1	133.6
	SEM[3/]	14.4	0.005	0.090	2.91	3.15	4.21	5.33	8.78	9.08
	Linear	0.20	0.574	0.680	0.55	0.47	0.62	0.85	0.52	0.46
	Quadratic	0.32	0.007	0.389	0.05	0.02	0.02	0.02	0.23	0.28
GAR	0	177	0.042	0.127	20.9^{c}	34.8^{c}	61.1^{b}	94.6^{c}	117.2	133.7
	200	163	0.055	0.144	28.0^{a}	46.1^{a}	75.4^{a}	112.7^{a}	134.6	151.1
	400	141	0.063	0.300	24.9^{ab}	43.2^{ab}	72.2^{a}	109.3^{ab}	120.4	136.3
	800	152	0.056	0.028	27.4^{ab}	44.6^{a}	71.5^{a}	107.5^{ab}	126.9	143.0
	1600	148	0.052	0.042	23.7^{bc}	39.5^{b}	64.6^{b}	101.4^{bc}	118.5	134.8
	SEM[3/]	14.4	0.005	0.090	2.79	1.47	1.58	3.44	7.06	8.32
	Linear	0.25	0.648	0.116	0.73	0.73	0.17	0.80	0.53	0.58
	Quadratic	0.26	0.007	0.901	0.01	0.01	0.01	0.02	0.28	0.38

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ gas kinetics and cumulative gas (การทดลองที่ 1). ต่อ

EO[2/]	Dose	Gas production parameters[1/]			*In vitro* gas production (mL/g DM)					
		b	c	L	GP_3	GP_6	GP_{12}	GP_{24}	GP_{36}	GP_{48}
GIN	0	177	0.043	0.127	20.9[b]	34.8[c]	61.1[c]	94.6[c]	117.2	133.7
	200	177	0.046	0.059	25.4[a]	43.3[a]	72.4[a]	112.2[a]	138.8	156.9
	400	151	0.055	0.078	24.5[a]	40.9[ab]	66.7[abc]	102.8[b]	120.4	136.7
	800	144	0.061	0.069	26.7[a]	42.7[a]	69.6[ab]	107.9[ab]	119.4	135.1
	1600	153	0.049	0.014	23.7[ab]	38.7[bc]	64.0[b]	101.4[bc]	121.5	136.5
	SEM[3/]	14.4	0.005	0.090	2.59	1.18	2.18	2.92	5.19	5.89
	Linear	0.21	0.310	0.147	0.31	0.45	0.65	0.76	0.38	0.26
	Quadratic	0.22	0.007	0.996	0.02	0.01	0.02	0.02	0.99	0.99
LEM	0	177	0.043	0.127	20.9	34.8	61.1	94.6	117.2	133.7
	200	148	0.060	0.290	24.9	42.3	70.4	107.0	121.4	138.2
	400	135	0.062	0.269	22.7	38.1	65.6	101.8	109.4	125.5
	800	137	0.059	0.254	22.5	37.3	65.1	103.1	111.5	127.0
	1600	137	0.059	0.237	23.5	38.9	65.8	104.4	113.5	128.9
	SEM[3/]	14.4	0.005	0.090	2.87	3.72	5.41	6.59	12.59	13.27
	Linear	0.12	0.181	0.752	0.73	0.79	0.87	0.43	0.69	0.63
	Quadratic	0.11	0.068	0.451	0.85	0.77	0.64	0.49	0.61	0.60

[a-c]Within a column means without a common superscript letter differ. [1/]Parameters: b is the theoretical maximum GP (mL/g DM); c is the rate constant of GP (/h); Lag is the initial delay before GP begins (h). [2/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil. [3/]SEM = standard error of the mean.

ตารางที่ 3.4 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ total VFA และสัดส่วน VFA (การทดลองที่ 1).

EO[1/]		Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	200	400	800	1600	SEM[2/]	Linear	Quadratic
				Total VFA (m*M*)					
24 h	KAF	110.2	120.8	109.2	112.5	104.9	4.06	0.07	0.36
	GAR	110.2	114.9	115.7	106.4	102.7	6.04	0.11	0.63
	GIN	110.2	114.6	107.6	112.6	105.4	4.26	0.22	0.45
	LEM	110.2	116.3	117.3	102.2	107.8	6.06	0.22	0.66
48 h	KAF	118.8	120.0	117.6	126.6	112.6	6.85	0.47	0.22
	GAR	118.8	123.3	133.3	128.5	113.2	8.65	0.34	0.10
	GIN	118.8	118.4	119.6	119.4	118.2	5.27	0.93	0.82
	LEM	118.8	118.6	133.3	118.1	116.2	6.50	0.39	0.30

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ total VFA และสัดส่วน VFA (การทดลองที่ 1) ต่อ

	EO[1/]	Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	200	400	800	1600	SEM[2/]	Linear	Quadratic
					Acetate (mol/100 mol)				
24 h	KAF	57.2	57.3	57.5	56.9	56.2	0.81	0.17	0.59
	GAR	57.2	58.2	57.8	56.0	56.3	1.29	0.23	0.78
	GIN	57.2	59.3	57.2	56.2	56.8	1.20	0.27	0.57
	LEM	57.2	56.8	57.3	56.5	56.7	0.50	0.31	0.54
48 h	KAF	55.9	56.2	54.7	54.6	54.0	1.19	0.14	0.61
	GAR	55.9	55.0	54.2	53.7	54.1	2.19	0.47	0.46
	GIN	55.9	54.9	54.9	54.1	54.1	1.11	0.19	0.40
	LEM	55.9	54.3	54.9	54.3	54.2	1.99	0.53	0.68
					Propionate (mol/100 mol)				
24 h	KAF	19.7	20.0	19.9	20.0	20.3	0.70	0.52	0.99
	GAR	19.7	19.4	19.7	20.5	20.2	0.73	0.31	0.57
	GIN	19.7	19.4	19.7	20.4	20.2	0.71	0.32	0.62
	LEM	19.7	20.1	20.0	20.2	20.1	0.49	0.53	0.55
48 h	KAF	20.5	20.3	20.6	20.7	20.7	0.17	0.13	0.48
	GAR	20.5	20.6	20.6	20.8	20.6	0.34	0.79	0.43
	GIN	20.5	20.6	20.6	20.5	20.8	0.23	0.25	0.74
	LEM	20.5	20.8	20.4	20.4	20.7	0.48	0.86	0.70

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ total VFA และสัดส่วน VFA (การทดลองที่ 1) ต่อ

	EO[1/]	Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	200	400	800	1600	SEM[2/]	Linear	Quadratic
				A+B/P[3/]					
24 h	KAF	3.6	3.6	3.6	3.5	3.5	0.16	0.41	0.99
	GAR	3.6	3.7	3.6	3.4	3.5	0.19	0.28	0.65
	GIN	3.6	3.7	3.6	3.4	3.5	0.18	0.31	0.61
	LEM	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5	0.11	0.42	0.56
48 h	KAF	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	0.06	0.09	0.40
	GAR	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	0.12	0.61	0.41
	GIN	3.4	3.3	3.3	3.3	3.3	0.07	0.21	0.77
	LEM	3.4	3.3	3.4	3.4	3.3	0.12	0.62	0.93

[1/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

[2/]SEM = standard error of the mean.

[3/]A+B/P = acetate+butyrate acid/propionate.

*The proportion of individual volatile fatty acids did not include branch chain volatile fatty acids.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการผลิตมีเทน (CH_4) และความเข้มข้น NH_3-N (การทดลองที่ 1).

EO[1/]		Dose (mg/kg of DM)					SEM	P-value	
		0	200	400	800	1600		Linear	Quadratic
				CH_4 (mL/g DM)					
24 h	KAF	15.8[c]	18.8[a]	18.7[a]	18.7[ab]	16.0[bc]	1.02	0.33	0.02
	GAR	15.8[c]	18.8[a]	18.1[ab]	17.5[abc]	16.4[bc]	0.73	0.32	0.04
	GIN	15.8[c]	18.6[a]	16.7[bc]	17.9[ab]	16.5[bc]	0.57	0.77	0.03
	LEM	15.8	17.7	16.7	16.8	17.3	1.36	0.57	0.78
48 h	KAF	20.8	23.6	23.1	22.4	21.0	2.26	0.62	0.36
	GAR	20.8	24.1	22.0	23.2	21.3	1.87	0.74	0.28
	GIN	20.8	24.6	22.0	21.6	21.7	1.69	0.68	0.74
	LEM	20.8	21.9	19.4	20.0	19.9	2.42	0.59	0.73
				Ammonia N (mg/100 mL)					
24 h	KAF	42.3[a]	31.8[b]	31.5[b]	32.2[b]	30.3[b]	2.87	0.04	0.07
	GAR	42.3[a]	32.5[b]	31.1[b]	31.4[b]	30.2[b]	3.03	0.04	0.06
	GIN	42.3[a]	31.9[b]	34.3[b]	33.0[b]	25.2[b]	3.28	0.01	0.57
	LEM	42.3[a]	31.8[b]	34.0[b]	31.9[b]	29.9[b]	2.53	0.02	0.08
48 h	KAF	52.8[a]	46.3[b]	45.2[b]	45.1[b]	41.6[b]	2.01	0.01	0.11
	GAR	52.8[a]	45.6[b]	44.9[b]	46.6[b]	43.9[b]	1.34	0.01	0.04
	GIN	52.8[a]	44.2[b]	45.0[b]	45.4[b]	43.8[b]	2.00	0.04	0.07
	LEM	52.8[a]	42.6[b]	44.6[b]	43.9[b]	43.5[b]	2.08	0.04	0.04

[a-c]Within a row means without a common superscript letter differ. [1/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.6 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง NDF และ ADF (การทดลองที่ 2).

EO[1/]		Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	50	100	150	200	SEM[2/]	Linear	Quadratic
				DM digestibility (%)					
24 h	KAF	49.9^{c}	51.2^{bc}	51.7^{bc}	53.2^{ab}	54.0^{a}	0.72	0.01	0.67
	GAR	50.4^{b}	51.5^{ab}	51.6^{ab}	53.9^{a}	53.5^{a}	1.16	0.03	0.82
	GIN	50.0^{b}	50.9^{b}	52.8^{ab}	53.0^{ab}	54.5^{a}	0.86	0.01	0.55
	LEM	50.4^{b}	51.5^{ab}	53.2^{ab}	52.6^{ab}	53.7^{a}	1.10	0.03	0.52
48 h	KAF	65.1^{c}	66.9^{bc}	66.7^{bc}	65.7^{bc}	68.8^{a}	0.58	0.01	0.32
	GAR	64.6^{b}	65.3^{ab}	64.4^{b}	66.0^{ab}	67.6^{a}	1.14	0.05	0.23
	GIN	62.8^{b}	64.7^{b}	64.8^{ab}	64.2^{b}	66.9^{a}	0.78	0.01	0.74
	LEM	64.3^{b}	66.1^{ab}	66.0^{ab}	66.0^{ab}	67.3^{a}	1.00	0.05	0.75
				NDF digestibility (%)					
24 h	KAF	27.5	26.7	28.7	29.7	29.6	1.98	0.18	0.93
	GAR	26.3	26.6	28.7	28.9	29.2	1.59	0.99	0.69
	GIN	26.6	26.8	29.2	27.2	29.1	1.67	0.53	0.80
	LEM	26.9	27.7	28.0	27.8	28.0	2.16	0.71	0.53
48 h	KAF	43.8	44.7	44.4	44.1	44.5	3.24	0.98	0.82
	GAR	45.6	46.8	46.1	46.5	47.1	2.17	0.72	0.88
	GIN	41.3	44.3	43.7	44.1	45.6	2.97	0.27	0.81
	LEM	43.7	46.3	46.8	46.9	47.0	2.69	0.45	0.13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.6 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้ง NDF และ ADF (การทดลองที่ 2) ต่อ

EO[1/]		Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	50	100	150	200	SEM[2/]	Linear	Quadratic
		ADF digestibility (%)							
24 h	KAF	16.0	16.4	17.7	18.7	19.7	1.76	0.06	0.71
	GAR	17.3	16.9	19.3	19.6	18.9	1.65	0.89	0.86
	GIN	17.9	17.9	17.9	18.2	18.1	2.10	0.51	0.77
	LEM	16.7	18.9	18.9	19.6	19.0	1.80	0.35	0.24
48 h	KAF	33.4	33.9	33.3	33.0	35.2	3.72	0.89	0.71
	GAR	36.5	38.3	37.2	36.5	38.4	2.32	0.73	0.93
	GIN	31.3	35.4	34.5	34.9	36.5	3.70	0.30	0.73
	LEM	34.2	38.0	37.5	38.5	37.4	3.35	0.41	0.11

[a-c]Within a row means without a common superscript letter differ.

[1/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

[2/]SEM = standard error of the mean.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.7 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ gas kinetics และการผลิตแก๊ส (การทดลองที่ 2).

EO[2/]	Dose	Gas production parameters[1/]			*In vitro* gas production (mL/g DM)					
		b	c	L	GP_3	GP_6	GP_{12}	GP_{24}	GP_{36}	GP_{48}
KAF	0	152	0.044	0.050	17.9	36.0[b]	61.8[b]	94.0[b]	118.2[b]	131.8[c]
	50	153	0.043	0.075	18.0	36.1[b]	62.3[b]	94.8[b]	119.5[b]	133.1[bc]
	100	153	0.043	0.056	18.2	36.2[b]	62.4[b]	95.1[b]	119.7[b]	133.7[bc]
	150	156	0.043	0.060	18.6	37.0[b]	63.3[b]	96.0[b]	121.3[b]	135.6[b]
	200	162	0.044	0.017	20.7	39.5[a]	66.5[a]	100.8[a]	126.7[a]	142.7[a]
	SEM[3/]	3.85	0.002	0.047	2.29	0.76	0.80	1.32	1.16	1.19
	Linear	0.02	0.973	0.368	0.28	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Quadratic	0.26	0.897	0.283	0.52	0.05	0.03	0.07	0.03	0.01
GAR	0	155	0.043	0.059	18.1	36.2[b]	62.4[b]	94.8[b]	120.1[b]	133.9[b]
	50	158	0.042	0.044	18.1	36.3[b]	62.6[b]	95.0[b]	121.1[b]	135.4[b]
	100	161	0.042	0.046	18.2	36.6[b]	63.1[b]	95.6[b]	122.3[b]	136.4[b]
	150	159	0.042	0.037	18.4	37.0[b]	63.7[b]	96.7[b]	122.7[b]	137.2[b]
	200	161	0.045	0.025	19.6	39.4[a]	66.9[a]	100.6[a]	126.0[a]	141.1[a]
	SEM[3/]	3.85	0.002	0.047	3.15	0.65	0.80	0.84	1.14	1.32
	Linear	0.20	0.508	0.271	0.65	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Quadratic	0.62	0.330	0.960	0.79	0.05	0.04	0.03	0.30	0.26

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[a-c]Within a column means without a common superscript letter differ.

[1/]Parameters: b is the theoretical maximum GP (mL/g DM); c is the rate constant of GP (/h); Lag is the initial delay before GP begins (h).

[2/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

[3/]SEM = standard error of the mean.

ตารางที่ 3.7 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ gas kinetics และการผลิตแก๊ส (การทดลองที่ 2). ต่อ

EO[2/]	Dose	Gas production parameters[1/]			*In vitro* gas production (mL/g DM)					
		b	c	L	GP_3	GP_6	GP_{12}	GP_{24}	GP_{36}	GP_{48}
GIN	0	155	0.043	0.051	18.2	36.3^{c}	62.3^{d}	94.7^{c}	120.0^{b}	133.8^{b}
	50	156	0.043	0.037	18.4	36.7^{c}	63.0^{cd}	95.4^{bc}	120.9^{b}	134.7^{b}
	100	157	0.043	0.039	18.2	36.7^{c}	63.1^{bc}	95.6^{bc}	121.2^{b}	135.4^{b}
	150	157	0.043	0.014	18.8	37.4^{b}	63.7^{b}	96.4^{b}	121.6^{b}	136.1^{b}
	200	164	0.044	0.008	20.1	39.4^{a}	66.7^{a}	100.8^{a}	126.9^{a}	141.9^{a}
	SEM[3/]	3.85	0.002	0.047	3.45	0.25	0.26	0.49	1.27	1.22
	Linear	0.12	0.683	0.054	0.62	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Quadratic	0.40	0.764	0.860	0.76	0.01	0.01	0.01	0.06	0.04
LEM	0	155	0.042	0.034	18.1	35.9^{b}	61.8^{b}	94.0^{c}	119.1^{b}	132.9^{c}
	50	153	0.043	0.037	18.4	36.2^{b}	62.4^{b}	94.9^{bc}	119.0^{b}	133.0^{c}
	100	155	0.043	0.038	18.3	36.3^{b}	62.7^{b}	95.0^{bc}	120.2^{b}	134.3^{bc}
	150	157	0.043	0.034	18.6	36.6^{b}	63.1^{b}	96.4^{b}	121.9^{b}	135.9^{b}
	200	160	0.045	0.034	20.2	38.9^{a}	66.1^{a}	100.4^{a}	125.1^{a}	139.7^{a}
	SEM[3/]	3.85	0.002	0.047	3.46	0.46	0.58	0.67	1.04	0.90
	Linear	0.21	0.522	0.228	0.60	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	Quadratic	0.49	0.663	0.271	0.75	0.03	0.03	0.01	0.07	0.03

[a-c]Within a column means without a common superscript letter differ.

[1/]Parameters: b is the theoretical maximum GP (mL/g DM); c is the rate constant of GP (/h); Lag is the initial delay before GP begins (h).

[2/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

[3/]SEM = standard error of the mean.

ตารางที่ 3.8 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ total VFA และสัดส่วนของ VFA (การทดลองที่ 2).

EO[1/]		Dose (mg/Kg DM)						P-value	
		0	50	100	150	200	SEM[2/]	Linear	Quadratic
				Total VFA (m*M*)					
24 h	KAF	81.8	81.3	84.9	87.9	87.3	3.89	0.10	0.94
	GAR	81.3^{b}	81.9^{b}	82.6^{ab}	82.5^{ab}	85.0^{a}	1.36	0.05	0.45
	GIN	83.1	81.1	83.0	84.5	85.2	1.98	0.16	0.38
	LEM	79.9^{b}	80.6^{ab}	81.3^{ab}	82.8^{ab}	83.5^{a}	1.13	0.02	0.77
48 h	KAF	90.2^{b}	90.1^{b}	91.6^{ab}	91.3^{ab}	92.9^{a}	0.89	0.02	0.55
	GAR	92.5^{b}	94.6^{ab}	95.3^{ab}	95.1^{ab}	97.2^{a}	1.12	0.02	0.80
	GIN	93.2^{b}	94.1^{b}	95.8^{ab}	96.6^{a}	97.3^{a}	1.01	0.01	0.70
	LEM	95.3^{b}	96.3^{b}	97.0^{b}	96.0^{b}	99.3^{a}	0.69	0.01	0.21
				Acetate (mol/100mol)					
24 h	KAF	55.1	55.2	55.9	55.0	54.7	0.52	0.46	0.36
	GAR	51.0	54.9	54.5	54.8	54.9	0.84	0.43	0.69
	GIN	55.2	55.1	55.2	55.3	55.2	0.71	0.91	0.99
	LEM	54.9	54.6	54.3	54.8	55.1	0.88	0.74	0.47
48 h	KAF	54.0	53.9	53.7	53.3	53.6	1.02	0.52	0.78
	GAR	53.4	54.3	52.9	52.4	52.6	0.77	0.06	0.76
	GIN	52.8	52.5	51.4	52.3	51.8	1.20	0.43	0.65
	LEM	52.3	51.3	54.7	55.0	53.5	1.94	0.23	0.46

[a-b]Within a row means without a common superscript letter differ.

[1/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

[2/]SEM = standard error of the mean.

[3/]A+B/P = acetic acid+butyric acid/propionic acid.

* The proportion of individual volatile fatty acids did not include branch chain volatile fatty acids.

ตารางที่ 3.8 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อ total VFA และสัดส่วนของ VFA (การทดลองที่ 2). ต่อ

	EO[1/]	Dose (mg/Kg DM)						P-value	
		0	50	100	150	200	SEM[2/]	Linear	Quadratic
				Propionate (mol/100mol)					
24 h	KAF	21.0	21.0	21.3	21.2	21.1	0.22	0.46	0.35
	GAR	21.1	21.3	20.9	21.4	21.1	0.44	0.98	0.83
	GIN	21.2	21.4	21.3	21.3	21.1	0.11	0.33	0.12
	LEM	21.3	20.9	21.2	21.1	20.4	0.43	0.18	0.43
48 h	KAF	21.6	21.7	21.4	20.9	21.2	0.39	0.27	0.75
	GAR	21.6	21.5	21.7	21.5	21.5	0.12	0.69	0.61
	GIN	21.1	21.5	21.4	21.5	21.6	0.33	0.23	0.70
	LEM	21.3	21.3	21.7	21.8	21.6	0.33	0.25	0.55
				A+B/P[3/]					
24 h	KAF	3.3	3.3	3.2	3.2	3.2	0.05	0.45	0.34
	GAR	3.2	3.2	3.3	3.2	3.3	0.08	0.75	0.85
	GIN	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	0.02	0.28	0.23
	LEM	3.2	3.3	3.2	3.2	3.4	0.11	0.24	0.40
48 h	KAF	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	0.03	0.06	0.93
	GAR	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	0.02	0.10	0.26
	GIN	3.2	3.1	3.1	3.1	3.0	0.06	0.17	0.54
	LEM	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1	0.03	0.59	0.84

[a-b]Within a row means without a common superscript letter differ.

[1/]EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

[2/]SEM = standard error of the mean.

[3/]A+B/P = acetic acid+butyric acid/propionic acid.

* The proportion of individual volatile fatty acids did not include branch chain volatile fatty acids.

ตารางที่ 3.9 แสดงผลของน้ำมันหอมระเหยต่อการผลิตมีเทน (CH_4) และ NH_3-N (การทดลองที่ 2).

EO[1/]		Dose (mg/kg DM)						P-value	
		0	50	100	150	200	SEM[2/]	Linear	Quadratic
					CH_4 (mL/g DM)				
24 h	KAF	25.2	25.1	24.8	25.0	25.9	0.57	0.32	0.09
	GAR	24.8	24.1	25.1	24.4	26.2	1.03	0.19	0.24
	GIN	24.0^{b}	24.5^{b}	24.3^{b}	25.0^{ab}	26.1^{a}	0.65	0.01	0.23
	LEM	24.4^{b}	25.6^{b}	25.2^{b}	25.1^{b}	27.0^{a}	0.37	0.01	0.08
48 h	KAF	32.9^{b}	33.4^{b}	32.3^{b}	33.2^{b}	34.9^{a}	0.58	0.01	0.01
	GAR	31.5	32.5	30.2	34.3	36.1	2.47	0.06	0.23
	GIN	33.6	31.4	32.8	35.2	32.8	2.28	0.13	0.10
	LEM	27.1^{b}	28.9^{b}	30.8^{ab}	30.5^{ab}	35.2^{a}	3.27	0.02	0.18
					Ammonia N (mg/100mL)				
24 h	KAF	38.7^{a}	38.8^{a}	37.6^{ab}	37.7^{ab}	36.1^{b}	1.01	0.05	0.48
	GAR	37.1^{a}	36.8^{a}	36.8^{a}	36.2^{a}	34.6^{b}	0.42	0.01	0.04
	GIN	38.4^{a}	38.3^{a}	37.7^{a}	37.8^{a}	36.1^{b}	0.30	0.01	0.03
	LEM	38.0^{a}	37.3^{ab}	37.9^{a}	37.2^{ab}	35.9^{b}	0.59	0.03	0.20
48 h	KAF	49.7^{a}	48.3^{ab}	46.8^{b}	47.4^{b}	47.0^{b}	0.58	0.01	0.06
	GAR	48.1^{a}	47.2^{ab}	47.3^{ab}	47.7^{a}	45.6^{b}	0.63	0.03	0.29
	GIN	47.5^{a}	46.7^{ab}	47.1^{ab}	46.4^{bc}	45.7^{c}	0.37	0.01	0.48
	LEM	48.3^{a}	47.6^{ab}	47.5^{b}	47.2^{b}	45.6^{c}	0.26	0.01	0.04

$^{a-c}$Within a row means without a common superscript letter differ.

$^{1/}$EO: KAF = Kaffir lime oil; GAR = garlic oil; GIN = ginger oil; LEM = lemongrass oil.

$^{2/}$SEM = standard error of the mean.

วิจารณ์ผลการทดลอง

น้ำมันกระเทียม (GAR)

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริม GAR ที่ระดับ 200 mg/kg DM สามารถเพิ่มการย่อยได้ DM อย่างไรก็ตาม หากใช้ GAR ในที่ระดับที่เพิ่มขึ้น คือ ที่ระดับ 400 – 1,600 mg/kg DM มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้อาหารลดลง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ GAR ที่เสริมในอาหารในระดับที่สูงเกินไปนั้นอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก ซึ่ง GAR มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีหลายองค์ประกอบ ซึ่งมีคุณสมบัติออกฤทธิ์ต้านแบคทีเรียแกรมบวกและลบ มีผลต่อกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Calsamiglia et al., 2007; Chaves et al., 2008b; Kongmun et al., 2010) ทั้งนี้ GAR มี 4 องค์ประกอบหลักที่ทำหน้าที่ต้านแบคทีเรีย คือ allicin, diallyl sulfide, diallyl disulfide, และ allyl mercaptan (Busquet et al., 2005a) ในนอกจากนี้การศึกษาครั้งนี้พบว่าการเสริม GAR มีผลทำให้เพิ่ม GP แต่ไม่มีผลต่อการย่อยสลาย NDF และ ADF ซึ่งคล้ายกับผลการทดลองของ Yang et al. (2007) ที่พบว่าการเสริม GAR ที่ระดับ 5 g/d ช่วยเพิ่มการย่อยสลายของ DM แต่ไม่มีผลต่อ NDF และ ADF เช่นเดียวกันกับการทดลองของ Klvenhusen et al. (2011) รายงานว่า garlic oil ไม่ส่งผลต่อการย่อยสลายของวัตถุแห้ง, VFAs และปริมาณของโปรโตซัว ในขณะที่ Cardozo et al. (2005) พบว่าน้ำมันกระเทียมไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลง total VFA เช่นเดียวกับรายงานของ Yang et al. (2007) ที่รายงานว่าน้ำมันกระเทียมไม่มีผลต่อ total VFA, NH_3-N และโปรโตซัว

น้ำมันขิง (GIN)

ผลการทดลองของน้ำมันขิงมีน้อยมาก ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเสริม GIN ที่ระดับ 200 mg/kg DM สามารถเพิ่มการย่อยได้ DM อย่างไรก็ตาม หากใช้ GIN ในที่ระดับที่เพิ่มขึ้น คือ ที่ระดับ 400 – 1,600 mg/kg DM มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้อาหารลดลง จากการทดลองของ Busquet et al., (2006) พบว่าน้ำมันขิงไม่มีผลต่อ total VFA, large peptide, small peptide plus amino acid และแอมโมเนียในการทดลอง batch culture ในขณะที่ DMD และ GP เพิ่มขึ้นจากการเสริมน้ำมันขิง ส่งไปให้ไปมีผลทำให้เพิ่มมีเทนในชั่วโมงที่ 24 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะ EO อาจไม่มีคุณสมบัติในการลด methane เช่นเดียวกับ total VFA ก็เพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 48 ที่ระดับการเสริม 150 หรือ 200 mg/kg DM การเสริมน้ำมันขิงที่ระดับ 200 mg/kg DM ทำให้ NH_3-N ลดลงทั้งในชั่วโมงที่ 24 และ 48 ผลของการเสริม EO หรือสมุนไพรที่มีองค์ประกอบของ EO ต่อแก๊สมีเทนนั้นยังผันแปร ทั้งนี้อาจเกิดจากความแตกต่างของชนิดของ EO ระดับของการเสริม วัตถุดิบที่ใช้เป็น substrate และเป็นการทดลองแบบ *in vivo* หรือ *in vitro*

น้ำมันมะกรูด (KAF)

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริม KAF ที่ระดับ 200 mg/kg DM สามารถเพิ่มการย่อยได้ DM อย่างไรก็ตาม หากใช้ KAF ในที่ระดับที่เพิ่มขึ้น คือ ที่ระดับ 400 – 1,600 mg/kg DM มีแนวโน้มทำให้

การย่อยได้อาหารลดลงทั้งนี้อาจเป็นเพราะ KAF ที่เสริมในอาหารในระดับที่สูงเกินไปนั้นอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและพบว่าการเสริมที่ระดับต่ำกว่า 200 mg/kg DM ไม่มีผลต่อการย่อยได้ DM Kamalak et al., (2011) ได้ศึกษาการเสริมน้ำมันหอมระเหยตระกูล Citrus ที่ระดับ 100, 200, 400, 800 และ 1200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีผลทำให้ค่า TDMD, OMD, NDFD รวมถึงผลผลิต VFAs, มีเทนและแอมโมเนียลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อย่างไรก็ตาม Nam et al., (2006) ได้ศึกษาการเสริม citrus essential oil (CEO) ที่ระดับ 0.028, 0.056 และ 0.112 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าไม่ได้มีผลต่อค่าการย่อยได้วัตถุแห้ง (DMD) และอินทรียวัตถุ (OMD) ที่เวลา 48 ชั่วโมงของการบ่ม ในขณะที่ Acetate และ propionate มีสูงขึ้นเล็กน้อย ($P<0.05$) แต่ปริมาณของกรดไขมันระเหยรวม (Total VFA) ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ส่วนความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนพบว่าสูงขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ($P<0.05$) Sallam and Abdelgaleil (2010) ศึกษาการเสริม citrus essential oil ที่ระดับ 0, 25, 50 และ 75 ไมโครลิตรต่อลิตร พบว่าทุกระดับของการเสริม citrus essential oil มีผลทำให้ค่า GP ลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การเสริม citrus essential oil ที่ระดับ 25 และ 50 ไมโครลิตรต่อลิตร มีผลทำให้การผลิตมีเทนลดลงจากการศึกษาในหลอดทดลอง ($P<0.05$) นอกจากนี้เสริม citrus essential oil ยังส่งผลต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ และความเข้มข้นของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนความเข้มข้นลดลงเมื่อใช้ระดับ citrus essential oil สูงขึ้น ทั้งนี้ KAF อาจมีผลไปปรับเปลี่ยนกระบวนการเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนของจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมัก โดยการยับยั้งกระบวนการ deamination ส่งผลให้ bypass protein ไปถึงลำไส้เล็กมากขึ้น

น้ำมันตะไคร้ (LEM)

ผลการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการเสริม LEM ที่ระดับ 200 mg/kg DM สามารถเพิ่มการย่อยได้ DM อย่างไรก็ตาม หากใช้ LEM ในที่ระดับที่เพิ่มขึ้น คือ ที่ระดับ 400 – 1,600 mg/kg DM มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้อาหารลดลงทั้งนี้อาจเป็นเพราะ LEM ที่เสริมในอาหารในระดับที่สูงเกินไปนั้นอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและพบว่าการเสริมที่ระดับต่ำกว่า 200 mg/kg DM ไม่มีผลต่อการย่อยได้ DM Wanapat et al. (2008) พบว่าการเสริม lemongrass powder 100 กรัมต่อวัน เพิ่ม DMD แต่ไม่มีผลต่อการย่อยสลาย CP และ ADF ในโคเพศผู้ที่ได้รับอาหารหยาบสูง (73% diet DM) ในการทดลองนี้พบว่าการเสริมน้ำมันตะไคร้ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม DM เพิ่ม DMD มีผลทำให้เพิ่ม GP, มีเทน และ total VFA ที่ชั่วโมงที่ 24 และ 48 แต่การสริมน้ำมันตะไคร้ 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม DM มีผลทำให้ลด NH_3-N ลดลงต่ำสุด ซึ่งคล้ายกับการทดลองของ Wanapat et al. (2008) ซึ่งพบว่า NH_3-N จะลดลงที่ระดับการเสริม 100 หรือ 200 mg/kg DM มีผลทำให้ urea N ใน plasma ลดลง โดย urea จะถูกสังเคราะห์ในตับจากแอมโมเนียซึ่งดูดซึมจาก rumen (Hosada et al., 2006) อย่างไรก็ตามการเสริมที่ระดับ 50 mg/kg DM ไม่มีผลต่อ VFA แต่เพิ่มความเข้มข้นแอมโมเนียใน rumen (Hosada et al., 2006) นอกจากนี้การเสริมน้ำมันหอมระเหยที่มีส่วนผสมของ thyme, oregano, cinnamon และ lemon ยับยั้งการหมักของกระเพาะหมักและลดจำนวนของจุลินทรีย์ (Lin et al.,

2012) ปริมาณมีเทนมีการเพิ่มสูงขึ้นจากการเสริม 200 mg/kg DM ที่ชั่วโมงที่ 24 และ 48 เป็นผลมาจากผลของ DMD และ GP อย่างไรก็ตามโปรโตซัวลดลงเมื่อมีการเพิ่มระดับการเสริม lemongrass powder จาก 0 ถึง 300 g/d (Wanapat et al., 2008)

บทที่ 4
สรุปและข้อเสนอแนะ

การเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดที่ระดับ 0, 200, 400, 800 และ 1,600 mg/kg DM ในการทดลองที่ 1 สามารถเพิ่มอัตราการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) และพบว่ามีผลทำให้ลดการผลิตแอมโมเนียไนโตรเจนลง (NH_3-N) อย่างไรก็ตาม หากเสริมน้ำมันหอมระเหยในที่ระดับที่สูงขึ้น คือ ที่ระดับ 400 – 1,600 mg/kg DM มีแนวโน้มทำให้การย่อยได้อาหารลดลง

ในการทดลองที่ 2 การเสริมน้ำมันหอมระเหยทุกชนิดที่ระดับ 0, 50, 100, 150, และ 200 mg/kg DM พบว่าช่วยเพิ่มอัตราการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) แต่การเสริมที่ระดับต่ำกว่า 200 mg/kg DM ไม่มีผลอัตราการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) และการผลิตแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

จากการทดลองทั้ง 2 แสดงให้ทราบว่าผลของการเสริมน้ำมันหอมระเหยต่อการย่อยได้จะขึ้นอยู่กับระดับการเสริมของน้ำมันหอมระเหย และจากผลการทดลองทั้ง 2 และผลการทดลองนี้ยังเป็นสิ่งบ่งชี้ว่าที่ระดับ 200 mg/kg DM เป็นระดับที่มีความคุ้มค่าต่อการนำมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งผลการทดลองเป็นผลที่ดีจากผลของการเพิ่มอัตราการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) และ ลดการเกิดแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

เอกสารอ้างอิง

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 322 หน้า.

Benchaar, C., H.V. Petit, R. Berthiaume, D.R. Ouellet, J. Chiquette, and P.Y. Chouinard. 2007. Effects of essential oils on digestion, ruminal fermentation, rumen microbial populations, milk production, and milk composition in dairy cows fed alfalfa silage or corn silage. J. Dairy Sci. 90:886-897.

Borchers, R. 1965. Proteolytic activity of rumen fluid in vitro. J. Anim. Sci. 24:1033-1038.

Broderick, G. A., and J. E. Balthrop. 1979. Chemical inhibition of amino acid deamination by ruminal microbes in vitro. J. Anim. Sci. 49:1101-1111.

Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. Int. J. Food. Microbiol. 94:223-253.

Busquet, M., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel. 2006. Plant extracts affect in vitro rumen microbial fermentation. J. Dairy Sci. 89:761-771.

Busquet, M., S. Calsamiglia, A. Ferret and C. Kamel. 2005b. Screening for effects of plants on dairy cattle rumen microbial fermentation in a continuous culture system. Anim. Feed Sci. Technol. 123: 597-613.

Busquet, M., S. Calsamiglia, A. Ferret, D. Carro and C. Kamel. 2005a. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. J. Dairy Sci. 88: 4393-4404.

Busquet, M., S. Calsamiglia, A. Ferret, P. W. Cardozo and C. Kamel. 2005c. Effects of cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow continuous culture. J. Dairy Sci. 88: 2508-2516.

Calsamiglia, S., M, Busquet, P. W. Cardozo, L. Castillejos, and A. Ferret. 2007. Invited review: essential oils as modifiers of rumen microbial fermentation. J. Dairy Sci. 90: 2580-2595.

Calsamiglia, S., L. Castillejos, and M. Busquet. 2006. Alternatives to antimicrobial growth promoters in cattle. Pages 129-167 in Recent Advances in Animal Nutrition. P.C. Garnsworthy, and J. Wiseman, ed. Nottingham University Press, Nottingham, UK.

Cardozo, P. W., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel. 2004. Effects of natural plant extracts on protein degradation and fermentation profiles in continuous culture. J. Anim. Sci. 82:3230-3236.

Cardozo, P. W., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel. 2005. Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on in vitro rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle. J. Anim. Sci. 83: 2572-2579.

Cardozo, P. W., S. Calsamiglia, A. Ferret, and C. Kamel. 2006. Effects of alfalfa extract, anise, capsicum and a mixture of cinnamaldehyde and eugenol on ruminal fermentation and protein degradation in beef heifers fed a high concentrate diet. J. Anim. Sci. 84:2801-2808.

Cichewicz, R. H., and P. A. Thorpe.1996. The antimicrobial properties of chile peppers (*Capsicum* species) and their uses in Mayan medicine. J. Ethnopharmacol. 52:1-70.

Chalupa, W., W. Corbett, and J. R. Brethour. 1980. Effects of monensin and amicloral on rumen fermentation. J. Anim. Sci. 51:170-179.

Chaves, A. V., K. Stanford, M. E. R. Dugan, L. L. Gibson, T. A. McAllister, A. Van Herk, and C. Benchaar. 2008a. Effects of cinnamaldehyde, garlic and juniper berry essential oils on rumen fermentation, blood metabolites, growth performance, and carcass characteristics of growing lambs. Livest. Sci. 117: 215-224.

Chaves, A.V., M. L. He, W. Z. Yang, A. N. Hristov, T. A. McAllister, and C. Benchaar. 2008b. Effects of essential oils on proteolytic, deaminative and methanogenic activities of mixed ruminal bacteria. Can. J. Anim. Sci. 88: 117-122.

Davidson, P. M., and A. S. Naidu. 2000. Phytophenols. Pages 265–293 in Natural Food Antimicrobial Systems. A. S. Naidu, ed. CRC Press, Boca Raton, FL.

Gersbenzon, J., and R. Croteau. 1991. Terpenoids, In: G.A. Rosenthal and M.R. Berenbaum (ed.), Herbivores. Their interactions with secondary plant metabolites. Volume 1: The chemical participants.Academic Press, San Diego, Calif. p. 165-219.

Griffi N, S. G., S. G. Wyllie, J. L. Markham, and D. N. Leach. 1999. The role of structure and molecular properties of terpenoids in determining their antimicrobial activity. Flavour Fragr. J. 14:322-332.

Harborne, J. B. and C. A. Williams. 2000. Advances in flavonoid research since 1992. Phytochem. 55:481-504.

Hosoda, K., K. Kuramoto, B. Eruden, T. Nishida, and S. Shioya. 2006. The effects of three herbs as feed supplements on blood metabolites, hormones, antioxidant activity, IgG concentration, and ruminal fermentation in Holstein steers. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19: 35-41.

Kamalak, A., A.I. Atalay, C. O. Ozkan, A. Tatliyer and E. Kaya. 2011. Effect of essential orange (Citrus sinensis L.) oil on rumen microbial fermentation using in vitro gas production technique. The Journal of Animal and Plant Sciences, 21(4): 2011, Page: 764-769.

Klevenhusen, K., J. O. Zeitz, S. Duval, M. Kreuzer, and C. R. Soliva. 2011. Garlic oil and principal component diallyl disulfide fail to mitigate methane, but improve digestibility in sheep. Anim. Feed Sci. Technol. 166: 356-363.

Kongmun, P., M. Wanapat, P. Pakdee, and C. Navanukraw. 2010. Effect of coconut oil and garlic powder on in vitro fermentation using gas production technique. Livest. Sci. 127: 38-44.

Lawson, L. 1996. The composition and chemistry of garlic cloves and processed garlic. Pages 37-107 in Garlic. The Science and Therapeutic Application of *Allium sativum* L. and Related Spieces. H. P. Koch, and L. D. Lawson, ed. Williams & Wilkins, Baltimore, MD.

Lin, B., Y. Lu, J. H. Wang, W. Liang, and J. X. Liu. 2012. The effects of combined essential oils along with fumarate on rumen fermentation and methane production in vitro. J. Anim. Feed. Sci. 21: 198-210.

Mauricio R.M., Mould F.L., Dhanoa M.S., Owen E., Channa K.S., Theodorou M.K., 1999. Semiautomated in vitro gas production technique for ruminant feedstuff evaluation. Anim. Feed Sci.Tech. 79, 321-330.

Nam, I. S., P. C. Garnsworthy and J. H. Ahn. 2006. Supplementation of Essential Oil Extracted from Citrus Peel to Animal Feeds Decreases Microbial Activity and Aflatoxin Contamination without Disrupting In vitro Ruminal Fermentation. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 19(11) : 1617 – 1622.

Reuter, H. D., J. P. Koch, and L. Lawson. 1996. Therapeutic effects and applications of garlic and its preparations. Pages 135-212 in Garlic. The Science and Therapeutic Application of *Allium sativum* L. and Related Species. H. P. Koch, and L. D. Lawson. ed. Williams & Wilkins, Baltimore, MD.

Sallam, S.M.A. and S.A.M. Abdelgaleil. 2010. Effect of different levels of citrus essential oil and its active component on rumen microbial fermentation and methane production in vitro. Cuban Journal of Agricultural Science. 44(4).

Tamminga, S. 1996. A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. J. Anim. Sci. 74: 3112-3124.

Van Nevel, C. J., and D. I. Demeyer. 1988. Manipulation of rumen fermentation. Pages 387-443 in The Rumen Microbial Ecosystem. P. N. Hobson, ed. Elsevier Applied Science, NY.

Wanapat, M., A. Cherdthong, P. Pakdee, and S. Wanapat. 2008. Manipulation of rumen ecology by dietary lemongrass (Cymbopogon citratus Stapf.) powder supplementation. J. Anim. Sci. 86: 3497-3503.

Yang, W. Z., C. Benchaar, B. N. Ametaj, A. V. Chaves, M. L. He, and T. A. McAlister. 2007. Effects of garlic and juniper berry essential oils on ruminal fermentation and on the site and extent of digestion in lactating cows. J. Dairy Sci. 90: 5671-5681.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ส่วนที่ 2. ประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย

1. **ชื่อ – สกุล:** นาย พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์
2. **หมายเลขบัตรประชาชน:** 3 3014 01335 49 9
3. **ตำแหน่งปัจจุบัน:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์
4. **หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail**
   สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0-4422-4160 E- mail: pipat@sut.ac.th

5. **ประวัติการศึกษา**

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา/ ปี	ประเทศ
ป. ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2541	ไทย
ป. โท	วท.ม. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	โภชนศาสตร์สัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2544	ไทย
ป. เอก	วท.ด. วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต	เทคโนโลยีการผลิตสัตว์	โภชนศาสตร์สัตว์	ม.เทคโนโลยีสุรนารี, 2548	ไทย

6. **สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ**
   1. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
   2. โภชนศาสตร์โคนม - โคเนื้อ
   3. การจัดการโคนม - โคเนื้อ
7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ**
   a. **หัวหน้าโครงการ:**

1. โครงการ “การศึกษาผลของการเสริมน้ำมันถั่วเหลืองและ Rumen-protected CLA (RP-CLA) ในอาหารโคต่อการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบ fatty acids และนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก” ระยะเวลา กันยายน 2549 – สิงหาคม 2550 แหล่งทุน สถาบันวิจัยและพัฒนา มทส.
2. การศึกษาการนำเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในการผลิตอาหารหยาบหมัก สำหรับโคนมต่อปริมาณน้ำนม องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม ระยะเวลา พฤษภาคม 2551 – เมษายน 2553 แหล่งทุน สกว.
3. โครงการ “การใช้ประโยชน์จากเปลือกมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมต่อปริมาณน้ำนม, องค์ประกอบน้ำนมและคุณภาพน้ำนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2551 – กันยายน 2552 แหล่งทุน วช.
4. โครงการ “การใช้ประโยชน์จากปอเทืองในอาหารโคเนื้อ” ระยะเวลา ตุลาคม 2553 – กันยายน 2554 แหล่งทุน วช.
5. โครงการ “การศึกษาการใช้ *Lactobacillus buchneri* ต่อกระบวนการหมักของพืชหมัก” ระยะเวลา ตุลาคม 2554 – กันยายน 2555 แหล่งทุน วช.

6. โครงการ “การคัดกรองสารสกัดจากสมุนไพรไทยต่อกระบวนการหมักย่อยของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องในห้องปฏิบัติการ” ระยะเวลา ตุลาคม 2554 – กันยายน 2555 แหล่งทุน วช.
7. โครงการ “ผลของอาหารหยาบคุณภาพดีต่อคุณภาพเนื้อและสัดส่วนของกรดไขมันในเนื้อโค” ระยะเวลา ตุลาคม 2555 – กันยายน 2556 แหล่งทุน วช.

b. ผู้ร่วมโครงการ :

1. โครงการ “ผลของการเสริม conjugated linoleic acid ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่ กระทงและไข่” ระยะเวลา ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
2. โครงการ “การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในเนื้อโคขุนโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคขุน” ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2549 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
3. โครงการ “การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมักโคนม โดยใช้สารสกัดจากก้านและใบมะขามป้อม” ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
4. โครงการ “การใช้ยีสต์จากกระเพาะโคเสริมในอาหารสัตว์ต่อการลดความเป็นพิษของสารพิษจากเชื้อราในไก่กระทง” ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)
5. โครงการ “การศึกษาการเสริมไขมันไหลผ่านชนิดต่างๆ และผลต่อผลผลิตโคนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550 แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

c. งานตีพิมพ์ :

รายชื่อรายงานผลการวิจัยและเอกสารวิชาการ

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการ

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2548. ผลการเสริมน้ำมันพืชในอาหารต่อการให้ผลผลิต และปริมาณ Conjugated linoleic acid (CLA) ในน้ำนมของโคนม. ในเอกสารการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 5: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, คู่ขวัญ จุลละนันทน์ และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. ผลของการเสริมไขมันไหลผ่านต่อผลผลิตโคนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปราโมทย์ แพงคำ, วรพงษ์ สุริยภัทร และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ Conjugated linoleic acid ในน้ำนมโค. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, ปิตุนาถ หนูเสน และ วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2549. ผลการใช้กากมันสำปะหลังต่อผลผลิตโคนม. ในเอกสารการประชุมวิชาการโคนม 2549. ขอนแก่น: คณะสัตวแพทย์ศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Lounglawan, P., W. Suksombat and K. Chullanandana. 2006. The Effect of feeding rumen-protected fat on dairy cow performance. In: Proc. 12th AAAP Conference, Busan, Korea.

Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Noosen. 2006. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. In: Proc. 12th AAAP Conference, Busan, Korea.

Lounglawan, P., P. Paengkoum, W. Suriyapat and W. Suksombat. 2007. Effect of soybean oil and lactic acid bacteria supplementation on performance and CLA accumulation in milk of dairy cow. In Proc. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2007), Yunnan, China.

Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The effects of soybean oil and rumen protected conjugated linoleic acid on rumen fermentation, fatty acid profiles and CLA content in rumen digesta. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.

Suksombat, W., P., Lounglawan and N. Puanpan. 2008. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.

Khungaew, M., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2009. Silage Production from Cassava Peel as Energy Source. 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries Kuala Lumpur, Malaysia.

Phakachoed, N., P. Lounglawan, N. Puanpan, and W. Suksombat. 2010. Aflatoxin Adsorption Ability by Yeasts and Yeast Products. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Klangnork, P., P. Lounglawan, M. Khungaew, P. Paengsai, and W. Suksombat. 2010. Effects of Amla Leaves and Branches Addition to Concentrate on Performance of Lactating Dairy Cows. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Homkhao, J., P. Lounglawan, M. Khungaew, P. Paengsai, and W. Suksombat 2010. Effects of Amla Leaves and Branches Supplementation on Fermentation and Microbial Population of Lactating Dairy Cows. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Suksombat, W., P. Lounglawan, and P. Paengsai. 2010. Effects of Biotin Supplementation on Performance of Lactating Dairy Cows. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Lounglawan, P., M. Khungaew, W. Lounglawan, and W. Suksombat. 2010. Utilization of Cassava Peel as Energy Source of Silage. In: Proc. 14th AAAP Conference. Pingtung, Taiwan, the Republic of China.

Sornwongkaew, Y., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2011. Effect of using dried cassava peel as energy source of concentrate on milk yield and milk quality in dairy cows. 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries. Nakhon Ratchasima, Thailand

Lounglawan, P., Sornwongkaew, Y., Lounglawan, W. and Suksombat, W. (2012).Energy Evaluation and Utilization of Cassava Peel for Lactating Dairy Cows. ICABBBE 2012: International Conference on Agricultural, Food and Animal Sciences, Tokyo, Japan

Homkhao, J., Lounglawan, P., Wanapu, C., and Suksombat, W. (2012). Nutritive value of fungi and yeast fermented cassava product. The 1st International Conference on Animal Production and Environment. Can Tho city, Viet Nam.

Mirattanaphrai, R., Homkhao, J., Lounglawan, P. and Suksombat, W. (2012). Performance of lactating cows in response to linseed oil supplementation. The 1st International Conference on Animal Production and Environment. Can Tho city, Viet Nam.

Sumalu, K., Lounglawan, P. and Suksombat, W. (2012). Effect of cutting height and cutting age on production and nutritive value of sunnhemp (Crotalaria juncea). The 1st International Conference on Animal Production and Environment. Can Tho city, Viet Nam.

Jaijapo, W., Lounglawan, P. and Suksombat, W., (2012). Effects of Feeding Fermented Cassava Pulp on Performance of Lactating Dairy Cows. The 1st International Conference on Animal Production and Environment. Can Tho city, Viet Nam.

Noosen, P., Lounglawan, P. and Suksombat, W. (2012). Effect of Linseed Oil Supplementation on Performance of Lactating Dairy Cows. The 1st International Conference on Animal Production and Environment. Can Tho city, Viet Nam.

Lounglawan, P., Lounglawan, W. and Suksombat, W. (2013). Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Yield and Chemical Composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum americanum*). 2013 3rd International Conference on Asia Agriculture and Animal (ICAAA 2013). Moscow, Russia.

Lounglawan, P., Nanon, A. and Suksombat, W. (2014). Use of Cinnamon oil for manipulation of rumen microbial fermentation using Batch culture. International Conference on Life Science & Biological Engineering, Hokkaido. Japan.

Lounglawan, P., Nanon, A. and Suksombat, W. (2015). Effects of Garlic Oil on Rumen Microbial Fermentation using Batch Culture. International Conference on Agricultural & Biological Science, Beijing. China.

รายชื่อบทความวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ

พิทักษ์พงษ์ แพงสาย วิศิษฐิพร สุขสมบัติ และพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์. 2553. ผลของการเสริมไบโอตินในอาหารโคนมระยะแรกของการให้นมต่อผลผลิตและ องค์ประกอบของน้ำนม. วารสารวิชาการ ม.อบ. 12 (3): 86-91.

เมฆ ขวัญแก้ว, พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ และวิศิษฐิพร สุขสมบัติ. 2553. การใช้เปลือกมันสำปะหลังและกากมันสำปะหลัง เป็นส่วนผสมในการผลิตอาหารหยาบหมัก. วารสารวิชาการ ม.อบ. 12 (3): 92-103.

Suksombat, W. and P. Lounglawan. 2004. Silage from agricultural by-products in Thailand: processing and storage. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 17(4):473-478.

Lounglawan, P. 2006. The effect of soybean oil or sunflower oil supplementation on dairy cow performance and conjugated linoleic acid (CLA) in milk. Suranaree J. Sci. Technol. 13(3):235-243.

Suksombat, W., S. Samitayotin and P. Lounglawan. 2006. Effect of conjugated linoleic acid (CLA) supplementation in layer diets on fatty acid compositions of egg yolk and layer performances. Poult. Sci. 85:1603-1609.

Lounglawan, P., W. Suksombat and K. Chullanandana. 2007. The Effect of ruminal bypass fat on milk yields and milk composition of lactating dairy cow. Suranaree J. Sci. Technol 14(1):109-117.

Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Noosen. 2007. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol 14(1):99-107.

Suksombat, W., T. Boonmee and P. Lounglawan. 2007. Effects of Various Levels of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Fatty Acid Content and Carcass Composition of Broilers. Poult. Sci. 86:318-324.

Suksomabat, W., P. Lounglawan and C. Yowa. 2008. Effects of Conjugated Linoleic Acid (CLA) Supplementation on Performances, Carcass Quality and Fatty Acid Composition in Meat of Finishing Pigs. Suranaree J. Sci. Technol. 15(3):249-260.

Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The Effect of Hydrogenated Fat or Ca-Salt of Fatty Acids on Milk Yield, Composition and Milk Fatty Acid of Lactating Dairy Cows. Thai J. Agri. Sci. 41(1-2): 29-36

Lounglawan, P, W., Suksombat and N. Puanpan. 2009. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol. 16(2):159-168.

Lounglawan, P, and W., Suksombat. 2010. Effect of soybean oil and lactic acid bacteria supplementation on performance and CLA accumulation in milk of dairy cows. J. Anim. Vet. Adv. 10(7):868-674.

Lounglawan, P., M. Khungaew, and W. Suksombat. 2011. Silage production from cassava peel and cassava pulp as energy source in cattle diets. J. Anim. Vet. Adv. 10(9):1007-1011.

Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Paengsai, 2011. Effects of Biotin Supplementation on Milk Production, Milk Composition, Milk Fatty Acids, Ruminal pH, Ammonia Nitrogen and Volatile Fatty Acids in Lactating Dairy Cows. J. Anim. Vet. Adv. 10(16): 2186-2192.

Lounglawan, P., W. Lounglawan, and W. Suksombat. 2011. Effects of Feeding Glycerol to Lactating Dairy Cows on Milk Production and Composition. World Academy of Science, Engineering and Technology 80:481-483.

Klangnok, P., Lounglawan, P. and Suksombat, W. 2011. Effects of Met Hydroxy Analog Supplementation of Dairy Cow's Diets on Milk . Suranaree J. Sci. Technol. 18(2):99-108.

Phakachoed, N., Lounglawan, P., Suksombat, W. (2012). Effects of xylanase supplementation on ruminal digestibility in fistulated non-lactating dairy cows fed rice straw. Livestock Science. 149 (1-2), pp. 104-108.

Lounglawan, P., Lounglawan, W. and Suksombat, W. (2013). Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Yield and Chemical Composition of King Napier grass (Pennisetum purpureum x Pennisetum americanum). APCBEE Procedia 8 (2014) 27 – 31.

ประวัติผู้ร่วมโครงการวิจัย

1. **ชื่อ – สกุล:** นาย วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

2. รหัสประจำตัวประชาชน: 3-1911-00164-31-0

3. ตำแหน่งปัจจุบัน: รองศาสตราจารย์

4. หน่วยงานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมเลขหมายโทรศัพท์ และ E- mail

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ. นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์ 0-4422-4378 E- mail: wisitpor@sut.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ระดับการศึกษา	อักษรย่อปริญญาและชื่อเต็ม	สาขาวิชา	วิชาเอก	ชื่อสถาบันการศึกษา	ประเทศ
ป. ตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เกษตรศาสตร์	สัตวบาล	ม.เกษตรศาสตร์	ไทย
ป. โท	M.Agr.Sc. Master of Agricultural Science	Animal Science	Dairy Production	Massey Univ.	NZ
ป. เอก	Ph.D. Doctor of Philosophy	Animal Science	Dairy Production And Nutrition	Massey Univ.	NZ

6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ

1. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง
2. การจัดการโคนม
3. การจัดการโรงงานอาหารสัตว์ (โคนม)
4. การผลิตพืชอาหารสัตว์

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

a. สถานภาพหัวหน้าโครงการ :

1. โครงการ “ผลการเสริมสารโมเนนซินต่อผลผลิตของโคนม” ระยะเวลา ตุลาคม2541 – กันยายน 2543 งบประมาณ 425,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

2. โครงการ “การศึกษากรรมวิธีการผลิตอาหารหยาบหมักจากผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับโคนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2542 – กันยายน 2544 งบประมาณ 350,000 บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

3. โครงการ “การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2543 – กันยายน 2546 งบประมาณ 749,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

4. โครงการ “การศึกษาผลผลิตของถั่วไมยราและการใช้ถั่วไมยราเป็นอาหารไก่ไข่ ระยะเวลา ตุลาคม 2544 – กันยายน 2546 งบประมาณ 436,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

5. โครงการ “การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2545 – กันยายน 2547 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

6. โครงการ “ผลของการเสริม conjugated linoleic acid ในอาหารสัตว์ต่อผลผลิตและคุณภาพเนื้อสุกร เนื้อไก่ กระทงและไข่” ระยะเวลา ตุลาคม 2546 – กันยายน 2549 งบประมาณ 700,000 บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

7. โครงการเพิ่ม conjugated linoleic acid ในน้ำนมโคและผลิตภัณฑ์นม แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

8. โครงการเพิ่ม conjugated linoleic acid ในผลิตภัณฑ์สัตว์ (ผู้อำนวยการ) แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

9. โครงการ “การเพิ่ม conjugated linoleic acid ในเนื้อโคขุนโดยการเสริมน้ำมันพืชในอาหารโคขุน” ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2549 งบประมาณ 900,000.- บาท แหล่งทุนสภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

10. โครงการ “การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ไม่พึงประสงค์ในกระเพาะหมักโคนม โดยใช้สารสกัดจากก้านและใบมะขามป้อม” ระยะเวลา ตุลาคม 2547 – กันยายน 2550 งบประมาณ 1,000,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

11. โครงการ “การใช้ยีสต์จากกระเพาะโคเสริมในอาหารสัตว์ต่อการลดความเป็นพิษของสารพิษจากเชื้อราในไก่กระทง” ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 งบประมาณ 1,500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

12. โครงการ “การศึกษาการเสริมไขมันไหลผ่านชนิดต่างๆ และผลต่อผลผลิตโคนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2550 งบประมาณ 800,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

13. โครงการ “การศึกษาการเสริมโคลีนและไบโอตินต่อผลผลิตโคนม” ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2551 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

14. โครงการ “การศึกษาการยับยั้งจุลินทรีย์ที่ผลิตแอมโมเนียในกระเพาะหมักของโค และผลต่อผลผลิตโคนม โดยใช้สารสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชในท้องถิ่น” ระยะเวลา ตุลาคม 2549 – กันยายน 2552 งบประมาณ 800,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

15. โครงการ “การใช้ประโยชน์จากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมและสุกรขุน” ระยะเวลา ตุลาคม 2551 – กันยายน 2553 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

16. โครงการ “การปรับปรุงการใช้ประโยชน์ได้ทางโภชนะของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยการเสริมเอนไซม์เซลลูเลสและไซแลนเนส หรือส่วนผสมของเอนไซม์ทั้งสองชนิด” ระยะเวลา ตุลาคม 2552 – กันยายน 2555 งบประมาณ 500,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

17. โครงการ “การเพิ่มโปรตีนในกากมันสำปะหลังและเปลือกมันสำปะหลังโดยใช้จุลินทรีย์” ระยะเวลา ตุลาคม 2552 – กันยายน 2554 งบประมาณ 300,000.- บาท แหล่งทุน สภาวิจัยแห่งชาติ (มทส.)

b. งานตีพิมพ์ และงานนำเสนอผลงานประชุมวิชาการ

Suksombat, W., Holmes, C. W. and Wilson, G. F. 1994. Effects of herbage allowance and a highprotein supplement on performance of dairy cows grazing autumn-winter pasture. Proc.NZ. Soc. Anim. Prod. 54:83-86.

Suksombat, W. 1995. Growth rate of calves fed different types of calf milk replacer. Suranaree J.Technol. 2(3):157-160.

Suksombat, W. 1996. The effect of four different roughage-mixed on dairy cow performances in late lactation. Suranaree J. Technol. 3(3):139-145.

Suksombat, W. 1997. Production, growth and nutritive value of 6 forage species grown at Suranaree University of Technology. I. Initial growth. Suranaree J. Technol. 4(1):23-28.

Suksombat, W. 1997. Production, growth and nutritive value of 6 forage species grown at Suranaree University of Technology. II. First regrowth. Suranaree J. Technol. 4(2):109-114.

Suksombat, W. 1998. The effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during rainy season. Suranaree J. Technol. 5(2):80-87.

Suksombat, W. 1998. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cowperformances in mid lactation during rainy season. Thai J. Agric. Sci. 31(2):224-234.

Suksombat, W. 1999. Effect of feeding fresh forage and 3 roughage-mixed rations on dairy cow performances in early lactation during dry season. Suranaree J. Technol. 5:150-157.

Suksombat, W. 2000. Effect of feeding fresh forage and 3 pelleted roughage-mixed rations on dairy cow performances in mid lactation during dry season. Suranaree J. Technol. 7(2):130-136.

Suksombat, W. 2000. Performances of lactating cows fed 3 different total mixed rations. In: Proceedings of Quality Control in Animal Production: Nutrition, management, health and products. Chiang Mai University, Thailand.

Suksombat, W. 2004. Comparison of different alkali treatment of bagasse and rice straw. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 17(10):1430-1433.

Suksombat, W. and Buakeeree, K. 2006. Effect of Cutting Interval and Cutting Height on Yield and Chemical Composition of Hedge Lucerne (*Desmanthus virgatus*). Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 19(1):31-34.

Suksombat, W. and Buakeeree, K. 2006. Utilization of hedge lucerne (*Desmanthus* virgatus) meal as protein supplement in layer diets. Suranaree J. Technol. 13(2):181-187.

Suksombat, W. and Janpanichcharoen, P. 2005. Feeding of sugar cane silage to dairy cattle during the dry season. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(8):1125-1129.

Suksombat, W. and Karnchanatawee, S. 2005. Effect of various sources and levels of chromium on performances of broilers. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(11):1628-1633.

Suksombat, W. and Lounglawan, P. 2004. Silage from agricultural by-products for dairy cattle in Thailand: processing and storage. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 17(4):473-478.

Suksombat, W., Lounglawan, P., and Noosen, P. 2006. Energy and protein evaluation of five feedstuffs and utilization of cassava pulp as energy source for lactating dairy cows. Suranaree J. Technol. 14(1): 99-107.

Suksombat, W. and Mernkrathoke, P. 2005. Feeding of whole sugar cane to dairy cattle during the dry season. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 18(3):345-349.

Suksombat, W., and Srangarm, D. 1998. Effect of intraruminal monensin capsule on dairy cow performances in early lactation. Thai J. Agric. Sci. 31(3):402-410.

Suksomabat, W., Samitayothin, S., and Lounglawan, P. 2006. Effects of Conjugated Linoleic Acid Supplementation in Layer Diet upon Fatty Acid Compositions of Egg Yolk and Layer Performance. Poult. Sci. 85(9):1603-1609.

Suksomabat, W., Boonmee, T., and Lounglawan, P. 2007. Effects of Various Levels of Conjugated Linoleic Acid Supplementation on Performance of Broilers. Poult. Sci. 86: (2):318-324.

Suksomabat, W., Lounglawan, P., and Yowa, C. 2008. Effects of conjugated linoleic Acid (CLA) supplementation on performances, carcass quality and fatty acid composition in meat of finishing pigs Suranaree J. Technol. 15(3): 249-260.

Lounglawan, P., Suksombat, W., and Chullanandana, K. 2006. The Effect of ruminal bypass fat on milk yield, composition and milk fatty acid of lactating dairy cows**.** Suranaree J. Technol. 14(1): 109-117.

Lounglawan, P., Suksombat, W., and Chullanandana, K. 2006. The Effect of feeding rumenprotected fat on dairy cow performance. Proceedings of the 12th AAAP Animal Science Congress 2006: Challenges of Animal Industry for the Wellbeing of Mankind. 18th-22nd September, BEXCO, Busan, Korea.

Suksombat, W., Lounglawan, P., and Noosen, P. 2006. Energy evaluation and utilization of cassava pulp for dairy cows. Proceedings of the 12th AAAP Animal Science Congress 2006: Challenges of Animal Industry for the Wellbeing of Mankind. 18th-22nd September, BEXCO, Busan, Korea.

Lounglawan, P., P. Paengkoum, W. Suriyapat and W. Suksombat. 2007. Effect of soybean oil and lactic acid bacteria supplementation on performance and CLA accumulation in milk of dairy cow. In Proc. First International Conference on Sustainable Animal Agriculture in Developing Countries (SAADC2007), Yunnan, China.

Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The effects of soybean oil and rumen protected conjugated linoleic acid on rumen fermentation, fatty acid profiles and CLA content in rumen digesta. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.

Suksombat, W., P., Lounglawan and N. Puanpan. 2008. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. In: Proc. 13th AAAP Conference. Hanoi, Vietnam.

Khungaew, M., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2009. Silage Production from Cassava Peel as Energy Source. 2nd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries Kuala Lumpur, Malaysia.

Suksombat, W. and Chullanadana, K. 2008. Effects of soybean oil or rumen protected conjugated linoleic acid supplementation on accumulation of conjugated linoleic acid in dairy cows'milk. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 21(9): 1271-1277.

Suksombat, W. and Chullanadana, K. 2008. Effects of soybean oil or whole cotton seed addition on accumulation of conjugated linoleic acid in beef of fattening Brahman x Thai-Native cattle. Asian-Aust. J. of Anim. Sci. 21(10): 1458-1465.

Lounglawan, P., K. Chullanandana and W. Suksombat. 2008. The Effect of Hydrogenated Fat or Ca-Salt of Fatty Acids on Milk Yield, Composition and Milk Fatty Acid of Lactating Dairy Cows**.** Thai J. Agri. Sci. 41(1-2): 29-36

Lounglawan, P, W., Suksombat and N. Puanpan. 2009. Effects of soybean hulls as a replacement for ground corn on performance of lactating dairy cows. Suranaree J. Sci. Technol. 16(2):159-168

Suksombat, W., Lounglawan, P. and Paengsai, P.. 2010. Effects of biotin supplementation on performance of lactating dairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

Klangnork, P., Lounglawan, P., Khungaew, M., Paengsai, P. and Suksombat, W. 2010. Effects of amla leaves and branches addition to concentrate on performance of lactating dairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

Homkhao, J., Lounglawan, P., Khungaew, M., Paengsai, P. and Suksombat, W. 2010. Effects of amla leaves and branches supplementation on fermentation and microbial population of lactating dairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

Nanon, A., Klangnork, P., Homkhao, J. and Suksombat, W. 2010. The effects of feeding Met hydroxy analog plus MINTREX® Dairy on performance of lactatingdairy cows. 14th AAAP Animal Science Congress, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

Phakachoed, N., Lounglawan, P., Puanpan, N., and Suksombat, W. 2010. Aflatoxin adsorption ability by yeasts and yeast products. 14th AAAP Animal Science Congress, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

Lounglawan, P., khungaew, M. and Suksombat, W. 2010. Utilization of cassava peel as energy source of silage. 14th AAAP Animal Science Congress, August 23-27, 2010, Pingtung, Taiwan, ROC.

Suksombat, W., P. Lounglawan and P. Paengsai. 2011. Effects of Biotin Supplementation on Milk Production, Milk Composition, Milk Fatty Acids, Ruminal pH, Ammonia Nitrogen and Volatile Fatty Acids in Lactating Dairy Cows. J. Anim. Vet. Adv. 10(16): 2186-2192.

Suksombat, W., A. Nanon, P. Klangnork and J. Homkhao. 2011. Effects of Met hydroxy analog plus MINTREX Dairy supplementation on performance of lactating dairy cows. J. Anim. Vet. Adv. 10(21):2814-2818.

Suksombat, W., R. Mirattanaphrai and P. Paengsai. 2011. Performance of lactating dairy cows in response to supplementation of rumen-protected choline. J. Anim. Vet. Adv. 10(24): 3321- 3327.

Suksombat, W., C. Meeprom and R. Mirattanaphrai. 2013. Milk Production, Milk Composition, Live Weight Change and Milk Fatty Acid Composition in Lactating Dairy Cows in Response to Whole Linseed Supplementation. Asian-Aust. J. Anim. Sci.

Phakachoed, N., P. Lounglawan and W. Suksombat. 2012. Effects of xylanase supplementation on ruminal digestibility in fistulated non-lactating dairy cows fed rice straw. Livest. Sci. 149: 104-108.