



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: การใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงและใบไม้เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับโคเนื้อ

**Using of High Fibrous Feedstuff and Leave as Fiber Source in Total Mixed Ration for Beef
Cattles**

โดย: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ จำปาอะดี และคณะ

มิถุนายน พ.ศ. 2552

สัญญาเลขที่ MRG5080362

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ: การใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงและใบไม้เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับโคเนื้อ

Using of High Fibrous Feedstuff and Leave as Fiber Source in Total Mixed Ration for Beef
Cattles

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรงศักดิ์ จำปาอะดี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

รองศาสตราจารย์ ดร. โอภาส พิมพา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และสกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตรกรรมเฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์และสัตวศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่ในการทดลอง ขอขอบคุณนิสิตปริญญาตรีที่ให้ความช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้จนเสร็จลุล่วงด้วยดี และ ขอขอบคุณต่อสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่กรุณาให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้

มิถุนายน 2552

คณะผู้วิจัย

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้แหล่งวัตถุดิบเชื้อไขสูงและใบไม้เป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมักในหลอดทดลอง การกินได้ กระบวนการหมักในกระเพาะหมักยูเรียในเลือด การย่อยได้ของโภชนะและพฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องในโคนม การทดลองครั้งนี้แบ่งออกเป็น 4 การทดลอง ผลการทดลองมีดังต่อไปนี้

การทดลองที่ 1: เป็นการทดลองที่ศึกษาถึงผลของวัตถุดิบเชื้อไขสูงเป็นแหล่งเชื้อไขในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊สและกระบวนการหมักในหลอดทดลองโดยเทคนิคแก๊สโปรดัคชัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในแต่ละกลุ่มการทดลองมีห้าซ้ำ กลุ่มการทดลองได้แก่ กลุ่มที่ 1 ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อไข (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อไข กลุ่มที่ 3 ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไข กลุ่มที่ 4 ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อไขและกลุ่มที่ 5 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไข ผลการทดลองพบว่า จลศาสตร์การผลิตแก๊ส การย่อยได้ในหลอดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแต่ละกลุ่มการทดลอง การใช้กากถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไขมีผลทำให้การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักในหลอดทดลองได้แก่ แอมโมเนีย กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด และความเป็นกรดเป็นด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่อย่างไรก็ตามระดับความเป็นกรดค่ามีค่าอยู่ระหว่าง 7.01-7.16 ซึ่งแต่ละกลุ่มการทดลองทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสม ความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในทุกกลุ่ม การทดลองต่อไปความต่อไปควรศึกษาถึงผลของวัตถุดิบเชื้อไขสูงในอาหารที่ใช้แหล่งเชื้อไขในอาหารผสมเสร็จโดยทดลองในตัวสัตว์

การทดลองที่ 2: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้วัตถุดิบอาหารเชื้อไขสูงเป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก ใช้โคลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองจำนวน 5 ตัว โดยมีน้ำหนักเริ่มต้น 188 ± 16.56 กิโลกรัม ใช้แผนการทดลองแบบ 5×5 จัสตริสลาตินในแต่ละช่วงการทดลองใช้ระยะเวลา 21 วัน โดยมีกลุ่มการทดลองดังนี้คือกลุ่มที่ 1 ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อไข กลุ่มที่ 2 ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อไข กลุ่มที่ 3 ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไข กลุ่มที่ 4 ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อไขและกลุ่มที่ 5 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไข ผลการทดลองพบว่า ปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ เวลาในการเคี้ยวเอื้อง จำนวนครั้งในการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) การใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไขมีผลในทางลบต่อปริมาณการกินได้ และกระบวนการเคี้ยวเอื้องถึงแม้จะเสริมแหล่งเชื้อไขที่มีเส้นใยยาวเข้าไป 5 เปอร์เซ็นต์แต่กากมะเขือเทศกากเบียร์ เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูปได้เมื่อเสริมเชื้อไขเส้นยาว 5 เปอร์เซ็นต์

การทดลองที่ 3: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมักในหลอดทดลองใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มีทั้งหมด 4 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองละ 5 ซ้ำโดยกลุ่มการทดลองมีดังนี้คือ กลุ่มที่ 1 ใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย กลุ่มที่ 2 ใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย กลุ่มที่ 3 ใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย และกลุ่มที่ 4 ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใยผลการทดลองพบว่าจุลศาสตร์การผลิตแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลองมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใยมีศักยภาพในการผลิตแก๊สสูงสุดแต่อย่างไรก็ตามพบว่าอัตราการเกิดแก๊สและความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลองในกลุ่มใบข่อยจะมีค่าต่ำสุด ผลต่อกระบวนการหมักได้แก่แอมโมเนียในโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยง่ายและความเป็นกรดต่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างไรก็ตามทุกกลุ่มทดลองมีค่าแอมโมเนียในโตรเจนและกรดไขมันที่ระเหยง่ายอยู่ในระดับปกติและนอกจากนั้นระดับความเป็นกรดต่างก็อยู่ในระดับปกติด้วยดังนั้นการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าใบประดู่ใบจามจุรีและใบข่อยสามารถใช้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปจะไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักในหลอดทดลอง

การทดลองที่ 4: การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ การเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก โดยใช้โคพันธุ์ลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองที่มีน้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 233.3 ± 13.09 กิโลกรัม โดยใช้แผนการทดลองแบบ 4x4 จัสตรัสลาตินใช้ระยะเวลาการทดลองแต่ละช่วง 21 วันโดยมีกลุ่มการทดลองดังนี้คือ กลุ่มที่ 1 ใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย กลุ่มที่ 2 ใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย กลุ่มที่ 3 ใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย และกลุ่มที่ 4 ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใย ผลการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ เวลาในการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทดลอง ($p < 0.05$) ปริมาณการกินได้ของกลุ่มที่ได้รับใบข่อยและใบประดู่จะสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับใบจามจุรีและกลุ่มควบคุม จำนวนครั้งของการเคี้ยวเอื้องจะสูงที่สุดในกลุ่มที่ได้รับใบประดู่หลังให้อาหารสองชั่วโมงกลุ่มที่ได้รับอาหารควบคุมจะมีระดับแอมโมเนียสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นแต่อย่างไรก็ตามแหล่งเชื้อใยจากใบไม้มีผลในทางบวกต่อการกินได้การเคี้ยวเอื้อง ดังนั้นการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่ได้โดยเฉพาะช่วงที่ขาดแคลนอาหารหยาบ

คำสำคัญ: อาหารผสมสำเร็จรูป, แหล่งเชื้อใย, ปริมาณการกินได้, การย่อยได้, กระบวนการหมักในกระเพาะหมัก, โคเนื้อ

Abstract

The objectives of this investigation were to examine effects of high fibrous feedstuff and leave as fiber source in total mixed ration on *in vitro* fermentations, feed intake, ruminal fermentation, blood urea nitrogen, nutrient digestibility and chewing behaviors. This research was divided into 4 experiments. The results revealed the following information:

Experiment 1: The objective of this study was to determine the effect of non forage high fibrous feedstuffs as fiber sources in a total mixed ration on gas production characteristics and *in vitro* fermentation using an *in vitro* gas production technique. The experiment was designed in CRD with five replicates per treatment. The fiber sources in the total mixed ration were rice straw (rt-TMR), tomato pomace (tp-TMR), palm meal (pm-TMR), dried brewer gain (db-TMR) and soybean hulls (sh-TMR). The results showed that kinetic gas production, *in vitro* dry matter digestibility and *in vitro* organic matter digestibility, were significantly different among treatments ($p < 0.05$). The soybean hulls as a fiber source in the total mixed ration gave the highest IVDMD, IVOMD, and gas production parameter. *In vitro* fermentation end-products consisting of $\text{NH}_3\text{-N}$, TVFA and pH were significantly different among the treatments ($p < 0.05$); however, the pH values were relatively stable at 7.01-7.16, all treatment means were within the normal range. $\text{NH}_3\text{-N}$ concentration was in the optimal range for rumen ecology microbial activity. Future research should investigate the impact of the ability of non forage high fibrous feed to replace forage in intact animal.

Experiment 2: The objective of this study was to determine the effect of non forage fiber sources in a total mixed ration on feed intake, nutrient digestibility, chewing behaviours and ruminal fermentation. Five Brahman-Thai native crossbred steers with an average initial body weight of 188 ± 16.56 kg were randomly assigned in a 5x5 Latin Square Design. During each of five 21 d periods, the animals were fed five total mixed rations that varied in the non forage fiber sources: 1) rice straw as fiber sources (rt-TMR, control), 2) tomato pomace as fiber source (tp-TMR), 3) palm meal as fiber source (pm-TMR), 4) dried brewer gain as fiber source (db-TMR), 5) soybean hulls as fiber source (sh-TMR). The results showed that feed intake, crude protein digestibility, chewing time, total number of chew and ruminal fermentation were significantly different among treatments ($p < 0.05$). The palm meal as a fiber source in the total mixed ration has negative effect on feed intake and chewing behaviours, although enhanced by 5 % of long hey fiber. However, tomato pomace, dried brewer gain, and soybean hulls can be used as fiber sources in TMRs, when enhanced with 5 % of long hey fiber.

Experiment 3: The objective of this study was emphasized on effect of leaves as fiber sources in total mixed ration on *in vitro* fermentation using *in vitro* gas production technique. The experimental was designed in CRD with five replicates per treatment. The fiber sources in total mixed ration were corn cob (control group), Burma padauk leaves, rain tree leaves and Siamese rough bush leaves. The results showed that the kinetic of gas production and digestibility were statistical significantly differences among treatment ($p<0.05$). The corn cop as fiber source in total mixed ration gave the highest potential of extent of gas production. However, highest rate of gas production and digestibility were observed in the Siamese rough bush leaves as fiber source. Ruminal fermentation end-products consisted of ammonia nitrogen and volatile fatty acid were significantly differences among treatments ($p<0.05$). All treatment means were within the normal range. The pH values were relatively stable at 7.0-7.3. The results demonstrated that Burma padauk leaves, rain tree leaves and Siamese rough bush leaves can be used as fiber sources in total mixed ration. Importantly, leaves are abundant and available for feeding the ruminants in dry season.

Experiment 4: The objective of this study was to determine the effect of fodder tree as fiber sources in a total mixed ration on feed intake, nutrient digestibility, chewing behavior and ruminal fermentation. Four Brahman-Thai native crossbred steers with an average initial body weight of 233.3 ± 13.09 kg were randomly assigned in a 4x4 Latin Square Design. During each of four 21 d periods, the animals were fed four total mixed rations that varied in the fiber sources: 1) corn cob as fiber sources (C-TMR, control), 2) burma padauk leave as fiber source (B-TMR), 3) rain tree leave as fiber source (R-TMR) and 4) siamese rough bush leave as fiber source (S-TMR). The results showed that feed intake, crude protein digestibility, chewing time, and ruminal fermentation were significantly different among treatments ($p<0.05$). Dry matter intake of animal fed R-TMR, B-TMR had higher than S-TMR and C-TMR (control). In this study, R-TMR had lowest crude protein digestibility. The number of chewing had highest when animals fed B-TMR. At 2 h post feeding C-TMR had the highest $\text{NH}_3\text{-N}$, when compared with other TMRs. The fodder tree as a fiber source in the total mixed ration has positive effect on feed intake and chewing behavior. Therefore, fodder trees can be use as fiber sources in TMR, especially when acute shortage of conventional fiber sources.

Key words: Total mixed ration, fiber sources, feed intake, digestibility, ruminal fermentation, beef cattle

หน้าสรุปโครงการ (Executive Summary)

งานวิจัยเรื่อง การใช้วัตถุดิบเชื้อใยสูงและใบไม้เป็นแหล่งใยในอาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับโคเนื้อ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. โอภาส พิมพา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เขตการศึกษาสุราษฎร์ธานี เป็นนักวิจัยที่เลื่องงานวิจัยครั้งนี้มีมุ่งเน้นศึกษาถึงแหล่งของใยในอาหารผสมสำเร็จรูปซึ่งมีสองส่วนด้วยกันคือ

ส่วนที่ 1 ทำการศึกษาถึงการใช้ วัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งใยในอาหารผสมสำเร็จรูปโดยทำการทดลองในหลอดทดลองและในตัวสัตว์จากการทดลองใช้แหล่งวัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะในการผลิตแก๊ส การย่อยได้ในหลอดทดลองและกระบวนการหมักในหลอดทดลองพบว่าใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีคุณลักษณะการผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลองสูงที่สุดความเข้มข้นของแอมโมเนีย กรดไขมันที่ระเหยได้และความเป็นกรดต่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกลุ่มการทดลองแต่อยู่ในระดับปกติ และเมื่อนำมาทดลองในตัวสัตว์ พบว่าสัตว์ทดลองที่กินอาหารที่มีกากปาล์มเป็นแหล่งใยมีผลกระทบทางลบต่อปริมาณการกินได้และการเคี้ยวเอื้องถึงแม้ว่าจะเสริมใยเส้นยาว 5 เปอร์เซ็นต์ การใช้กากมะเขือเทศ กากเบียร์และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งใยในอาหารผสมสำเร็จรูปสามารถทำได้เมื่อเสริมใยเส้นยาวลงไป 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

ส่วนที่ 2 ทำการศึกษาผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งใยในอาหารผสมสำเร็จรูปโดยทดลองในหลอดทดลองและในตัวสัตว์พบว่าการใช้ใบไม้เป็นแหล่งใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีผลต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊สการย่อยได้ในหลอดทดลองและกระบวนการหมักในหลอดทดลอง การใช้ขังข้าวโพดเป็นแหล่งใยให้ค่าคุณลักษณะในการผลิตแก๊สสูงที่สุดและพบว่าในกลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งใยมีผลทำให้การย่อยได้ในหลอดทดลองสูงที่สุด ระดับของแอมโมเนียในโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยได้และความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักมีค่าแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลองและเมื่อนำมาทดลองในตัวสัตว์พบว่าสัตว์ที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีใบไม้เป็นแหล่งใยมีผลกระทบทางบวกต่อปริมาณการกินได้และการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ใบประดู่ ใบจามจุรี และใบข่อยสามารถใช้เป็นแหล่งใยในอาหารผสมสำเร็จรูปได้อย่างดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อขาดแคลนอาหารหยาบ

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาทั้งสิ้น 2 ปีและมีผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติจำนวน 4 เรื่องและนำเสนอในที่ประชุมวิชาการนานาชาติที่ประเทศเวียดนามจำนวน 1 เรื่อง ดังต่อไปนี้

1. Chumpawadee, S. and O. Pimpa. 2008. Effect of non forage high fibrous feedstuffs as fiber sources in total mixed ration on gas production characteristics and in vitro fermentation. Pakistan Journal of Nutrition., 7(3): 459-463.

2. Chumpawadee, S. and O. Pimpa. 2009. Effect of burma badauk (*Plerocarpus indicus*), rain tree (*Samanea saman* (Jacq.) Merr) and siamese rough bush (*Streblus asper*) leaves as fiber sources in total mixed ration on *in vitro* fermentation. Asian Journal of Animal and Veterinary Advances 4(1): 1-8.
3. Chumpawadee, S. and O. Pimpa. 2009. Effect of fodder tree as fiber sources in total mixed ration on feed intake, nutrient digestibility, chewing behavior and ruminal fermentation in beef cattle. Journal of Animal and Veterinary Advances. 8(7):1279-1284.
4. Chumpawadee, S. and O. Pimpa. 2008. Effect of burma badauk (*Plerocarpus indicus*), rain tree (*Samanea saman* (Jacq.) Merr) and siamese rough bush (*Streblus asper*) leaves as fiber sources in total mixed ration on *in vitro* fermentation: In proceedings The 13th Animal Sciences Congress of the Asian-Australasian Association of Animal Production Societies. September 22-26, 2008-Hanoi, Vietnam. (Abstract)
5. Chumpawadee, S. and O. Pimpa. 2009. Effects of Non Forage Fiber Sources in Total Mixed Ration on Feed Intake, Nutrient Digestibility, Chewing Behavior and Ruminal Fermentation in Beef Cattle. Accepted in Journal of Animal and Veterinary Advances.

สารบัญ

บทที่	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ตรวจเอกสาร	3
บทที่ 3 ผลของการใช้วัตถุดิบเชื้อไขสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูป ต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊สและกระบวนการหมักในหลอดทดลอง	10
บทที่ 4 ผลของการใช้วัตถุดิบเชื้อไขสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูป ต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมัก ในกระเพาะหมักในโคเนื้อ	20
บทที่ 5 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊ส การย่อยได้และกระบวนการหมักในหลอดทดลอง	30
บทที่ 6 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ ของโภชนะ พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคเนื้อ	39
บทที่ 7 บทสรุปทั่วไป	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	56

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในปัจจุบันอาชีพทางด้านปศุสัตว์ เป็นอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก รูปแบบและวิธีการเลี้ยงได้พัฒนามากขึ้นกว่าเดิม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตที่มีคุณภาพควบคู่ไปกับต้นทุนการผลิตที่ต่ำ การเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องก็เช่นกัน ที่ได้มีการพัฒนาการเลี้ยงซึ่งมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว อาหารสัตว์นับเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญในการเลี้ยงสัตว์ สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความแตกต่างจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวในเรื่องของการใช้อาหารคือ สามารถใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์ได้หลายชนิดที่สัตว์กระเพาะเดี่ยวใช้ได้น้อยหรือใช้ไม่ได้เลย เนื่องจากกระเพาะของสัตว์เคี้ยวเอื้องแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน และมีส่วนของกระเพาะแท้ที่ทำหน้าที่เหมือนกับกระเพาะของสัตว์กระเพาะเดี่ยว นอกจากนี้ในส่วนของกระเพาะรูเมนและเรติคูลัมยังมีจุลินทรีย์ที่ทำหน้าที่ในการย่อยและหมักอาหารที่สัตว์นั้นกินเข้าไป จากการหมักของจุลินทรีย์นี้เองทำให้อาหารที่สัตว์กินเข้าไป ถูกนำไปใช้เป็นแหล่งของพลังงาน โปรตีน ไขมัน และสารอาหารต่าง ๆ เพื่อใช้ในร่างกายสัตว์

ประเทศไทยมีการเลี้ยงสัตว์เพิ่มมากขึ้นโดยเฉพาะโคเนื้อและโคนม ซึ่งในปี พ.ศ.2547 ประเทศไทยมีจำนวนโคนมทั้งหมด 408,350 ตัว และโคเนื้อทั้งหมดประมาณ 6,668,332 ตัว แต่ในปี พ.ศ. 2548 ประเทศไทยมีจำนวนโคนมทั้งหมด 478,836 ตัวและมีจำนวนโคเนื้อ 7,796,272 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2549) และยังมีโครงการโคล้านตัวที่เป็นนโยบายของรัฐบาล ซึ่งส่งผลให้มีความต้องการอาหารในการเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น อาหารหยาบนั้นเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีเชื้อใยมากกว่า 18% เช่น หญ้า พืชตระกูลถั่วรวมทั้งวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟาง ข้าว ชานอ้อย ต้นข้าวโพดและเปลือกสับปะรด เป็นต้น แต่มักจะมีไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้เลี้ยงสัตว์เนื่องจากมีปริมาณที่จำกัด การที่จะทำให้สัตว์ได้รับโภชนาตามความต้องการจึงต้องมีการเสริมอาหารขึ้น ซึ่งจะเป็นการช่วยลดปริมาณอาหารหยาบลงไปด้วย แต่ต้องมีการใช้อย่างถูกต้องตามหลักการ อาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและความพอใจของผู้เลี้ยง สำหรับอาหาร Total Mixed Ration (TMR) หรือ Complete Ration (CR) หรืออาหารผสมสำเร็จรูปก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งในการประกอบสูตรอาหารเพื่อใช้ในการเลี้ยงโคเนื้อและโคนม โดยการใช้อาหารหยาบผสมกับอาหารข้นในอัตราส่วนที่เหมาะสมโดยคำนวณสัดส่วนของอาหารทั้ง 2 ชนิดตามความต้องการของสัตว์ (กรมปศุสัตว์, 2545) ในการทำอาหารสัตว์ที่ดีนั้นนอกจากจะต้องคำนวณให้ได้สูตรอาหารที่มีโภชนาครบถ้วนตามความต้องการของ

สัตว์ในระยะต่าง ๆ แล้วนั้น ยังต้องมีการผสมสูตรอาหารนั้น ๆ ให้เข้ากันสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่ว่าสัตว์จะกินส่วนใดของอาหารสัตว์ต้องได้รับสัดส่วนของวัตถุดิบอาหารชนิดต่าง ๆ เหมือนเดิม เพื่อให้สัตว์ได้รับโภชนาอย่างเพียงพอแก่ความต้องการ (ทรงศักดิ์, 2542) การให้อาหารผสมสำเร็จจะเป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มปริมาณการกินได้ลดการเลือกกินของสัตว์ (ไพบูลย์และคณะ, 2539) สามารถควบคุมระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนให้คงที่ได้ดีกว่าการให้อาหารแยกกัน (กรมปศุสัตว์, 2545) ความเป็นกรดต่าง (pH) ภายในกระเพาะรูเมนไม่เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอ (Spahr et al., 1993; จลอง, 2541) เป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดแรงงาน (Bath et al., 1979) สะดวกในการให้อาหาร และง่ายต่อการจัดเก็บ (Everson et al., 1976)

ถึงแม้ว่าอาหารผสมสำเร็จรูปจะมีข้อดีหลายอย่างตามที่ได้กล่าวมาข้างต้นแต่ การหาแหล่งเชื้อเอนไซม์มาผสมนั้นยังมีวิธีการที่ยุ่งยากโดยเฉพาะถ้าเป็นพืชอาหารสัตว์หรือเศษเหลือใช้ทางการเกษตรจะมีเส้นใยของพืชยาวต้องทำการบดก่อนถึงจะนำมาผสมอาหารผสมสำเร็จรูปได้ซึ่งเป็นการเพิ่มต้นทุนอีกทางหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามมีวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีเชื้อเอนไซม์สูงที่ไม่ต้องนำไปบดแปรรูปก็สามารถนำมาผสมในอาหารผสมสำเร็จรูปเพื่อวัตถุประสงค์ในการเป็นแหล่งเชื้อเอนไซม์ได้หลายชนิดด้วยกันและนอกจากนั้นการใช้แหล่งเชื้อเอนไซม์จากใบไม้ธรรมชาติซึ่งมีมากในท้องถิ่นก็เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถใช้เป็นแหล่งเชื้อเอนไซม์ในอาหารผสมสำเร็จรูปได้ แต่อย่างไรก็ตาม การใช้วัตถุดิบที่มีเชื้อเอนไซม์สูงและใบไม้ในการเป็นแหล่งเชื้อเอนไซม์ ยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับผลการใช้ประโยชน์ในสัตว์โดยเฉพาะการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมัก และการเคี้ยวเอื้อง ดังนั้นเพื่อเป็นการค้นหาแหล่งเชื้อเอนไซม์ที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นแหล่งอาหารผสมสำเร็จรูป การทดลองครั้งนี้จึงแบ่งการทดลองออกเป็นสองส่วนคือขั้นแรกเป็นการทดลองในหลอดทดลองเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการทดลองในสัตว์และหลังจากนั้นทำการทดลองในสัตว์

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาถึงผลของวัตถุดิบเชื้อเอนไซม์สูงและใบไม้ในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมักในหลอดทดลอง
2. เพื่อศึกษาถึงผลของวัตถุดิบเชื้อเอนไซม์สูงและใบไม้ในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อจุลศาสตร์การผลิตแก๊สโดยใช้เทคนิคแก๊สโปรคักชั่น

3.เพื่อศึกษาถึงผลของวัตถุดิบเชื้อไขสูงและใบไม้ ในอาหารผสมสำเร็จรูป ต่อการย่อย
ได้ในหลอดทดลอง

4. เพื่อศึกษาถึงผลของวัตถุดิบเชื้อไขสูงและใบไม้ ในอาหารผสมสำเร็จรูป ต่อการกิน
ได้ การย่อยได้ กระบวนการหมัก การเคี้ยวเอื้อง ในโคเนื้อลูกผสมบราห์มันพื้นเมือง

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

อาหารหยาบ

อาหารหยาบจัดได้ว่าเป็นอาหารที่จำเป็นต่อสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งถ้าไม่มีการให้อาหารหยาบแก่สัตว์เคี้ยวเอื้องเลย จะทำให้สภาวะภายในรูเมนสูญเสียไป แม้ว่าสัตว์จะได้รับอาหารอย่างอื่นก็ตาม เนื่องจากระบบการนำใช้อาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีการนำไปใช้ประโยชน์ของกรดไขมันที่ระเหยได้ผ่านกระบวนการเมทาโบลิซึม เพื่อให้ได้พลังงานออกมา (เมธา, 2533 และ จลอง, 2541) อาหารหยาบโดยทั่วไปแล้วจะมีเยื่อใยสูงเกินกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ และให้โภชนะที่น้อยได้ต่ำ พลังงานต่ำ อีกทั้งยังมีส่วนประกอบพวกเซลลูโลส (cellulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ค่อนข้างสูง (ทรงศักดิ์, 2545) ซึ่งแหล่งอาหารหยาบที่สำคัญนั้นสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ อาหารหยาบที่ได้จากพืชอาหารสัตว์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกพืชตระกูลหญ้าพืชตระกูลถั่ว และวัสดุพลอยได้จากการปลูกพืช เช่น ฟางข้าว ต้นข้าวโพด ตอซังข้าวโพด ดังนั้นอาหารที่ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจึงประกอบไปด้วย อาหารหยาบซึ่งได้จากพืชส่วนใหญ่ในปริมาณมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบที่สัตว์กินเข้าไป จึงทำให้เกษตรกรจำเป็นต้องหาวัตถุดิบที่เป็นแหล่งอาหารหยาบให้เพียงพอต่อความต้องการที่ใช้เป็นอาหารของเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง

อาหารผสมสำเร็จรูป

ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีการแยกให้อาหารระหว่างอาหารข้น และอาหารหยาบ ซึ่งจะมีผลทำให้ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนไม่คงที่ โดยระดับของค่าความเป็นกรด-ด่าง จะต่ำในช่วงที่โคได้รับอาหารข้น และค่าความเป็นกรด-ด่าง จะสูงเมื่อโคได้รับอาหารหยาบ ซึ่งการที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนมีการเปลี่ยนแปลงจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ภายในรูเมนได้ (สมชาย, 2536 อ้างโดย ไพบุญย์, 2537) จึงมีแนวคิดในการให้อาหารข้นและอาหารหยาบพร้อมๆกัน ในรูปแบบของอาหารผสมสำเร็จรูป ซึ่งพบว่าการให้อาหารผสมสำเร็จรูปมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับค่าความเป็นกรด-ด่าง ในรูเมนคือ ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างในรูเมนมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก (Ørskov, 1994) อาหารผสมสำเร็จรูปเป็นการนำเอาวัตถุดิบอาหารสัตว์มาผสมกัน ในสัดส่วนที่เหมาะสม และมีโภชนะต่างๆ ครอบคลุมความต้องการของสัตว์ โดยสูตรอาหารจะได้จากการคำนวณเป็นสูตรมาตรฐาน เพื่อใช้เลี้ยงสัตว์ในระยะต่างๆ ของการให้ผลผลิต

การให้อาหารผสมสำเร็จรูปเป็นวิธีที่ง่ายต่อการจัดการ ประหยัดแรงงาน (Bath et al., 1979) สะดวกในการให้อาหาร และง่ายต่อการจัดเก็บ (Everson et al., 1976) สัตว์จะได้รับโภชนะครบถ้วน และมีสัดส่วนสม่ำเสมอตามความต้องการของสัตว์ (Owen, 1979) ขนาดของอาหารหยาบที่ใช้ใน

ส่วนประกอบของอาหารผสมสำเร็จรูป ควรจะมีความยาวไม่ต่ำกว่า 1.5 – 2 นิ้ว จึงทำให้การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนมีประสิทธิภาพอย่างเต็มที่ (Allen, 1991) อาหารหยาบในอาหารผสมสำเร็จรูป ที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือ พืชอาหารสัตว์ ขอดอ้อย ฟางข้าว ชังข้าวโพด เป็นต้น และยังมีวัตถุดิบอาหารสัตว์อีกหลายชนิดที่นิยมนำมาให้เป็นแหล่งอาหารหยาบ จากงานวิจัยของ Chumpawadee et al. (2005) พบว่าวัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดสามารถนำมาเป็นแหล่งเชื้อใยแทนพืชอาหารสัตว์ได้ ซึ่งแหล่งอาหารหยาบดังกล่าวต้องนำมาลดขนาดของเชื้อใยเพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ได้ อาจทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการลดขนาดของอาหาร นอกจากอาหารหยาบจะเป็นแหล่งเชื้อใยแล้วยังเป็นแหล่งโปรตีนอีกด้วย (ปรารณา, 2541) การให้อาหารผสมสำเร็จรูป เป็นวิธีหนึ่งที่ช่วยทำให้ค่า pH ภายในกระเพาะรูเมนไม่เปลี่ยนแปลงมาก ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์และสม่ำเสมอ (Spahr et al., 1993; นลอง, 2541)

กระบวนการเกิดแก๊สในกระเพาะรูเมน

อาหารหยาบที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินจะมีเชื้อใยสูง และมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปอยู่ในรูปสารประกอบน้ำตาล เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพกติน และแป้ง (นลอง, 2541) คาร์โบไฮเดรตถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ภายในรูเมนได้น้ำตาลเชิงเดี่ยว คือ กลูโคส ซึ่งอัตราการย่อยสลายจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับจุลินทรีย์ ซึ่งกลูโคสจะถูกย่อยสลายกลายเป็นกรดไพรูวิก ซึ่งจะนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นกรดไขมันระเหยได้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้เกือบทั้งหมดถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดไขมันระเหยได้ในรูเมน ซึ่งกรดไขมันระเหยได้จะใช้เป็นพลังงานที่สำคัญ โดยกรดไขมันที่ระเหยได้นี้จะให้พลังงานถึง 80 เปอร์เซ็นต์ที่สัตว์ต้องการ กรดที่สำคัญได้แก่ กรดอะซิติก (Acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (Propionic acid) และกรดบิวทีริก (Butyric) นอกจากนี้ยังมีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ และยังมีแก๊สมีเทนประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ (เมธา, 2533) อัตราการผลิตแก๊สในรูเมนจะเร็วที่สุดทันทีที่กินอาหารเข้าไป โดยอาจจะสูงถึง 30 ลิตรต่อชั่วโมง หรือ 600 ลิตรต่อวัน คาร์บอนไดออกไซด์ส่วนหนึ่งเกิดจากการย่อย และอีกส่วนหนึ่งเกิดจากการทำปฏิกิริยาของกรดอินทรีย์กับไบคาร์บอเนตในน้ำลาย ส่วนมีเทนเกิดจากการทำปฏิกิริยาระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์กับน้ำ ซึ่งมีเทนจะเกิดขึ้น 4.5 กรัมต่อคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ 100 กรัม และสัตว์เคี้ยวเอื้องจะสูญเสียพลังงานในรูปของแก๊สมีเทนไปประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานทั้งหมด (บุญล้อม, 2541)

เทคนิคแก๊สโปรดักชันในการศึกษาความสามารถในการย่อยสลายอาหาร

เทคนิคแก๊สโปรดักชันนี้จะใช้หลักการที่ว่า เมื่ออาหารถูกหมักย่อยในกระเพาะรูเมนจะทำให้เกิดแก๊ส หากมีแก๊สมากแสดงว่าอาหารถูกย่อยได้มาก แต่หากเกิดแก๊สน้อยแสดงว่าอาหารถูกย่อย

น้อย ซึ่งผลผลิตที่เกิดส่วนใหญ่ คือ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สมีเทน และเซลล์ของจุลินทรีย์ (ทรงศักดิ์ และยุทธชัย , 2542; Getachew et al., 1998) Menke et al. (1979) ได้หาการย่อยได้แบบ *in vitro* และวัดหาพลังงานการใช้ประโยชน์ได้ แล้วหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าดังกล่าวกับปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง โดยศึกษาจากอาหาร 200 ชนิด โดยศึกษาในหลอดแก้วขนาดใหญ่อลักษณะคล้ายกระบอกนิตยา และมีขีดบอกปริมาตรด้านข้างหลอด พบว่าค่าแก๊สมีความสัมพันธ์กันสูงกับปริมาณอาหารที่ย่อยได้

จากการศึกษาของ Aiple et al. (1996) ได้เปรียบเทียบเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ประเมินค่าพลังงานสุทธิ คือเทคนิคเอนไซม์ เทคนิค Crude nutrient และเทคนิคแก๊สโปรดักชัน โดยได้ทดลองใช้อาหารเพียงชนิดเดียว และพบว่าเทคนิคแก๊สโปรดักชัน ต่อมาเทคนิคแก๊สโปรดักชันได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการประเมินความสามารถในการย่อยสลายของเชื้อและยังสามารถนำมาคำนวณหาอัตราการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะหมัก ซึ่งทำการทดลองในห้องปฏิบัติการได้และสะดวกรวดเร็วกว่าวิธีอื่นๆ ที่ทำการทดลองในสัตว์ (Getachew et al., 1998)

การเกิดแก๊สในสัตว์มีความสัมพันธ์กับกระบวนการหมักในรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องซึ่งจะทำให้เกิดอัตราการย่อยสลายของอาหาร Menke et al. (1979) ได้ทำการบ่มตัวอย่างอาหาร กับของเหลวจากกระเพาะรูเมนแกะในขวดทดลอง ใช้ระยะเวลาในการบ่ม 24 ชั่วโมง และควบคุมอุณหภูมิในการบ่ม 39 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับกระเพาะหมักจริง จากนั้นทำการวัดแก๊สในกระบอกนิตยา ที่มีความดันคล้ายกับกระเพาะรูเมนและอ่านค่าแก๊ส Blummel and Ørskov (1993) ได้ดัดแปลงการทดลองของ Menke et al. (1979) ทำการทดลองโดยบ่มขวดทดลองในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส และทำการวัดแก๊สที่เวลา 72 ชั่วโมง ต่อมาได้มีการพัฒนาระบบการใช้เทคนิคแก๊สโปรดักชัน ซึ่งได้ทำการทดลองนำพืชอาหารสัตว์มาประเมินค่าการย่อยสลาย โดยนำพืชอาหารมา 0.2 กรัมวัตถุแห้ง นำมาบ่มกับน้ำย่อยในกระเพาะรูเมนในขวดทดลอง โดยบ่มในอ่างน้ำที่มีการไหลผ่านของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา ที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส และทำการวัดแก๊สที่ชั่วโมงที่ 3, 6, 12, 24, 48, 72 และ 96 ซึ่งสามารถนำค่าแก๊สที่วัดได้มาประเมินค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุและ โปรตีนได้ เทคนิคแก๊สโปรดักชันได้มีการพัฒนาอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากวิธีการทดลองในห้องปฏิบัติการดังกล่าวเป็นวิธีที่สะดวกและสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายได้

การแปลความหมายของผลที่ได้จากการศึกษาโดยใช้เทคนิคแก๊สโปรดักชัน

นำค่าแก๊สที่อ่านได้ไปหาค่าคุณลักษณะการย่อยสลายตามสมการเอกโปรเนนเชียล $P = a + b(1 - e^{-ct})$ ของ Ørskov and McDonald (1979) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ nonlinear model เพื่อคำนวณค่า a, b และ c (SAS, 1996)

เมื่อ P = ปริมาตรแก๊สที่ชั่วโมง t (ml)

a = จุดตัดแกน y ของการหมักที่เวลา t (ml)

b = ค่าปริมาณแก๊ส ณ จุดตัดเส้นกราฟเรียบ (ml)

c = อัตราการผลิตแก๊ส (ml/hr)

จากนั้นนำค่า a , b มาคำนวณหาศักยภาพในการผลิตแก๊ส (d) โดยสมการ

$$d = |a| + b$$

เมื่อ d = ค่าความสามารถในการย่อยสลาย

a = จุดตัดแกน y หรือการหมักส่วนที่ถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วเมื่อเวลา t

(ml)

b = ปริมาตรแก๊สที่จุดเส้นกราฟเรียบหรือการหมักส่วนที่ไม่ละลายที่เวลา t (ml)

ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมัก

Xu et al. (1994) ได้ทำการทดลองถึง ผลของการเสริมบัพเฟอร์ในอาหารผสมสำเร็จรูปที่มี รัญพืชสูง เพื่อศึกษาค่าความเป็นกรด - ด่างภายในกระเพาะรูเมนของโคนม โดยแบ่งกลุ่มทดลอง ออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุม ที่ไม่ผสมบัพเฟอร์ลงในสูตรอาหารผสม สำเร็จรูป กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 เป็นกลุ่มที่เสริมบัพเฟอร์ที่ได้จากแหล่งที่ต่างกันลงในสูตรอาหาร ผสมสำเร็จรูป กลุ่มควบคุมเมื่อวัดค่าความเป็นกรด - ด่าง ณ ชั่วโมงที่ 0 พบว่า ค่าความเป็นกรด - ด่างของกลุ่มที่ 1, 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 6.84, 6.90 และ 6.87 ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ ฟิรพจน์และ คณะ (2547) ที่กล่าวว่าที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังเส้น และกากมันสำปะหลัง 50 เปอร์เซ็นต์ ใน สูตรอาหารมีค่าความเป็นกรด - ด่าง ประมาณ 6.88 6.93 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ เมธา (2533) และ จลอง (2541) ที่รายงานว่า ระดับความเป็นกรด - ด่าง ภายในกระเพาะหมักของโคในสภาพ ปกติอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5 – 7.0 ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ใน กระเพาะหมัก เมื่อระดับความเป็นกรด - ด่างมีค่าต่ำลง จะทำให้สภาพภายในกระเพาะหมักมี แบคทีเรียกลุ่มที่ย่อยแป้งและแบคทีเรียที่ทนกรดเพิ่มมากขึ้น (วลัยลักษณ์, 2543) จากรายงานของ ไพบุลย์ และคณะ (2537) ที่กล่าวว่า ความเป็นกรด - ด่าง จะลดลงมีความเป็นกรดมากภายหลังกิน อาหารข้น และจะเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในสภาวะที่เป็นกลางถึงด่างน้อยลง ภายหลังที่กินอาหารหยาบ เนื่องจากมีการกระตุ้นให้หลั่งน้ำลายเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Allen (1997) ที่กล่าวว่าความเป็น กรด - ด่างจะลดลงตอบสนองต่ออาหารที่ได้รับ

Fischer et al. (1993) ได้เปรียบเทียบความยาวในการตัดถั่วแอลฟัลฟาเพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบ ของอาหารโคนมในอาหารผสมสำเร็จรูป โดยสับถั่วแอลฟัลฟาให้มีความยาว 0.95 เซนติเมตรนำไป ผสมเป็นอาหารผสมสำเร็จรูปที่ต่างกัน 2 สูตร คือ สูตรอาหารที่ผสมหญ้าแห้ง เป็นสูตรอาหารที่ 1 และสูตรอาหารที่ไม่มีหญ้าแห้ง เป็นสูตรอาหารที่ 2 ส่วนถั่วแอลฟัลฟาสับที่มีความยาว 0.46 เซนติเมตร นำไปผสมเป็นอาหารผสมสำเร็จรูป โดยใช้สูตรเดียวกับถั่วแอลฟัลฟาสับแบบยาว

จากนั้นนำมาหาค่าประกอบทางเคมี ประเมินคุณค่าทางโภชนาการใช้เทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี และหาค่าแอมโมเนียในโตรเจน ของสูตรอาหารที่ใช้ถั่วแอลเฟลฟา सबแบบยาวในสูตรที่มีหญ้าแห้งและไม่มีหญ้าแห้ง สูตรอาหารที่ใช้ถั่วแอลเฟลฟา सबแบบสั้นในสูตรที่มีหญ้าแห้งและไม่มีหญ้าแห้ง พบว่ามีค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนในชั่วโมงที่ 0 เท่ากับ 14.95, 13.65, 15.93 และ 12.53 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม และจากงานทดลองของ Bargo et al. (2002) วัดความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนของโคที่ได้รับอาหารที่ต่างกัน 3 ประเภท ได้ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจน คือ 19.96, 10.75 และ 9.74 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม ซึ่งสอดคล้องกับ Grummer et al. (1984) อ้างโดย คณิน (2546) รายงานว่าระดับที่เหมาะสมของแอมโมเนียในโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนคือ 4.8 – 17.3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม ในขณะที่ Windschitl (1991) อ้างโดย อรอนงค์ (2543) พบว่า ค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนของโคที่ได้รับอาหารหยาบทั้ง 3 ชนิดมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก คือ 11.8 – 18.3 มิลลิกรัมต่อ 100 มิลลิกรัม โดย Wanapat et al. (1983) รายงานว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะหมักจะสามารถขึ้นได้สูงสุดที่ชั่วโมงที่ 2 หลังการให้อาหาร จากนั้นจะมีค่าลดลง ซึ่งแอมโมเนียในโตรเจนเป็นแหล่งไนโตรเจนที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียในกลุ่มที่ใช้ประโยชน์ได้จากน้ำตาลและโปรตีน (สิวพร, 2543) และยังสำคัญต่อแบคทีเรียในกลุ่มที่ใช้ประโยชน์ได้จากเยื่อใย (Hungate, 1966)

Bargo et al. (2002) ศึกษาถึงผลของการย่อยได้ต่อการเพิ่มผลผลิตในโคนม โดยการให้อาหารในประเภทที่ต่างกัน ทำการทดลองภายในตัวโคนมเจาะกระเพาะ และให้ประเภทของอาหารต่างกันคือ 1. ให้หญ้ากับอาหารข้น 2. ให้หญ้ากับอาหารผสมสำเร็จรูป 3. ให้อาหารผสมสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว สามารถวัดค่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ เท่ากับ 140.92, 130.05 และ 141.56 มิลลิโมลาร์ ซึ่งบุญล้อม (2541) กล่าวว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ในกระเพาะรูเมนนั้นขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการผลิตและการดูดซึมกรดผ่านผนังกระเพาะรูเมน ถ้าอัตราเร็วในการผลิตมีมากจะมีกรดสะสมอยู่ในกระเพาะรูเมนมาก

หลังจากที่โคกินอาหารเข้าไป ในกระเพาะรูเมนจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ เพื่อให้ได้ผลผลิตสุดท้ายโดยเฉพาะ แอมโมเนีย – ไนโตรเจนและกรดไขมันที่ระเหยได้ (เมธา, 2533) ซึ่งการลดขนาดของอาหารเยื่อใย ทำให้กระบวนการหมักที่เกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนเปลี่ยนแปลงไป โดยความเป็นกรด – ด่าง ในกระเพาะรูเมนจะลดลง (Grant et al, 1990a; Grant et al, 1990b; Chalupa et al., 1968; Shaver et al., 1984; Shaver et al., 1986)

ผลของอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการย่อยได้

ฉลองและคณะ (2547) ได้ศึกษาผลของระดับชั่งข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการให้ผลผลิตในโคนม โดยสุ่มให้โคนมได้รับอาหารทดลองดังนี้ 1) ให้ฟางข้าวอย่างเต็มที่และให้อาหาร

ชั้น 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว (ให้อาหารแบบแยก) 2) ให้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพด 30 เปอร์เซ็นต์ 3) ให้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพด 35 เปอร์เซ็นต์ และ 4) ให้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพด 40 เปอร์เซ็นต์ จากการประเมินสัมประสิทธิ์การย่อยได้โดยใช้เส้นที่ไม่ละลายในกรด พบว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุของการให้อาหารแบบแยกประเภทและการให้อาหารแบบอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีซังข้าวโพดเป็นแหล่งอาหารหยาบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bargo et al. (2002) ศึกษาถึงผลของการย่อยได้ต่อการเพิ่มผลผลิตในโคนม โดยการให้อาหารในประเภทที่ต่างกัน และให้ประเภทของอาหารต่างกันคือ 1. ให้หญ้ากับอาหารชั้น 2. ให้หญ้ากับอาหารผสมสำเร็จรูป 3. ให้อาหารผสมสำเร็จรูปเพียงอย่างเดียว พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุที่ได้จากอาหารทั้ง 3 สูตรอาหารนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) พันธ์ (2537) ได้กล่าวว่าการให้อาหารผสมสำเร็จรูปจะมีผลต่อสภาพที่เหมาะสมต่อการทำงานของประชากรจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนมากกว่าการให้อาหารแยกกัน และผลของการให้อาหารผสมสำเร็จรูปนี้จะสามารถทำให้เพิ่มสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ทำให้โคสามารถมีประสิทธิภาพการย่อยได้สูงขึ้น (ไพบุลย์ และคณะ, 2540) และ (Jurgens, 1982)

บทที่ 3

การทดลองที่ 1: ผลของการใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะการผลิตและกระบวนการหมักในหลอดทดลอง

บทนำ

การใช้อาหารสำเร็จรูปในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางซึ่งอาหารผสมสำเร็จรูปมีข้อดีคือสามารถเลือกใช้วัตถุดิบราคาถูก ควบคุมสัดส่วนอาหารชั้นอาหารหยาบได้ช่วยลดปัญหาความผิดปกติในระบบการย่อยอาหารได้และนอกจากนั้นยังสามารถช่วยลดแรงงานในการให้อาหารสัตว์ได้โดยปกติแล้วอาหารผสมสำเร็จรูปจะใช้หญ้าหมัก หญ้าแห้งและพืชอาหารสัตว์อื่นๆ เป็นแหล่งอาหารหยาบหรือแหล่งเยื่อใยแต่อย่างไรก็ตามการใช้หญ้าหรือพืชอาหารสัตว์ที่มีขนาดยาวจะมีปัญหาเมื่อนำเข้าผสมในเครื่องผสมอาหารสัตว์ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องสับหรือบดอาหารหยาบให้มีขนาดเล็กลงเพื่อให้ผสมเข้ากันดีกับอาหารชั้น ซึ่งการสับอาหารหยาบให้มีขนาดเล็กลงจะต้องใช้แรงงานและต้นทุนค่อนข้างสูงและเสียเวลามาก

แหล่งวัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเยื่อใยทางเลือกอีกอย่างหนึ่งที่สามารถลดปัญหาดังกล่าวได้ ซึ่งในเขตร้อนมีวัตถุดิบเยื่อใยสูงอยู่หลายชนิดเช่น กากมะเขือเทศ กากปาล์ม เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง กระถินบด กากมะพร้าว กากถั่วเขียว และ กากเบียร์ จากการศึกษาของ Chumpawadee et al. (2005, 2006) พบว่าวัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์มีคุณลักษณะในการย่อยสลายใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์ ดังนั้นการนำแหล่งวัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์มาเป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปจึงเป็นที่น่าสนใจซึ่งแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ การเคี้ยวเอื้อง การย่อยได้และการให้ผลผลิต มีการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารผสมสำเร็จรูปสามารถใช้ได้ 20-25 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ (Sukulthanasorn et al., 2007; Grant 1997) นอกจากนี้ยังพบว่ากากมะเขือเทศสามารถใช้เป็นอาหารโคเนื้อโคนมได้ถึง 100 (Sanitwongnaayuttaya, 2005)

แต่อย่างไรก็ตามวัตถุดิบเยื่อใยสูงจะมีอนุภาคค่อนข้างเล็กซึ่งจะส่งผลทำให้เยื่อใยที่มีประสิทธิภาพลดต่ำลง NRC (1989) แนะนำว่าในสูตรอาหารควรมีผนังเซลล์ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเยื่อใยควรเพิ่มระดับผนังเซลล์ ขึ้นประมาณ 7-10 เปอร์เซ็นต์จากคำแนะนำของ NRC และเนื่องจากการใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีข้อมูลอยู่ค่อนข้างจำกัดดังนั้น ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะการผลิตและกระบวนการหมักในหลอดทดลอง

วัสดุและวิธีการทดลอง

การเตรียมอาหารผสมสำเร็จรูป: ทำการสุมวัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์และวัตถุดิบอื่นที่จะใช้ประกอบสูตรอาหารจากโรงผสมอาหารสัตว์และร้านขายอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือนำวัตถุดิบที่สุ่มมาได้ (ตารางที่ 1) ไปบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) และวิเคราะห์หา ผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และลิกนิน (ADL) ตามวิธีการของ Vansoest et al. (1991)

นำองค์ประกอบทางเคมีที่ได้มาคำนวณสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปจำนวน 5 สูตรโดยคำนวณให้มีโภชนะที่น้อยได้ทั้งหมด โปรตีน ผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันที่แหล่งเยื่อใย (ตารางที่ 2) ทำการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์โดยมี 5 ซ้ำในแต่ละกลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองได้แก่ กลุ่มที่ 1 ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเยื่อใย (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเยื่อใย กลุ่มที่ 3 ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเยื่อใย กลุ่มที่ 4 ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเยื่อใยและกลุ่มที่ 5 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเยื่อใย

ทำการผสมอาหารตามสูตรที่คำนวณได้ทั้ง 5 สูตรและทำการบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อใช้ในการทดลองโดยใช้เทคนิคแก๊สโปรดักชัน

การทดลองเทคนิคแก๊สโปรดักชัน: ใช้โคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองที่มีน้ำหนัก 250 ± 15 กิโลกรัม เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ที่จะใช้ในการบ่ม ซึ่งโคจะได้รับการปรับสัต์เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยได้รับอาหารหยาบคือฟางแบบเต็มที่ได้และได้รับอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยอาหารข้นประกอบด้วยมันเส้น 49.8 เปอร์เซ็นต์ รำละเอียด 17.5 เปอร์เซ็นต์ กากปาล์ม 14.6 เปอร์เซ็นต์ กากถั่วเหลือง 7 เปอร์เซ็นต์ ยูเรีย 1.4 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.4 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุผสม 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 8.3 เปอร์เซ็นต์ โดยโคได้รับอาหารสองครั้งเช้าและเย็นมีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก้อนให้โคกินตลอดเวลา ทำการสุมเก็บของเหลวจากระเพาะหมักผ่านทางกระบอกเจาะกระเพาะโดยใช้เข็มสูญญากาศดูดใส่ขวดรูปชมพู่ขนาดสองลิตรแล้วเทใส่กระดิกเทอมอสที่ปรับอุณหภูมิโดยใช้น้ำร้อนปิดฝาให้สนิทนำมาที่ห้องปฏิบัติการโดยเร็วที่สุดและนำมาเตรียมสารละลายเลี้ยงเชื้อตามวิธีการของ Markar et al. (1995)

ทำการชั่งตัวอย่างอาหาร 0.5 กรัมใส่ในขวดวัดชี้นขนาด 50 มิลลิลิตร (Sommart et al. 2000) นำขวดไปอุ่นในตู้อบลมร้อนที่ 39 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงก่อนฉีดสารละลายเลี้ยงเชื้อที่ผสมกับของเหลวในกระเพาะหมักเข้าไป 40 มิลลิลิตรต่อขวดโดยใช้ไซลิงขนาด 60 มิลลิลิตรและนำไปบ่มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

ทำการวัดปริมาตรแก๊สหลังจากบ่มโดยใช้ไซลิงค์แก้วขนาด 20 มิลลิลิตรโดยต่อเข้ากับเข็มเบอร์ 23 ยาว 1.5 นิ้ว ทำการวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจากชั่วโมงที่ 1-72 โดย 1-12 ชั่วโมงแรกทำการวัดทุก ๆ ชั่วโมง ในชั่วโมงที่ 12-24 ทำการวัดทุก ๆ 3 ชั่วโมง จากชั่วโมงที่ 24-48 ทำการวัดทุก ๆ 6 ชั่วโมง และชั่วโมงที่ 48-72 ทำการวัดทุก ๆ 12 ชั่วโมง นำปริมาตรแก๊สสะสมที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 6,

12, 24, 48, 72 มาเข้าสมการเอกโพเนนเชียล $y = a + b [1 - \text{Exp}(-ct)]$ (Ørskov and McDonald, 1979) เมื่อค่า a คือจุดตัดแกนซึ่งบอกถึงส่วนที่สามารถละลายได้ ส่วน b หมายถึงส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่มีศักยภาพในการย่อยสลาย ส่วน c หมายถึงอัตราการเกิดแก๊สส่วน $(a+b)$ คือศักยภาพในการผลิตแก๊สทั้งหมด และ y คือผลผลิตแก๊ส ณ เวลา t

การวัดการย่อยได้ของวัตถุแห้งและ อินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองทำการวัดหลังจากบ่ม 72 ชั่วโมง นำเศษเหลือจากการบ่มไปกรองโดยครุชีเบลแก้วหลังกรองล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 250 มิลลิลิตรและนำไปอบให้แห้งชั่งน้ำหนักและนำไปเผาเพื่อหาเถ้า และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ

การวัดกระบวนการหมักในหลอดทดลองโดยทำการสุ่มขวดออกมาที่ชั่วโมงที่ 0,3,9 และ 12 ชั่วโมงหลังการบ่มนำมาวัดค่าความเป็นกรดต่างโดยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง และใส่กรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิลิตรเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาทีและเก็บเอาส่วนที่ใสไปเก็บในขวดพลาสติกแช่แข็งไว้และนำมาวิเคราะห์หาแอมโมเนียในโตรเจนตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965) และกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดตามวิธีของ Briggs et al. (1957)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเข้าวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1996) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการ Duncan New's Multiple Range Test

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบที่ใช้ประกอบสูตรอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 3.1 พบว่าเยื่อผนังเซลล์มีค่าสูงมากกว่า 49.5 เปอร์เซ็นต์และสูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จรูปดังแสดงในตารางที่ 3.2 และ 3.3 ตามลำดับ พบว่า อาหารผสมเสร็จทั้ง 5 สูตรมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกันโดยมีโปรตีน เถ้า และผนังเซลล์ประมาณ 12.84, 11.02 และ 36.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	DM (%)	CP	Ash	NDF	ADF	ADL
.....%DM basis.....						
ฟางข้าว	91.6	3.4	11.0	72.2	53.2	3.5
กากมะเขือเทศ	87.3	20.2	8.4	49.5	44.4	17.4
กากปาล์ม	92.9	7.8	5.1	58.3	47.1	8.5
กากเบียร์	91.1	21.0	4.6	49.7	35.1	5.8
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	90.6	10.0	5.0	58.5	50.0	1.8
กระถินบด	90.9	10.3	9.7	58.0	50.8	17.0
มันเส้น	93.4	1.9	2.0	6.9	6.4	1.9
กากน้ำตาล	72.4	2.2	8.5	0.0	0.0	0.0
รำละเอียด	91.7	14.3	6.3	20.3	8.1	2.6

ตารางที่ 3.2 สูตรอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ในการทดลอง สัดส่วนของวัตถุดิบองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทดลอง

วัตถุดิบ	กลุ่มทดลอง				
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR
ฟางข้าว	40.0	-	-	-	-
กากมะเขือเทศ	-	40.0	-	-	-
กากปาล์ม	-	-	40.0	-	-
กากเบียร์	-	-	-	40.0	-
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	-	-	-	-	40.0
กระถินบด	3.0	21.6	18.3	24.0	12.0
มันเส้น	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
กากน้ำตาล	3.0	4.3	8.9	9.3	6.5
รำละเอียด	25.0	8.0	4.6	0.5	13.6
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เปลือกหอยบด	0.4	0.1	0.1	0.1	0.2
ยูเรีย	2.6	0.05	2.1	0.1	1.7
แร่ธาตุผสม	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	100	100	100	100	100

ตารางที่ 3.3 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ทดลอง

องค์ประกอบทางเคมี	กลุ่มทดลอง				
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR
วัตถุดิบแห้ง, %	93.68	93.86	92.28	92.39	92.38
เล้า, %	12.98	12.20	10.54	9.70	9.70
โปรตีน, %	12.06	13.51	12.19	13.36	13.08
พลังงาน, %	36.32	35.90	37.36	38.00	34.77
ลิกโนเซลลูโลส, %	26.29	22.67	21.15	25.42	22.62
ลิกนิน, %	7.90	10.60	8.08	7.01	5.01
โภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด*, %	60.48	60.09	63.70	62.42	62.87
แคลเซียม*, %	0.40	0.43	0.54	0.54	0.49
ฟอสฟอรัส*, %	0.57	0.40	0.27	0.26	0.34

*ค่าที่ได้จากการคำนวณ

¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อใย, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อใย, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใย, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใย, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใย

คุณลักษณะของการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จรูป: ในการทดลองนี้ใช้สมการของ Ørskov and McDonald (1979) ถึงแม้ว่าจะมีสมการหลายสมการที่สามารถใช้อธิบายคุณลักษณะในการผลิตแก๊สได้ แต่เนื่องจากสมการของ Ørskov and McDonald (1979) มีความเหมาะสมมากกว่าเนื่องจากหลายตัวแปรมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันกับปริมาณการกินได้ การย่อยได้และคุณลักษณะในการย่อยสลาย (Blummel and Ørskov, 1993; Khazaal et al., 1993; Sommart et al., 2000; Nitipot and Sommart, 2003)

คุณลักษณะการผลิตแก๊สดังแสดงในตารางที่ 3.4 ค่า a มีค่าอยู่ระหว่าง -1.22 ถึง -10.41 มิลลิลิตร สาเหตุที่ค่า a ติดลบในทุกชนิดของอาหารผสมสำเร็จรูปเกิดจากในช่วงแรกของจุลินทรีย์ต้องใช้เวลาในการเข้าย่อยสลายและเป็นเพราะสมการที่ใช้ด้วยจากการทดลองของ Khazaal et al. (1993) และ Blummel and Becker (1993) ก็ให้ค่าที่ติดลบเช่นเดียวกันแต่เป็นที่ทราบกันดีว่าเราจะใช้ค่าสัมบูรณ์ของ a (|a|) เป็นตัวอธิบายถึงส่วนที่สามารถละลายได้ง่ายจากการทดลองนี้จะเห็นว่ากลุ่มที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยมีค่าสูงสุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) กับกลุ่มที่ใช้ ฟางข้าว กากปาล์ม และ กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใยซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ได้ว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนที่ละลายง่ายสูงสุดด้วยและส่วนที่สามารถละลายได้ง่ายจะสามารถถูกหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ได้อย่างรวดเร็วและนำไปสู่ผลผลิตแก๊สที่สูงด้วยดังตารางที่ 3.4 ซึ่งสอดคล้องกับการ

ทดลองของ Boyle (2007) ซึ่งพบว่าเชื้อไขจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นเชื้อไขที่ถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว

จากการทดลองนี้อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไขจะมีปริมาณแก๊สสูงที่สุดและมีค่าความสามารถในการย่อยได้ในหลอดทดลองสูงสุดด้วยแต่อย่างไรก็ตามการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสัตว์เคี้ยวเอื้องควรใช้อย่างระมัดระวังเพราะเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไขที่มีอนุภาคเล็กและการย่อยได้อย่างรวดเร็วทำให้ความสามารถในการเป็นแหล่งเชื้อไขที่มีประสิทธิภาพลดลง Sukulthanason et al. (2007) และ Grant (1997) พบว่าสามารถใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปได้ประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารถ้าเพิ่มเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมากขึ้นจะส่งผลกระทบต่อการใช้และการเจริญเติบโต (Ludden et al., 1995)

อัตราการผลิตแก๊ส (c) แสดงในหน่วยเปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมงสามารถเรียงลำดับจากสูงไปต่ำได้ดังนี้คือ อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อไขและอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไข อัตราการผลิตแก๊สที่เร็วพบในอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อไขซึ่งเป็นผลจากส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็วโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในหลอดทดลอง ศักยภาพการผลิตแก๊ส ($|a|+b$) ของอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไขมีค่าสูงที่สุดและแตกต่างกับอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อไข ผลการทดลองนี้บ่งชี้ได้ว่าอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถหมักย่อยได้สูงสุดในกระเพาะหมักแต่อย่างไรก็ตามศักยภาพการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อไข อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อไข มีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อไขซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมซึ่งมีศักยภาพในการผลิตแก๊สที่ต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้อาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งอาจเป็นเพราะอิทธิพลของส่วนคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในอาหารนั้น ๆ โดยเฉพาะเชื้อไขในอาหารจะมีผลกระทบทางลบต่อผลผลิตแก๊ส (Melaku et al., 2003) เชื้อไขของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นเชื้อไขที่ย่อยสลายได้ง่ายและรวดเร็วดังนั้นจึงทำให้ได้ปริมาณแก๊สสูงที่สุดสอดคล้องกับ Grant (1997)

การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองหลังบ่ม 72 ชั่วโมงดังแสดงในตารางที่ 3 จะเห็นได้ว่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและ อินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองมีรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน ในกลุ่มที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไขมีความสามารถย่อยได้สูงที่สุดซึ่งสามารถบอกเป็นนัยได้ว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะสามารถย่อยสลายได้สูงสุดด้วยและจะ

ส่งผลทำให้สัตว์ได้รับโภชนาสูงขึ้นสอดคล้องกับ Loest et al. (2001) พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถย่อยได้สูงในกระเพาะหมักและนอกจากนั้นยังพบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเกิดการหมักย่อยได้อย่างรวดเร็ว (Boyle, 2007) ซึ่งจะนำไปสู่การได้ผลผลิตแก๊สสูงสุดด้วยดังตารางที่ 3 การย่อยได้ของวัตถุแห้งอินทรีย์วัตถุของกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวเป็นอาหารหยาบและกลุ่มที่ใช้กากมะเขือเทศมีค่าต่ำกว่ากลุ่มที่ใช้กากปาล์ม กากเบียร์และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยซึ่งเป็นเพราะว่าในฟางข้าวและกากมะเขือเทศมีสัดส่วนของลิกนินอยู่สูงซึ่งยากต่อการเข้าย่อยของจุลินทรีย์ทำให้อัตราการย่อยสลายต่ำซึ่งถ้าการย่อยได้ของโภชนาต่ำจะส่งผลทำให้จำกัดปริมาณการกินได้ (Ibrahim et al., 1995; Hindrichsen et al., 2001) การมีเชื้อใยเป็นองค์ประกอบอยู่สูงในฟางข้าวและกากมะเขือเทศทำให้ การย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองลดต่ำลงเนื่องจาก ผนังเซลล์ ลิกนินเซลลูโลสและลิกนินมีผลทำให้การย่อยได้ลดต่ำลง (Vansoest, 1988)

ตารางที่ 3.4 ผลของการใช้วัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลอง

	กลุ่มทดลอง ¹					SEM
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
คุณลักษณะการผลิตแก๊ส ²						
<i>a</i> , mL	-2.99 ^a	-4.62 ^a	-4.37 ^a	-1.22 ^a	-10.41 ^b	0.94
<i>b</i> , mL	109.23 ^b	90.79 ^c	98.14 ^c	98.14 ^c	161.25 ^a	5.39
<i>c</i> , %/h	0.034 ^c	0.056 ^a	0.057 ^a	0.044 ^b	0.030 ^c	0.00
<i>a</i> + <i>b</i> , mL	112.23 ^b	95.42 ^c	102.51 ^{bc}	100.99 ^{bc}	171.66 ^a	5.97
การย่อยได้ในหลอดทดลอง (%)						
IVDMD	77.58 ^c	76.61 ^c	80.93 ^b	80.07 ^b	93.37 ^a	1.19
IVOMD	79.15 ^c	78.27 ^c	82.27 ^b	81.36 ^b	93.27 ^a	1.14

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อใย, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อใย, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใย, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใย, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใย ² a= ส่วนที่สามารถละลายได้ (mL), b= ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่มีศักยภาพในการย่อยสลาย, c= อัตราการเกิดแก๊ส, (|a|+b)= ศักยภาพในการผลิตแก๊สทั้งหมด

กระบวนการหมักในหลอดทดลอง: ความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนกรดไขมันที่ระเหยง่ายและความเป็นกรดต่ำในหลอดทดลองดังแสดงในตารางที่ 3.5 ความเป็นกรดต่ำในกระเพาะหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในกลุ่มที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่ง

เยื่อใยและกลุ่มที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเยื่อใยมีระดับความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักสูงกว่ากลุ่มที่ใช้ฟางข้าว กากมะเขือเทศและกากเบียร์เป็นแหล่งเยื่อใย

เมื่อติดตามระดับความเป็นกรดต่างในหลอดทดลองในช่วงเวลา 0, 3, 6, 9, และ 12 ชั่วโมง หลังบ่มพบว่าระดับความเป็นกรดต่างในทุกกลุ่มการทดลองอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์เป็นเพราะว่าในหลอดทดลองมีการใช้บัฟเฟอร์เพื่อทำให้ระดับความเป็นกรดต่างคงที่ ซึ่งการทดลองในหลอดทดลองจะต้องพยายามควบคุมความเป็นกรดต่างให้คงที่อยู่เสมอถ้าบัฟเฟอร์สูญเสียสภาพจะทำให้ความเป็นกรดต่างลดต่ำลงและจะส่งผลต่อกระบวนการหมักในหลอดทดลอง (Getachew et al., 1998) ที่ระดับความเป็นกรดต่างต่ำการทำงานของเซลล์ไลโลติกแบคทีเรียจะลดต่ำลง (Russell and Dombrowski, 1980) จากการทดลองนี้จะเห็นว่าบัฟเฟอร์ยังคงสภาพในการทำหน้าที่ได้ดีดังนั้นสภาวะในหลอดทดลองจึงอยู่ในสภาวะปกติเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ แต่อย่างไรก็ตามการใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ในตัวสัตว์จะต้องให้ความระมัดระวังเนื่องจากมีขนาดอนุภาคเล็กซึ่งอาจส่งผลถึงการเคี้ยวเอื้องและการหลั่งน้ำลายของสัตว์เพราะเมื่อสัตว์เคี้ยวเอื้องน้อยการหลั่งน้ำลายจะน้อยไปด้วย (Grant, 1997) ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความเป็นบัฟเฟอร์ในกระเพาะหมัก Beauchemin et al. (2003) พบว่าการลดขนาดของถั่วอัลฟัลฟาแห้งจาก 5-7 มิลลิเมตรเป็น 2.2 มิลลิเมตรจะทำให้ความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักลดต่ำลงด้วยโดยทั่วไปวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีเยื่อใยสูงจะมีขนาดเล็กซึ่งจะส่งผลทางลบต่อการเคี้ยวเอื้องดังนั้นการส่งผลถึงสภาวะภายในกระเพาะหมักและส่งผลถึงการย่อยได้ในที่สุด

แอมโมเนียในโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองในแต่ละชั่วโมงของการบ่ม ความแตกต่างของแอมโมเนียในโตรเจนในแต่ละกลุ่มทดลองเป็นผลโดยตรงมาจากระดับยูเรียและความสามารถในการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารผสมสำเร็จรูปแม้ว่าการหมุนเวียนของไนโตรเจนในกระเพาะหมักจะแตกต่างกับในหลอดทดลองแต่จากการทดลองนี้จะเห็นว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียในโตรเจนอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ (Perdok and Leng, 1990; Wanapat and Pimpa, 1999) ที่เวลา 0-3 ชั่วโมงหลังการบ่ม กลุ่มที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเยื่อใยมีระดับแอมโมเนียสูงกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระดับแอมโมเนียเป็นตัวบ่งชี้ถึงการย่อยสลายโปรตีนและการนำไปใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนถ้ามีแอมโมเนียในระดับสูงแสดงว่าโปรตีนถูกย่อยสลายๆ ได้สูงตามไปด้วยและการนำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์อาจนำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ จากการทดลองจะเห็นว่าระดับแอมโมเนียในโตรเจนในกลุ่มที่ใช้กากมะเขือเทศ และกากเบียร์เป็นแหล่งเยื่อใยมีค่าต่ำในทุกช่วงชั่วโมงที่ทำการสุ่มตรวจซึ่งอาจเป็นเพราะว่าระดับยูเรียในอาหารผสมสำเร็จรูปทั้งสองมีค่าต่ำกว่าในอาหารผสมสำเร็จรูปอื่น นอกจากนั้นคโปรตีนในกากมะเขือเทศและกากเบียร์ยังมีความสามารถในการย่อยสลายได้ต่ำด้วย (Chumpawadee et al., 2006) แม้ว่าระดับของแอมโมเนียของอาหารผสมสำเร็จรูปทั้งหมดจะแตกต่างจากกลุ่มควบคุมแต่อยู่ในระดับที่เหมาะสมดังนั้นจึงคาดหมายได้ว่าแหล่งวัตถุดิบเยื่อใยสูงที่

ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์จะสามารถใช้ทดแทนแหล่งเชื้อได้ที่ได้จากพืชอาหารสัตว์ได้ ดังนั้นการทดลองต่อไปควรทำการทดลองผลของการใช้จริงในตัวสัตว์

กรดไขมันที่ระเหยง่ายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ระหว่างกลุ่มทดลองในทุกช่วงเวลาของการสุ่มยกเว้นชั่วโมงที่ 3 หลังบ่มจะเห็นว่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดจากชั่วโมงที่ 0-12 มีค่าสูงเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นเพราะกรดไขมันที่ระเหยง่ายสะสมอยู่ในของเหลวเนื่องจากไม่สามารถถูกดูดซึมได้เหมือนในกระเพาะหมักแม้ว่ากรดไขมันที่ระเหยง่ายจะเพิ่มขึ้นแต่ระดับความเป็นกรดต่างไม่เปลี่ยนแปลงเพราะบัฟเฟอร์ยังสามารถทำงานได้ปกติ ระดับกรดไขมันที่ระเหยง่ายของกลุ่มกากมะเขือเทศ และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีความใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันกับ กลุ่มที่ใช้กากเบียร์ และกากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อซึ่งเป็นเพราะสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ต่างกัน ซึ่งอัตราการย่อยสลายและขอบเขตของการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมักจะมีผลกระทบต่อสถานะในกระเพาะหมักและความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ (Cheng et al., 1991) สอดคล้องกับ Keadly and Mayne (2001) พบว่าเมื่อสัตว์กินอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณลักษณะเหมือนกันจะทำให้ได้ระดับกรดไขมันที่ระเหยง่ายใกล้เคียงกันด้วย

ตารางที่ 3.5 ผลของการใช้วัตถุดิบเชื้อที่สูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมักในหลอดทดลอง

		กลุ่มทดลอง ¹					SEM
		rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
pH							
	0 h	7.07 ^b	7.11 ^{ab}	7.14 ^a	7.08 ^b	7.16 ^a	0.01
	3 h	7.09	7.08	7.09	7.07	7.09	0.00
	6 h	7.07 ^{ab}	7.07 ^{ab}	7.06 ^{ab}	7.04 ^b	7.09 ^a	0.01
	9 h	7.08 ^a	7.06 ^b	7.05 ^b	7.07 ^{ab}	7.07 ^{ab}	0.00
	12 h	7.07 ^a	7.02 ^b	7.03 ^b	7.01 ^b	7.02 ^b	0.01
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ N), mg%							
	0 h	19.70 ^b	14.97 ^c	21.84 ^a	18.83 ^b	21.81 ^a	0.55
	3 h	24.74 ^b	17.20 ^c	29.34 ^a	18.05 ^c	22.69 ^b	0.98
	6 h	20.77 ^a	14.09 ^b	19.19 ^a	13.42 ^b	21.70 ^a	0.78
	9 h	22.45 ^a	14.86 ^c	20.72 ^b	13.47 ^d	18.22 ^c	0.71
	12 h	24.82 ^a	15.18 ^c	20.99 ^b	14.86 ^c	21.36 ^b	0.84

¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อ, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อ, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อ, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อ, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อ

ตารางที่ 3.5 (ต่อ)

	กลุ่มทดลอง ¹					SEM
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด, mM						
0 h	36.80 ^b	38.40 ^{ab}	36.18 ^b	47.26 ^a	30.28 ^b	1.70
3 h	43.08	47.75	39.88	43.57	39.75	1.38
6 h	57.85 ^c	60.31 ^c	71.38 ^a	64.25 ^b	45.79 ^d	1.80
9 h	78.03 ^a	80.74 ^a	52.18 ^c	74.10 ^b	78.77 ^a	2.25
12 h	79.26 ^a	76.31 ^a	58.46 ^{ab}	48.49 ^b	71.39 ^a	3.68

¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อใย, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อใย, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใย, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใย, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใย

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองใช้แหล่งวัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะในการผลิตแก๊ส การย่อยได้ในหลอดทดลองและกระบวนการหมักในหลอดทดลองพบว่าใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีคุณลักษณะการผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลองสูงที่สุดความเข้มข้นของแอมโมเนีย กรดไขมันที่ระเหยได้และความเป็นกรดต่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกลุ่มการทดลองแต่อยู่ในระดับปกติจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นได้ว่าแหล่งวัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์สามารถใช้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปได้แต่อย่างไรก็ตามควรมีการทดลองในตัวสัตว์เพื่อทดสอบผลกระทบเพิ่มเติม

บทที่ 4

การทดลองที่ 2: ผลของการใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคเนื้อ

บทนำ

เนื่องจากการทดลองในหลอดทดลองไม่สามารถยืนยันข้อมูลบางส่วน โดยเฉพาะการกินได้ และพฤติกรรมการเคี้ยวเอื้อง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้วัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ในโภชนะ พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคเนื้อ เพื่อเป็นการยืนยันข้อมูลการทดลองในหลอดทดลอง

วัสดุและวิธีการทดลอง

การเตรียมอาหารผสมสำเร็จรูป: ทำการสุมวัตถุดิบเยื่อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์และวัตถุดิบอื่นที่จะใช้ประกอบสูตรอาหารจากโรงผสมอาหารสัตว์และร้านขายอาหารสัตว์ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นำวัตถุดิบที่สุมมาได้ นำไปไปบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เถ้า ตามวิธีการของ AOAC (1990) และผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และลิกนิน (ADL) ตามวิธีการของ Vansoest et al. (1991)

นำองค์ประกอบทางเคมีที่ได้มาคำนวณสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปจำนวน 5 สูตร โดยคำนวณให้มีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด โปรตีน ผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลส ใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันที่แหล่งเยื่อใย (ตารางที่ 4.1)

สัตว์ทดลองและการให้อาหารสัตว์ทดลอง: ใช้โคลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองจำนวน 5 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 188 ± 16.56 กิโลกรัม ทำการถ่ายพยาธิโดยใช้ยาไอเวอเมคตินและฉีดวิตามิน AD3E ก่อนเข้าทดลองโคจะอยู่ในคอกขังเดี่ยวที่มีน้ำและแร่ธาตุก้อนให้กินตลอดเวลาให้อาหารผสมสำเร็จรูปเต็มทีในช่วง 7.00 น และในช่วง 16.00 น สัตว์ทดลองจะถูกสุมให้ได้รับอาหารตามแผนการทดลองแบบ 5x5 จัสตริสตาติน มีช่วงการทดลอง 5 ช่วงการทดลองช่วงการทดลองละ 21 วัน กลุ่มการทดลองคือกลุ่มที่ 1 ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเยื่อใย (กลุ่มควบคุม) กลุ่มที่ 2 ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเยื่อใย กลุ่มที่ 3 ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเยื่อใย กลุ่มที่ 4 ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเยื่อใย และกลุ่มที่ 5 ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเยื่อใย สัตว์ทดลองจะได้รับการชั่งน้ำหนักในช่วงเริ่มต้นในแต่ละช่วงการทดลอง

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง: ทำการสุมเก็บตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จรูปนำมาบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรและทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีน ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (Vankeulen and Young, 1977) ทำการสุม

มูลโดยล้วงผ่านทางทวารหนักที่เวลา 10.00 น เป็นเวลา 3 วันติดต่อกันนำมูลที่ได้มาผสมเข้ากันดี แล้วอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักและบดผ่านตระแกรง ขนาด 1 มิลลิเมตร นำมาวิเคราะห์ วัดอุณหภูมิ เถ้า โปรตีน ผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลส และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด นำข้อมูลมาคำนวณหาการย่อยได้ของโภชนะตามวิธีการของ Schneider and Flatt (1975)

ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักในช่วงวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองโดยสุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ทำการวัดความเป็นกรดต่างพันธุ์โดยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (Handy, Lab 1, CG842 Schott) หลังจากนั้นนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง เก็บของเหลวที่กรองได้ 50 มิลลิลิตรใส่ขวดพลาสติกและเติมกรดไฮโดรคลอริก 6 N เข้าไป 5 มิลลิลิตรเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 16000 g เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำใสด้านบนนำไปใส่ขวดพลาสติกและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจนต่อไป

ทำการสุ่มเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณคอในช่วงเวลาเหมือนกับกาสุ่มของเหลวจากกระเพาะหมักเก็บประมาณ 10 มิลลิลิตรในหลอดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดนำไปใส่กล่องที่มีน้ำแข็งและนำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการทำการปั่นเหวี่ยงที่ 5000g เป็นระยะเวลา 10 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำเลือดใสในหลอดพลาสติกและนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสและนำไปวิเคราะห์หายูเรียในเลือดโดยใช้ Stanbio Urea Nitrogen (BUN) (Liqui-UV[®]) Procedure No.2020

ในวันที่ 18 และ 19 ของแต่ละช่วงการทดลองทำการวัดพฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องโดยการนั่งสังเกตพฤติกรรมตลอดทั้งวันจำนวนครั้งในการเคี้ยวขณะกินอาหารและจำนวนครั้งในการเคี้ยวขณะเคี้ยวเอื้องใช้เครื่องนับจำนวนครั้งและจับเวลาในกระบวนการกินการเคี้ยวเอื้องตลอดทั้งสองวันเพื่อนำมาคำนวณค่าต่าง ๆ

การวิเคราะห์ทางสถิติ: ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1996) ใช้แผนการทดลองแบบ 5x5 จัสตุรัสลาตินและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan New's Multiple Range Test โดยจะแสดงความแตกต่างเมื่อ $p < 0.05$

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จรูป: วัตถุดิบที่ใช้ผสมและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จรูปดังแสดงในตารางที่ 4.1 อาหารผสมสำเร็จรูปมีวัตถุดิบ เถ้า และโภชนะที่ย่อยได้ใกล้เคียงกันแต่ระดับผนังเซลล์และลิกโนเซลลูโลสในอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งมีค่าสูงกว่าอาหารกลุ่มอื่นเล็กน้อยสาเหตุเนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบอยู่สูง (Chumpawadee and Pimpa, 2008)

ตารางที่ 4.1 สูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางเคมี

วัตถุดิบ	กลุ่มทดลอง ¹				
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR
ฟางข้าว (สับขนาด, 5 เซนติเมตร)	30.0	-	-	-	-
กากมะเขือเทศ	-	50.0	-	-	-
กากปาล์ม	-	-	50.0	-	-
กากเบียร์	-	-	-	50.0	-
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	-	-	-	-	50.0
ฟางข้าว (ไม่สับ)	-	5.0	5.0	5.0	5.0
กากปาล์ม	40.0	28.0	26.0	28.0	26.0
กากน้ำตาล	6.0	5.5	5.5	5.0	5.0
รำละเอียด	20.0	10.0	10.6	10.5	11.0
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ปูนขาว	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
ยูเรีย	2.6	0.1	2.1	0.5	1.7
แร่ธาตุผสม	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
องค์ประกอบทางเคมี					
วัตถุแห้ง, %	96.5	94.9	93.5	93.9	92.5
เถ้า, %	9.6	10.6	7.0	10.6	8.5
โปรตีน, %	13.0	12.8	14.4	14.3	15.0
ผนังเซลล์NDF, %	36.4	35.4	37.4	39.1	42.7
ลิกโนเซลลูโลส, %	29.2	28.4	29.4	35.9	34.8
ลิกนิน, %	8.4	11.7	7.2	5.6	4.4
โภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด*, %	66.6	65.9	67.4	66.6	65.9
พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้*, Mcal/kg	2.4	2.4	2.6	2.6	2.7
แคลเซียม*, %	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5
ฟอสฟอรัส*, %	0.3	0.4	0.3	0.4	0.2

*ค่าที่ได้จากการคำนวณ

¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อใย, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อใย, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใย, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใย, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใย

ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ: ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณการกินได้และความสามารถในการย่อยได้ของอาหารผสมสำเร็จรูปในโคเนื้อ โดยทั่วไปแล้วมีปัจจัยทางอาหารหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อปริมาณการกินได้ ในสัตว์เคี้ยวเอื้องเช่นคุณลักษณะทางกายภาพของอาหาร วัตถุดิบที่ใช้ผสมและโภชนะในอาหาร จากการทดลองนี้พบว่าแหล่งเยื่อใยมีอิทธิพลต่อปริมาณการกินได้โดยเฉพาะ กลุ่มที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเยื่อใยปริมาณการกินได้ที่แสดงเป็นหน่วย kg/D.M/d, %BW และ g/kgBW^{0.75} มีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเนื่องจากกากปาล์มมีอนุภาคเล็กซึ่งทำให้มีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพต่ำด้วยถึงแม้ว่าจากการทดลองนี้จะทำการเสริมเยื่อใยเส้นยาวคือฟางข้าวเข้าไป 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพของของสัตว์ทดลองแต่อาหารในกลุ่มที่ให้กากปาล์มเป็นแหล่งเยื่อใยยังมีผลทำให้ปริมาณการกินได้ลดลงจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นได้ว่าการใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเยื่อใยเป็นที่มีประสิทธิภาพต่ำทำให้การกินต่ำกว่ากลุ่มควบคุมดังตารางที่ 4.3 ด้วยแต่อย่างไรก็ตามพบว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารที่ใช้กากมะเขือเทศ กากเบียร์และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเยื่อใยมีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมซึ่งชี้ให้เห็นว่าการใช้กากมะเขือเทศ กากเบียร์และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปสามารถใช้ได้โดยไม่กระทบต่อปริมาณการกินได้ ซึ่ง NRC (1989) แนะนำว่าระดับพลังงานในสูตรอาหารระดับต่ำสุดควรอยู่ที่ 25 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้อาหารชั้นร่วมกับพืชอาหารสัตว์แต่เมื่อใช้พืชอาหารสัตว์แต่เมื่อใช้แหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ต้องเพิ่มระดับพลังงานเข้าไปในสูตรอาหารประมาณ 7- 10 เปอร์เซ็นต์จากคำแนะนำของ NRC (Grant, 1997) นอกจากนี้ Gencoglu and Turkmen (2006) พบว่าปริมาณการกินได้มีผลกระทบจากระดับเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพไม่ใช่แหล่งของพืชอาหารสัตว์ดังนั้นเมื่อจะคำนวณสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปจะต้องคำนึงถึงคุณลักษณะทางกายภาพของอาหารให้ให้มีเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพสูงอย่างเพียงพอ

การย่อยได้ของ วัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และพลังงานไม่แตกต่างกันทางสถิติระหว่างกลุ่มการทดลอง ($p>0.05$) ผลการทดลองสอดคล้องกับ Milis and Liamadis (2007) ซึ่งพบวัตถุดิบเยื่อใยสูงไม่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ และพลังงานแต่จากการทดลองนี้ไม่สอดคล้องกับการทดลองในหลอดทดลอง Chumpawadee and Pimpa (2008) ซึ่งพบว่า การย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทดลองโดยในกลุ่มที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเยื่อใยที่มีค่าการย่อยได้ในหลอดทดลองสูงที่สุด อาจเนื่องจากความแตกต่างระหว่างในตัวสัตว์และในหลอดทดลอง แต่อย่างไรก็ตามการย่อยได้ของโปรตีนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง มีปัจจัยหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนในสูตรอาหารเช่นระดับโปรตีนในสูตรอาหาร (Kawashima et al., 2003) แหล่งของโปรตีน และธรรมชาติของโปรตีน (Milis and Liamadis, 2007) และสัดส่วนของโปรตีน (Chumpawadee et al., 2007) Fernandez et al. (2003) พบว่าแหล่งของโปรตีนจะมีผลต่อการย่อยได้

ของโปรตีนจากการทดลองนี้ กลุ่มที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไยมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุดซึ่งอาจเป็นเพราะว่ามียูเรียเป็นส่วนประกอบอยู่สูงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะของอาหารผสมสำเร็จรูปในโคเนื้อ

	กลุ่มทดลอง ¹					SEM
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
ปริมาณการกินได้						
kg/d	5.7 ^a	5.5 ^a	3.2 ^b	5.3 ^a	5.9 ^a	0.2
%BW	2.8 ^a	2.7 ^a	1.5 ^b	2.5 ^a	2.8 ^a	1.3
g/kgBW ^{0.75}	106.2 ^a	102.8 ^a	58.9 ^b	93.7 ^a	107.6 ^a	5.2
การย่อยได้ของโภชนะ,%						
DM	55.5	51.6	56.5	50.6	53.8	2.1
OM	60.4	55.6	59.6	56.2	56.4	2.1
CP	60.1 ^b	57.3 ^c	74.7 ^a	55.7 ^c	63.8 ^b	2.8
NDF	50.1	50.5	55.3	51.3	53.5	2.5

เมื่อ DM= วัตถุแห้ง, OM= อินทรีย์วัตถุ CP= โปรตีน, NDF= ผนังเซลล์, ¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อไย, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อไย, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไย, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อไย, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไย

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้อง: ตัวแปรที่บ่งบอกถึงพฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างกลุ่ม (ตารางที่ 4.3) การทดลองยกเว้นประสิทธิภาพการเคี้ยวเอื้องที่คิดเป็น gDM/min ไม่แตกต่างกัน เวลาในการเคี้ยวทั้งหมด ในสัตว์ที่กินอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีฟางข้าว กากมะเขือเทศและกากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อไยมีค่าใกล้เคียงกันแต่ในสัตว์ที่กินอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีกากปาล์มและเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไยมีเวลาในการเคี้ยวลดต่ำลงจากกลุ่มควบคุมเนื่องจากกากปาล์มเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีขนาดเล็กทำให้มีเชื้อไยที่มีประสิทธิภาพต่ำทำให้มีผลต่อการเคี้ยวโดยทั่วไปแล้วเวลาในการเคี้ยวจะลดลงเมื่อระดับผนังเซลล์และขนาดของอาหารลดลง (Beauchemin, 1991; Grant et al., 1990) นอกจากนั้นพบว่าเวลาในการเคี้ยวทั้งหมดและเวลาในการเคี้ยวเอื้องมีค่าที่น้อยกว่ารายงานของ Yang and Beauchemin (2006); Oshita et al. (2008) เมื่อแสดงเวลาในการเคี้ยวต่อปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ ในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีกากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไยมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากสัตว์ทดลองที่กินอาหารกลุ่มนี้มีปริมาณการกินได้ต่ำที่สุดดังตารางที่ 4.2 จึงทำให้มีเวลาในการเคี้ยวเอื้อง (min/kgNDF intake) มากและมีอัตราการกิน (gDM/min) ต่ำผลการทดลองสอดคล้องกับ Beauchemin et al.,

(1991) ที่รายงานว่าเวลาในการเคี้ยวเอื้องต่อหน่วยของผนังเซลล์ที่กินได้จะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้แหล่งวัตถุดิบเชื้อใยสูงร่วมกับพืชอาหารสัตว์ที่มีคุณภาพต่ำ จำนวนครั้งของการเคี้ยวขณะกินอาหาร จำนวนครั้งของการเคี้ยวเอื้อง จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อเวลาในการเคี้ยวเอื้อง ก้อนอาหารที่สารถออกมากับเคี้ยวเอื้อง จำนวนการเคี้ยวต่อก่อนไม่แตกต่างทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลองดังตารางที่ 4.4 จำนวนครั้งของการเคี้ยว จำนวนครั้งของการเคี้ยวเอื้องต่อปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อเวลาที่กินอาหารและจำนวนก้อนต่อการกินได้ของผนังเซลล์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จำนวนครั้งในการเคี้ยวจะลดลงเมื่อสัตว์กิน อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีกากปาล์มและเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยนอกจากนั้นยังพบว่าเวลาในการเคี้ยวก็จะลดลงในสัตว์ที่กินอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีกากปาล์มและเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใย ซึ่งคาดได้ว่าสัตว์ทดลองที่กิน อาหารผสมสำเร็จรูปที่มีกากปาล์มและเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยจะมีผลกระทบทางลบต่อการเคี้ยวเอื้องถึงแม้จะมีการเสริมเชื้อใยเส้นยาวประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.3 การกินอาหาร การเคี้ยวเอื้องของโคเนื้อที่ได้กินอาหารผสมสำเร็จรูปต่างชนิดกัน

	กลุ่มทดลอง ¹					SEM
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
เวลาในการเคี้ยว, min/d						
ขณะกินอาหาร	171.6 ^a	138.0 ^b	137.2 ^b	196.4 ^a	169.2 ^{ab}	6.4
ขณะเคี้ยวเอื้อง	254.6 ^{ab}	299.2 ^a	209.8 ^{ab}	274.4 ^{ab}	182.2 ^b	21.4
รวม	426.2 ^{ab}	437.2 ^{ab}	347.0 ^c	470.8 ^a	351.4 ^c	22.8
เวลาในการเคี้ยว, min/kg NDF intake						
ขณะกินอาหาร	119.6 ^a	77.7 ^b	135.6 ^a	92.5 ^b	67.8 ^b	6.7
ขณะเคี้ยวเอื้อง	177.8 ^{ab}	167.1 ^{ab}	213.8 ^a	130.4 ^{ab}	72.4 ^b	18.5
รวม	297.4 ^{ab}	244.8 ^{abc}	349.4 ^a	222.8 ^{bc}	140.2 ^c	23.1
อัตราการกินอาหาร, g DM/min ²	33.9 ^{abc}	39.6 ^a	23.6 ^c	27.6 ^{bc}	36.3 ^{ab}	1.9
ประสิทธิภาพการเคี้ยวเอื้อง, gDM/min ³	23.3	23.9	23.7	25.5	37.0	3.2

¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อใย, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อใย, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใย, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใย, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใย

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

² = DM intake (g/d)/ eating time (min/d). ³ = DM intake (g/d)/rumination time (min/d),

ตารางที่ 4.4 จำนวนครั้งของการเคี้ยวขณะกิน ขณะเคี้ยวเอื้อง จำนวนก้อนที่ขยอกขณะเคี้ยวเอื้อง และคุณลักษณะของก้อนอาหารของโคเนื้อที่ได้กินอาหารผสมสำเร็จรูปต่างชนิดกัน

	กลุ่มทดลอง ¹					SEM
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อวัน						
ขณะกินอาหาร	9746.2	7476.4	8739.4	9339.2	9251.6	401.5
ขณะเคี้ยวเอื้อง	11598.2	12852.4	9268.6	11822.6	8203.2	943.4
รวม	21344.4 ^a	20328.8 ^a	18008.0 ^b	21161.8 ^a	17454.8 ^b	1331.0
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อปริมาณการกินได้ของผนังเซลล์ 1 กิโลกรัม						
ขณะกินอาหาร	7656.0 ^{ab}	5454.0 ^{bc}	8794.0 ^a	4639.0 ^c	3899.0 ^c	562.0
ขณะเคี้ยวเอื้อง	9766.0 ^a	7754.0 ^{ab}	11278.0 ^a	6111.0 ^{ab}	4009.0 ^b	1103.0
รวม	17422.0 ^{ab}	13208.0 ^{ab}	20072.0 ^a	10750.0 ^{bc}	7908.0 ^c	1580.0
c						
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อนาทีขณะกินอาหาร	57.0 ^{ab}	53.7 ^{ab}	62.7 ^a	48.66 ^b	54.7 ^{ab}	2.0
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อนาทีขณะเคี้ยวเอื้อง	45.5	42.4	44.2	43.0	46.0	0.8
จำนวนก้อนอาหารที่ขยอกออกมาเคี้ยวเอื้องต่อวัน	250.4	264.2	214.0	211.6	156.0	21.0
จำนวนก้อนอาหารที่ขยอกออกมาเคี้ยวเอื้องต่อการตอกินได้ของผนังเซลล์ 1 กิโลกรัม	174.8 ^{ab}	149.6 ^{ab}	221.2 ^a	99.8 ^{ab}	62.4 ^b	20.8
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อก้อนอาหาร	44.74	52.3	44.0	53.3	55.2	1.3
จำนวนก้อนอาหารที่ขยอกออกมาเคี้ยวเอื้องต่อนาทีของการเคี้ยวเอื้อง	1.0	0.9	1.0	0.8	0.8	0.03

¹ rt= ใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งเชื้อใย, tm= ใช้กากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อใย, pf= ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใย, db= ใช้กากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใย, sh= ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใย

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

กระบวนการหมักและยูเรียในเลือด: ความเข้มข้นของยูเรีย กรดไขมันที่ระเหยง่ายและความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักใช้เพื่อติดตามรูปแบบของกระบวนการหมักในกระเพาะหมักดังแสดงในตารางที่ 4.5 ระดับความเป็นกรดต่างไม่แตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลองในกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้กากมะเขือเทศและกลุ่มที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใยแต่สูงกว่ากลุ่มที่ใช้กากเบียร์และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยเล็กน้อยเมื่อวัดค่าความเป็นกรดต่างที่ 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังให้อาหารความเป็นกรดต่างค่อนข้างคงที่อยู่ระหว่าง 6.5-6.9 และในทุกกลุ่มทดลองทดลองอยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ผลการทดลองสอดคล้อง

กับการทดลองในหลอดทดลอง (Chumpawadee and Pimpa, 2008) ซึ่งพบว่าแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปไม่มีผลต่อระดับความเป็นกรดค้างในหลอดทดลองโดยทั่วไปแล้ววัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์จะมีขนาดเล็กซึ่งคาดการณ์ได้ว่าจะมีผลกระทบต่อกิจกรรมการเคี้ยวเอื้องและสถานะภายในกระเพาะหมักรวมถึงการย่อยได้เนื่องจากถ้าการเคี้ยวเอื้องลดลงจะส่งผลทำให้การหลั่งน้ำลายลดลงส่งผลทำให้ความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ลดลง (Grant, 1997) จากการทดลองนี้ถึงแม้ว่าสัตว์ทดลองที่กินอาหารที่มีกากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใยจะมีการเคี้ยวเอื้องลดลงแต่ปริมาณการกินได้ก็ต่ำด้วยจึงไม่ส่งผลกระทบต่อความเป็นกรดค้างในกระเพาะหมัก

แอมโมเนียในโตรเจนในกระเพาะหมักแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างกลุ่มการทดลองผลการทดลองสอดคล้องสอดคล้องกับการทดลองในหลอดทดลองซึ่งพบว่าระดับแอมโมเนียในโตรเจนในหลอดทดลองมีผลกระทบจากแหล่งเชื้อใยในอาหาร ความแตกต่างของแอมโมเนียอาจเกิดจากระดับยูเรียและความสามารถในการย่อยสลายได้ของโปรตีนแต่อย่างก็ตามความเข้มข้นของแอมโมเนียอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักและกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Perdok and Leng, 1990; Wanapat and Pimpa, 1999) ที่ชั่วโมงที่ 0 และ 6 หลังการให้อาหารกลุ่มที่ใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใยมีระดับแอมโมเนียสูงสุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่น การที่ระดับแอมโมเนียสูงแสดงว่าในอาหารนั้นมีส่วนที่สามารถละลายได้อย่างรวดเร็วและมีโปรตีนที่ย่อยสลายได้สูงด้วยซึ่งระดับของแอมโมเนียในกระเพาะหมักจะมีความสัมพันธ์กันสูงกับยูเรียในเลือด (Church, 1972) ดังนั้นในสัตว์ที่กินอาหารที่มีกากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใยจึงมีระดับยูเรียในเลือดสูงด้วยดังแสดงในตารางที่ 5 การที่โปรตีนย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วกว่าการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ หรือความไม่สมดุลระหว่างการย่อยสลายอาหารพลังงานและโปรตีนเป็นสาเหตุให้แอมโมเนียสะสมในกระเพาะหมักและดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดและเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับดังนั้นจึงควรระมัดระวังในการใช้กากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูป เป็นที่สังเกตว่าค่าแอมโมเนียในกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีกากมะเขือเทศและกากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใยมีค่าต่ำตลอดช่วงเวลาของการสุมซึ่งเป็นเพราะว่าระดับยูเรียในสูตรอาหารมีระดับต่ำและนอกจากนั้นโปรตีนในกากมะเขือเทศและกากเบียร์ยังมีความสามารถในการย่อยได้ต่ำด้วย (Chumpawadee et al., 2007) แม้ว่าแอมโมเนียในโตรเจนจะแตกต่างกันกับกลุ่มควบคุมแต่ในทุกกลุ่มทดลองมีค่าแอมโมเนียในระดับที่เหมาะสมดังนั้นจึงสามารถใช้วัตถุดิบเชื้อใยสูงแทนพืชอาหารสัตว์ในอาหารผสมสำเร็จรูปได้

กรดไขมันที่ระเหยง่ายและสัดส่วนของกรดไขมันที่ระเหยง่ายที่ชั่วโมงที่ 4 หลังการให้อาหารดังแสดงในตารางที่ 5 กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง ผลการทดลองสอดคล้องกับการทดลองในหลอดทดลอง (Chumpawadee and Pimp, 2008) กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกลุ่มที่ใช้กากมะเขือเทศและเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มควบคุมและแตกต่างจาก กลุ่มที่ใช้กากปาล์ม

และกากเบียร์เป็นแหล่งเชื้อใยผลนี้เกิดจากการที่อาหารแต่ละชนิดมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกัน ความเข้มข้นของอซิติกในกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวและกากมะเขือเทศมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นในทางกลับกันโปรปิโอเนตในกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวและกากมะเขือเทศเป็นแหล่งเชื้อใยมีค่าต่ำกว่ากลุ่มอื่นซึ่งอัตราการย่อยสลายและขอบเขตของการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตเป็นตัวที่ส่งผลกระทบต่อกรดไขมันที่ระเหยง่าย (Cheng et al., 1991) Meady and Mayne (2001) ก็พบว่าถ้าโคกินอาหารที่มีสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตเหมือนกันจะได้กรดไขมันที่ระเหยง่ายในกระเพาะหมักเหมือนกัน ดังนั้นการทดลองนี้มีแหล่งเชื้อใยที่ต่างกันจึงทำให้ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายแตกต่างกันด้วย

ตารางที่ 4.5 กระบวนการหมักและยูเรียในเลือดของโคเนื้อที่ได้กินอาหารผสมสำเร็จรูปต่างชนิดกัน

	กลุ่มทดลอง ¹					SEM
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
ยูเรียในเลือด, mg%						
0 h	6.0 ^b	4.8 ^c	8.0 ^a	7.6 ^a	6.2 ^b	0.45
2 h	7.5 ^a	5.6 ^c	8.2 ^a	8.4 ^a	6.2 ^b	0.44
4 h	7.2 ^b	5.4 ^c	8.8 ^a	7.6 ^a	6.8 ^b	0.50
6 h	7.8 ^a	4.6 ^c	8.0 ^a	7.2 ^a	6.6 ^b	0.47
เฉลี่ย	6.8 ^b	5.1 ^c	8.2 ^a	7.7 ^a	6.5 ^b	0.44
ความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมัก						
0 h	7.0	6.9	7.1	6.8	6.5	0.07
2 h	6.6	6.6	6.5	6.5	6.4	0.05
4 h	6.7	6.7	7.0	6.7	6.4	0.08
6 h	6.8	6.8	6.7	6.8	6.6	0.06
เฉลี่ย	6.9	6.8	6.8	6.7	6.5	0.04
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ N), mg%						
0 h	8.1 ^b	5.2 ^c	14.3 ^a	7.9 ^b	6.1 ^b	1.06
2 h	9.2 ^b	7.8 ^b	12.3 ^a	7.3 ^b	4.3 ^c	1.14
4 h	6.2 ^b	5.3 ^c	15.7 ^a	8.4 ^b	6.6 ^b	1.70
6 h	7.7 ^b	6.3 ^b	10.8 ^a	10.9 ^a	9.0 ^a	1.28
เฉลี่ย	7.8 ^b	6.2 ^c	13.3 ^a	8.6 ^b	6.5 ^c	1.30

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

	กลุ่มทดลอง ¹					SEM
	rt-TMR	tp-TMR	pm-TMR	db-TMR	sh-TMR	
กรดไขมันที่ระเหยง่าย, 4 ชั่วโมงหลังให้อาหาร						
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด,mM	48.0 ^a	49.4 ^a	44.5 ^c	46.7 ^b	49.7 ^a	2.58
อซิเตต (%)	74.0 ^a	74.0 ^a	64.6 ^b	66.8 ^b	67.7 ^b	1.56
โพรปิอเนต (%)	18.1 ^b	19.2 ^b	25.0 ^a	23.1 ^a	23.2 ^a	1.82
บิวทีเรท (%)	6.3	5.9	8.4	7.9	6.5	0.85
ไอโซบิวทีเรท (%)	1.2	0.8	1.6	1.7	2.0	0.01
วาลเอเรท (%)	0.4	0.1	0.4	0.5	0.6	0.02
C2:C3	4.1 ^a	3.9 ^a	2.6 ^b	2.9 ^b	2.9 ^b	0.71

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าวัตถุดิบเชื้อไขสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูปมีผลกระทบต่อการกินได้ การย่อยได้ของโปรตีน การเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมัก สัตว์ทดลองที่กินอาหารที่มีกากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อไขมีผลกระทบทางลบต่อปริมาณการกินได้และการเคี้ยวเอื้องถึงแม้ว่าจะเสริมเชื้อไขเส้นยาว 5 เปอร์เซ็นต์ การใช้กากมะเขือเทศ กากเบียร์และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อไขในอาหารผสมสำเร็จรูปสามารถทำได้เมื่อเสริมเชื้อไขเส้นยาวลงไป 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

บทที่ 5

การทดลองที่ 3: ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะการผลิต แก๊ส การย่อยได้ และกระบวนการหมักในหลอดทดลอง

บทนำ

เป็นที่ทราบกันดีว่าการใช้อาหารผสมสำเร็จรูปสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับการยอมรับและใช้กันอย่างแพร่หลายเมื่อไม่นานมานี้ ข้อดีของการใช้อาหารผสมสำเร็จรูปคือ ช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำนม ทำให้สามารถเลือกใช้วัตถุดิบที่มีราคาถูกได้ สามารถควบคุมสัดส่วนอาหารข้นและอาหารหยาบได้ และลดการใช้แรงงานในการให้อาหาร (Spahr et al., 1993; Eversom et al., 1976) ซึ่งแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีความสำคัญเป็นอย่างมากเนื่องจากมีผลกระทบต่อ ปริมาณการกินได้ การเคี้ยวเอื้อง ความสามารถในการย่อยได้ และการให้ผลผลิต (Chumpawadee and Pimpa, 2008) โดยทั่วไปจะใช้พืชอาหารสัตว์ หญ้าหมัก ฟางข้าว ชังข้าวโพด และหญ้าแห้งเป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูป แต่ในช่วงฤดูแล้งจะขาดแคลนอาหารหยาบที่จะใช้เป็นแหล่งเชื้อใยสำหรับใช้ในอาหารผสมสำเร็จรูป ดังนั้นจึงควรหาแหล่งเชื้อใยจากวัตถุดิบอาหารชนิดอื่นโดยเฉพาะใบไม้ที่มีอยู่มากในช่วงฤดูแล้ง ถึงแม้ว่าใบไม้จะมีข้อควรระวังในการใช้คือมีแทนนิน ซาโปนิน และกรดอมิโนที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของโปรตีนซึ่งจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์และตัวสัตว์เอง (Lowry et al., 1996) แต่อย่างไรก็ตามก็ควรนำมาพิจารณาในการใช้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปเพราะใบไม้มีโปรตีน แร่ธาตุ และวิตามินเป็นส่วนประกอบอยู่สูง (Baloyi et al., 1997) นอกจากนั้นยังสามารถหาได้ง่ายและสารพิษในใบไม้สามารถลดพิษได้โดยการตากแดด

เนื่องจากข้อมูลการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปยังมีข้อมูลอยู่น้อย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการทดลองนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาถึงการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการย่อยได้ในหลอดทดลองและการย่อยได้ในหลอดทดลอง

วัสดุและวิธีการทดลอง

การเตรียมอาหารผสมสำเร็จรูป: ทำการสุมเก็บใบไม้ได้แก่ใบประดู่ ใบจามจุรี ใบจามจุรี และวัตถุดิบที่จะใช้ในการผสมอาหารสำเร็จรูปจากบริเวณพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม นำตัวอย่างมาอบที่ตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมงแล้วนำมาบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่วัตถุดิบแห้ง โปรตีนและเถ้าตามวิธีของ AOAC (1990) และวิเคราะห์หา NDF, ADF และ ADL ตามวิธีการของ Vansoest et al. (1991) ดังตารางที่ 1 นำองค์ประกอบทางเคมีที่ได้มาคำนวณสูตรอาหารผสมสำเร็จรูป 4 สูตรให้มีส่วนประกอบทางเคมีใกล้เคียงกันแต่แตกต่างกันที่แหล่งของเชื้อใย (ตารางที่ 5.2) การทดลองนี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 5 ซ้ำ กลุ่มการทดลองได้แก่กลุ่มที่ 1 ใช้ชังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อ

โย กลุ่มที่ 2 ใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อโย กลุ่มที่ 3 ใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อโยและกลุ่มที่ 4 ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อโยทำการผสมสูตรอาหารทั้ง 4 สูตรและนำไปบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร

การทดลองเทคนิคแก๊สโปรคักชัน: ใช้โคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองที่มีน้ำหนัก 250 ± 15 กิโลกรัม เป็นแหล่งของจุลินทรีย์ที่จะใช้ในการบ่ม ซึ่งโคจะได้รับการปรับสัต์เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยได้รับอาหารหยาบคือฟางแบบเต็มทีและได้รับอาหารข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว โดยอาหารข้นประกอบด้วยมันเส้น 49.8 เปอร์เซ็นต์ รำละเอียด 17.5 เปอร์เซ็นต์ กากปาล์ม 14.6 เปอร์เซ็นต์ กากถั่วเหลือง 7 เปอร์เซ็นต์ ยูเรีย 1.4 เปอร์เซ็นต์ เกลือ 0.4 เปอร์เซ็นต์ แร่ธาตุผสม 1.0 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 8.3 เปอร์เซ็นต์ โดยโคได้รับอาหารสองครั้งเช้าและเย็นมีน้ำสะอาดและแร่ธาตุก่อนให้โคกินตลอดเวลา ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากระเพาะหมักผ่านทางกระบอกเจาะกระเพาะโดยใช้เข็มสูญญากาศดูดใส่ขวดรูปชมพู่ขนาดสองลิตรแล้วเทใส่กระดิกเทอมอสที่ปรับอุณหภูมิโดยใช้น้ำร้อนปิดฝาให้สนิทนำมาที่ห้องปฏิบัติการโดยเร็วที่สุดและนำมาเตรียมสารละลายเลี้ยงเชื้อตามวิธีการของ Markar et al. (1995)

ทำการชั่งตัวอย่างอาหาร 0.5 กรัมใส่ในขวดวัดชี้นขนาด 50 มิลลิตร (Sommart et al. 2000) นำขวดไปอุ่นในตู้อบลมร้อนที่ 39 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมงก่อนฉีดสารละลายเลี้ยงเชื้อที่ผสมกับของเหลวในกระเพาะหมักเข้าไป 40 มิลลิตรต่อขวดโดยใช้ไซลิงขนาด 60 มิลลิตรและนำไปบ่มในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส

ทำการวัดปริมาตรแก๊สหลังจากบ่มโดยใช้ไซลิงค์แก้วขนาด 20 มิลลิตรโดยต่อเข้ากับเข็มเบอร์ 23 ยาว 1.5 นิ้ว ทำการวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจากชั่วโมงที่ 1-72 โดย 1-12 ชั่วโมงแรกทำการวัดทุก ๆ ชั่วโมง ในชั่วโมงที่ 12-24 ทำการวัดทุก ๆ 3 ชั่วโมง จากชั่วโมงที่ 24-48 ทำการวัดทุก ๆ 6 ชั่วโมง และชั่วโมงที่ 48-72 ทำการวัดทุก ๆ 12 ชั่วโมง นำปริมาตรแก๊สสะสมที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 6, 12, 24, 48, 72 มาเข้าสมการเอกโพเนนเชียล $y = a + b [1 - \text{Exp}(-ct)]$ (Ørskov and McDonald, 1979) เมื่อค่า a คือจุดตัดแกนซึ่งบอกถึงส่วนที่สามารถละลายได้ ส่วน b หมายถึงส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่มีศักยภาพในการย่อยสลาย ส่วน c หมายถึงอัตราการเกิดแก๊สส่วน (a+b) คือศักยภาพในการผลิตแก๊สทั้งหมด และ y คือผลผลิตแก๊ส ณ เวลา t

การวัดการย่อยได้ของวัตถุดิบและ อินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองทำการวัดหลังจากบ่ม 72 ชั่วโมง นำเศษเหลือจากการบ่มไปกรองโดยครุชีเบิ้ลแก้วหลังกรองล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 250 มิลลิตรและนำไปอบให้แห้งชั่งน้ำหนักและนำไปเผาเพื่อหาเถ้า และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุ

การวัดกระบวนการหมักในหลอดทดลองโดยทำการสุ่มขวดออกมาที่ชั่วโมงที่ 0,3,9 และ 12 ชั่วโมงหลังการบ่มนำมาวัดค่าความเป็นกรดต่างโดยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง และใส่กรดไฮโดรคลอริก 5 มิลลิตรเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาทีและเก็บเอาส่วนที่ใสไปเก็บในขวดพลาสติกแช่แข็งไว้และนำมาวิเคราะห์หา

แอมโมเนียในโตรเจนตามวิธีของ Bremner and Keeney (1965) และกรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมดตามวิธีของ Briggs et al. (1957)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ: นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองเข้าวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1996) โดยใช้แผนการทดลองแบบกลุ่มสมบูรณ์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธีการ Duncan New's Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

องค์ประกอบทางเคมีของใบไม้และวัตถุดิบที่ใช้ในการประกอบสูตรอาหารดังแสดงในตารางที่ 5.1 ใบไม้ประกอบด้วยเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางสูงกว่า 40.5 เปอร์เซ็นต์อาหารผสมสำเร็จรูปมีองค์ประกอบทางเคมีคล้ายคลึงกันทั้ง 4 สูตรดังแสดงในตารางที่ 5.2 ซึ่งมีโปรตีนหยาบ เถ้า และ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลางประมาณ 11.8, 7.8 และ 41.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ตารางที่ 5.1 องค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ	DM	CP	Ash	NDF	ADF	ADL
ชังข้าวโพด	91.3	1.4	2.3	86.3	51.3	10.2
ใบประคู้	40.5	13.9	6.6	51.7	35.8	14.4
ใบจามจุรี	30.0	21.9	4.6	51.5	34.8	15.1
ใบข่อย	31.0	14.2	17.4	40.5	35.8	4.4
มันเส้น	93.4	1.9	2.0	6.9	6.4	1.9
กากน้ำตาล	72.4	2.2	8.5	-	-	-
รำหยาบ	90.5	5.9	14.1	61.2	45.9	11.9

เมื่อ DM=วัตถุแห้ง, OM= อินทรีย์วัตถุ, CP= โปรตีน, NDF= ผนังเซลล์, ADF=ลิกโนเซลลูโลส และ ADL= ลิกนิน

คุณลักษณะของการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จรูป: คุณลักษณะในการผลิตแก๊สของอาหารผสมสำเร็จรูปแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ค่า a มีค่าอยู่ระหว่าง -4.2 ถึง -8.7 มิลลิลิตรซึ่งค่า a ติดลบในทุกกลุ่มการทดลองเนื่องจากกระเพาะพักตัวของการเข้าย่อยสลายของจุลินทรีย์ในช่วงเริ่มต้นของการทดลองซึ่ง Blummel and Becker, 1997 ก็พบว่าเมื่อใช้โมเดลนี้ในการอธิบายถึงจลศาสตร์การย่อยสลายก็พบว่าค่า a ติดลบเช่นกันแต่อย่างไรก็ตามเราจะใช้ค่าสัมบูรณ์ของ a ($|a|$) ในการอธิบายถึงส่วนที่สามารถละลายได้ในวัตถุดิบจากการทดลองนี้ค่าสัมบูรณ์ของ a สูงสุดในกลุ่มที่ใช้ชังข้าวโพดเป็นแหล่งเยื่อใยและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกลุ่มที่ใช้ใบประคู้และจามจุรีเป็นแหล่งเยื่อใยแต่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเยื่อใยซึ่งชี้ให้เห็นว่าในอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ชังข้าวโพดและใบข่อยมีส่วนที่สามารถละลายได้สูงซึ่งส่วนที่ละลายได้นี้

จะง่ายต่อการเข้าย่อยสลายโดยจุลินทรีย์และเป็นผลให้ได้ปริมาณแก๊สที่สูงตามไปด้วยดังตารางที่ 5.3 ซึ่งข้าวโพดมีโครงสร้างและคุณลักษณะของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่เข้าย่อยสลายได้ง่ายกว่าพวกใบไม้แต่ใบไม้จะมีเยื่อใยสูงซึ่งจะยากต่อการเข้าย่อยสลายของจุลินทรีย์นอกจากนั้นใบไม้ยังมีลิกนินอยู่สูงซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการหมักและการย่อยได้ต่ำดังนั้นสัดส่วนของ NDF, ADF และ ADL ในใบไม้จึงเป็นข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ของใบไม้

ค่าปริมาณแก๊สที่จุดเส้นกราฟราบเรียบใช้อธิบายถึงการหมักย่อยส่วนที่ไม่สามารถละลายได้ในอาหารสัตว์จากการทดลองพบว่าปริมาณแก๊ส ณ จุดเส้นกราฟราบเรียบมีค่าสูงสุดในกลุ่มที่ใช้ซึ่งข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใยและมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณแก๊ส ณ จุดเส้นกราฟราบเรียบสามารถใช้ทำนายปริมาณการกินได้ (Blummel and Ørskov, (1993) พบว่าสามารถใช้ทำนายปริมาณการกินได้ได้แม่นยำสูงถึง 88 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น Sommart et al. (2003) พบว่าสามารถใช้ทำนายการย่อยได้ ผลผลิตสุดท้ายในกระบวนการหมักและการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในหลอดทดลองได้ นอกจากนั้นยังพบว่าความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุก็มีความสัมพันธ์กันสูงกับปริมาณแก๊สที่ผลิตได้ (Sommart et al., 2002) ในการทดลองนี้กลุ่มที่ใช้ซึ่งข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใยให้ปริมาณแก๊สสูงสุดและในกลุ่มที่ใช้ใบประดู่และใบจามจุรีมีค่าต่ำสุดอาจเป็นผลมาจากสารประกอบฟีนอลิกในใบพืชซึ่งอาจเป็นพิษต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (De,mello, 1992) ซึ่ง Getachew et al. (2000) รายงานว่าโดยทั่วไปแล้วในใบไม้จะมีสารประกอบฟีนอลิกโดยเฉพาะแทนนินซึ่งสอดคล้องกับ Lowry et al. (1996) รายงานว่าในใบพืชยืนต้นมักจะมีพวกแทนนิน ซาโปนินและกรดอะมิโนที่ไม่ใช่โปรตีนซึ่งจะเป็นพิษต่อจุลินทรีย์และตัวสัตว์

อัตราการผลิตแก๊สเรียงลำดับจากเร็วไปหาช้าดังนี้คือกลุ่มที่ใช้ใบประดู่ ใบจามจุรี ซึ่งข้าวโพดและใบข่อย เป็นแหล่งเชื้อใยอัตราการเกิดแก๊สที่เร็วจะเกิดในกลุ่มที่ใช้ใบจามจุรีและใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใยซึ่งอาจเป็นผลที่จากการที่ส่วนของคาร์โบไฮเดรตสามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างรวดเร็ว

ค่าศักยภาพการผลิตแก๊ส ($|a|+b$) ของกลุ่มที่ใช้ซึ่งข้าวโพดมีค่าสูงที่สุดแตกต่างกับกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสามารถบอกเป็นนัยได้ว่า กลุ่มที่ใช้ซึ่งข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใยสามารถย่อยสลายได้สูงในกระเพาะหมักและเป็นที่สังเกตว่าศักยภาพการผลิตแก๊สของกลุ่มที่ใช้ใบประดู่และใบจามจุรีมีค่าค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับ กลุ่มที่ใช้ซึ่งข้าวโพดและใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใยซึ่งอาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในอาหารผสมสำเร็จรูปโดยเฉพาะที่เป็นผนังเซลล์หรือคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (Melagu et al., 2003) จากการทดลองจะเห็นว่าผนังเซลล์ในกลุ่มที่ใช้ใบประดู่และใบจามจุรีมีค่าสูงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ใช้ซึ่งข้าวโพดและใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใยการที่ผนังเซลล์สูงทำให้ยากต่อการเข้าย่อยของจุลินทรีย์จึงทำให้เกิดแก๊สในปริมาณที่ต่ำกว่า

ตารางที่ 5.2 สูตรอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

วัตถุดิบ	กลุ่มทดลอง ¹			
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR
ซังข้าวโพด	30.0	-	-	-
ใบประคู้	-	40.0	-	-
ใบจามจุรี	-	-	40.0	-
ใบข่อย	-	-	-	40.0
กระถินบด	10.0	10.0	15.0	4.5
มันเส้น	40.5	27.5	24.5	21.0
กากน้ำตาล	8.0	5.0	7.0	6.0
รำหยาบ	7.0	15.0	12.3	25.8
เกลือ	0.5	0.5	0.5	0.5
ยูเรีย	3.0	1.4	0.1	1.3
แร่ธาตุผสม	0.5	0.5	0.5	0.2
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	0.5	0.1	0.1	0.7
รวม	100	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมี				
วัตถุแห้ง, %	94.1	92.0	92.6	92.0
เถ้า, %	7.8	6.5	6.2	10.7
โปรตีน, %	11.4	11.9	12.1	12.0
ผนังเซลล์, %	41.3	42.0	42.0	41.4
ลิกโนเซลลูโลส, %	21.8	26.4	28.0	30.7
ลิกนิน, %	7.2	10.0	10.3	6.5
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด*, %	63.5	60.4	63.2	60.1
แคลเซียม*, %	0.4	0.4	0.5	0.4
ฟอสฟอรัส*, %	0.2	0.2	0.2	0.3

*ค่าที่ได้จากการคำนวณ

¹ C-TMR= กลุ่มใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประคู้เป็นแหล่งเชื้อใย, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใย

การย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ: จะสังเกตได้ว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกันในกลุ่มทดลองเดียวกันแต่พบว่าการย่อยได้

ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างกลุ่มทดลอง ในกลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อยามีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดผลการทดลองบ่งชี้เป็นนัยได้ว่าจุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้สูงด้วยการทดลองนี้จะเห็นว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพด ใบประดู่และใบจามจุรีมีค่าน้อยกว่าการใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อยเนื่องจากสัดส่วนของเชื้อยโดยเฉพาะ ลิกโนเซลลูโลสและลิกนินมีค่าสูงในกลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพด ใบประดู่และใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อย ซึ่งลิกนินจะเป็นตัวจำกัดการย่อยได้และส่งผลถึงปริมาณการกินได้ด้วย (Ibrahim et al., 1995) ซึ่งการทดลองนี้สอดคล้องกับการทดลองของ Vansoest (1988) ซึ่งพบว่าระดับลิกโนเซลลูโลสและลิกนินในอาหารจะมีผลทำให้การย่อยได้ลดลง

ตารางที่ 5.3 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลอง

	กลุ่มทดลอง ¹				SEM
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR	
คุณลักษณะการผลิตแก๊ส ²					
<i>a</i> , ml	-8.7 ^c	-7.4 ^b	-4.2 ^a	-8.2 ^{bc}	0.4
<i>b</i> , ml	142.9 ^a	119.5 ^c	104.8 ^d	132.6 ^b	3.4
<i>c</i> , %/h	0.05 ^b	0.06 ^a	0.05 ^b	0.06 ^a	0.0
<i>a</i> + <i>b</i> , ml	151.6 ^a	126.9 ^c	109.0 ^d	140.8 ^b	3.0
การย่อยได้ในหลอดทดลอง (%)					
IVDMD	79.6 ^b	77.3 ^b	77.9 ^b	85.4 ^a	0.8
IVOMD	79.8 ^b	77.2 ^b	77.7 ^b	85.8 ^a	0.8

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ¹ C-TMR= กลุ่มใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อย, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อย, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อย, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อย ² *a*= ส่วนที่สามารถละลายได้ (mL), *b*= ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่มีศักยภาพในการย่อยสลาย, *c* = อัตราการเกิดแก๊ส, (*a*|+*b*)= ศักยภาพในการผลิตแก๊สทั้งหมด

กระบวนการหมักในหลอดทดลอง: แอมโมเนียในโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยง่าย และความชื้นเป็นกรดต่างในหลอดทดลองดังแสดงในตารางที่ 5.4 ผลการทดลองพบว่าความเป็นกรดต่างในหลอดทดลองไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลองระดับความเป็นกรดต่างในชั่วโมงที่ 0,3,6,9 และ 12 ชั่วโมงหลังบ่มมีค่าค่อนข้างคงที่อยูระหว่าง 7.0-7.3 และทุกกลุ่มการทดลองอยู่ในระดับที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์เนื่องจากการทดลองในหลอดทดลองจะมีการควบคุม

ระดับความเป็นกรดต่างโดยการเติมสารละลายบัฟเฟอร์ถ้าบัฟเฟอร์สูญเสียสภาพก็จะทำให้ความเป็นกรดต่างลดต่ำลง (Getachew et al., 1998) และที่ความเป็นกรดต่างต่ำ ๆ จะส่งผลทำให้การทำงานของแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูโลสทำงานได้น้อยลงจะส่งผลต่อการย่อยสลายเยื่อใย (Russell and Dombrowski, 1980) แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองนี้บัฟเฟอร์ยังสามารถคงสภาพของความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักได้ดังนั้นจึงไม่กระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์

แอมโมเนียในโตรเจนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทดลอง ($p < 0.05$) ในทุกชั่วโมงของการสุ่มวัดยกเว้นชั่วโมงที่ 0 และชั่วโมงที่ 12 ความแตกต่างของระดับแอมโมเนียในแต่ละกลุ่มการทดลองเนื่องจากระดับยูเรียและการย่อยสลายโปรตีนในอาหารนอกจากนั้นยังรวมถึงการนำแอมโมเนียไปใช้ประโยชน์ด้วยถึงแม้การหมุนเวียนกลับของไนโตรเจนในกระเพาะหมักและในหลอดทดลองจะแตกต่างกันแต่จากการทดลองนี้จะเห็นได้ว่าระดับแอมโมเนียในโตรเจนอยู่ในระดับปกติและเหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ (Perdok and Leng, 1990; Wannapat and Pimpa, 1999) ที่ชั่วโมงที่ 3-9 หลังบ่มพบว่ากลุ่มที่ใช้ขังข้าวโพดมีค่าแอมโมเนียในโตรเจนสูงสุดเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นทั้งนี้อาจเนื่องจากในกลุ่มที่ใช้ขังข้าวโพดเป็นแหล่งเยื่อใยมีการใช้ยูเรียปรับระดับโปรตีนในสูตรอาหารให้เท่ากันเพราะในขังข้าวโพดมีระดับโปรตีนที่ต่ำกว่าแหล่งวัตถุดิบเยื่อใยอื่น และเป็นที่น่าสังเกตว่าในกลุ่มที่ใช้ใบประดู่และใบจามจุรีเป็นแหล่งเยื่อใยมีระดับแอมโมเนียต่ำตลอดระยะเวลาที่ทำการสุ่มซึ่งเป็นไปได้สองทางคืออาหารทั้งสองกลุ่มมียูเรียเป็นองค์ประกอบอยู่ต่ำหรือโปรตีนที่ย่อยสลายได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและนอกจากนั้นใบประดู่และใบจามจุรียังมีความสามารถในการย่อยสลายได้ดีด้วย (Chumpawadee et al., 2008) ถึงแม้ว่าระดับแอมโมเนียมีระดับต่ำกว่ากลุ่มควบคุมแต่ก็อยู่ในระดับปกติที่ไม่ส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าใบไม้เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปได้แต่ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการทดลองในสัตว์

กรดไขมันที่ระเหยง่ายมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ยกเว้นชั่วโมงที่ 0 หลังการบ่มจะเห็นว่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายจากชั่วโมงที่ 0-12 มีค่าสูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งเป็นเพราะว่ากรดไขมันที่ระเหยง่ายเกิดการสะสมในของเหลวเนื่องจากไม่สามารถดูดซึมผ่านหลอดทดลองได้เหมือนกับการดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมัก ความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยง่ายในกลุ่มที่ใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเยื่อใยมีระดับใกล้เคียงกับกลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเยื่อใยแต่แตกต่างจากกลุ่มที่ใช้ขังข้าวโพดและใบจามจุรีซึ่งเป็นเพราะว่าสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตในอาหารแตกต่างกันจึงทำให้กรดไขมันที่ระเหยง่ายแตกต่างกันเพราะความเข้มข้นของกรดไขมันจะขึ้นอยู่กับอัตราและขอบเขตของการย่อยสลายอาหารคาร์โบไฮเดรต (Cheng et al., 1991) นอกจากนั้น Keady and Mayne (2001) ก็พบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องที่กินอาหารที่มีส่วนประกอบของคาร์โบไฮเดรตเหมือนกันจะทำให้มีกรดไขมันที่ระเหยง่ายเหมือนกัน

ดังนั้นจากการทดลองนี้มีแหล่งเชื้อยีสที่แตกต่างกัน ดังนั้นระดับของกรดไขมันที่ระเหยง่ายใน
กระเพาะหมักจึงต่างกันด้วย

ตารางที่ 5.4 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อยีสในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อกระบวนการหมักใน
หลอดทดลอง

		กลุ่มทดลอง ¹				SEM
		C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR	
pH						
	0 h	7.3	7.2	7.2	7.2	0.02
	3 h	7.1	7.2	7.1	7.2	0.01
	6 h	7.1	7.1	7.1	7.1	0.01
	9 h	7.1	7.1	7.1	7.1	0.01
	12 h	7.0	7.0	7.0	7.0	0.01
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ N), mg%						
	0 h	20.4	20.7	20.0	20.0	0.37
	3 h	19.7 ^{ab}	16.2 ^{bc}	15.7 ^c	20.4 ^a	0.75
	6 h	17.1 ^a	14.5 ^b	12.8 ^c	17.7 ^a	0.51
	9 h	17.9 ^a	12.7 ^b	10.9 ^b	12.9 ^b	0.86
	12 h	11.9	11.3	10.4	10.3	0.32
กรดไขมันที่ระเหยง่ายทั้งหมด, mM						
	0 h	22.7	22.4	22.4	22.7	0.20
	3 h	33.2 ^b	35.9 ^a	31.8 ^b	36.2 ^a	0.55
	6 h	39.9 ^b	40.1 ^b	36.4 ^c	44.3 ^a	0.74
	9 h	51.9 ^b	57.9 ^a	48.3 ^c	56.9 ^a	1.02
	12 h	55.1 ^c	62.0 ^a	57.6 ^{bc}	60.8 ^{ab}	0.85

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$), ¹ C-TMR= กลุ่มใช้ขี้ขี้วัวโพดเป็นแหล่งเชื้อ
ยีส, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อยีส, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจากจรีเป็นแหล่งเชื้อยีส, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่ง
เชื้อยีส

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาในหลอดทดลองโดยใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อยีสในอาหารผสมสำเร็จรูปพบว่าการ
ใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อยีสในอาหารผสมสำเร็จรูปมีผลต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊สการย่อยได้ใน

หลอดทดลองและกระบวนการหมักในหลอดทดลอง การใช้ข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อยีสให้ค่าคุณลักษณะในการผลิตแก๊สสูงที่สุดและพบว่าในกลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อยีสมีผลทำให้การย่อยได้ในหลอดทดลองสูงที่สุด ระดับของแอมโมเนียในโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยได้และความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักมีค่าแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลองแต่อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการใช้ใบจามจุรี ใบประดู่และใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อยีสในอาหารผสมสำเร็จรูปสามารถทำได้แต่อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาในตัวสัตว์ต่อไป

บทที่ 6

การทดลองที่ 4: ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคเนื้อ

เนื่องจากการทดลองในหลอดทดลองไม่สามารถยืนยันข้อมูลบางส่วนโดยเฉพาะการกินได้ และพฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลของ การใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้อง และกระบวนการหมักในกระเพาะหมักในโคเนื้อ

วัสดุและวิธีการทดลอง

ทำการสุ่มเก็บใบประดู่ใบจามจุรีใบช่อรวมทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองจากบริเวณ จังหวัดมหาสารคาม นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมงและนำมาชั่งน้ำหนัก นำวัตถุดิบมาบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรเพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่วัตถุดิบแห้ง โปรตีนและเถ้าตามวิธีของ (AOAC, 1990) ใช้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีเพื่อคำนวณสูตรอาหารให้มีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด โปรตีน พลังงาน และลิกโนเซลลูโลส ใกล้เคียงกัน

สัตว์ทดลองและการให้อาหารสัตว์ทดลอง: ใช้โคลูกผสมบราห์มันพื้นเมืองจำนวน 4 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 233.3 ± 13.09 กิโลกรัม ทำการถ่ายพยาธิโดยใช้ยาไอเวอร์เมคตินและฉีดวิตามิน AD3E ก่อนเข้าทดลองโคจะอยู่ในคอกขังเดี่ยวที่มีน้ำและแร่ธาตุก้อนให้กินตลอดเวลาให้อาหารผสมสำเร็จรูปเต็มทีในช่วง 7.00 น และในช่วง 16.00 น สัตว์ทดลองจะถูกสุ่มให้ได้รับอาหารตามแผนการทดลองแบบ 4x4 จัสตริสลาติน มีช่วงการทดลอง 4 ช่วงการทดลองช่วงการทดลองละ 21 วัน กลุ่มการทดลองคือกลุ่ม 1 ให้ขังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย กลุ่มที่ 2 ใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย กลุ่มที่ 3 ใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใยและกลุ่มที่ 4 ใช้ใบช่อเป็นแหล่งเชื้อใย สัตว์ทดลองจะได้รับการชั่งน้ำหนักในช่วงเริ่มต้นในแต่ละช่วงการทดลอง

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง: ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารผสมสำเร็จรูปนำมาบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตรและทำการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีได้แก่ วัตถุดิบแห้ง เถ้า โปรตีน พลังงาน ลิกโนเซลลูโลส ลิกนิน และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด ทำการสุ่มมูลโดยล้วงผ่านทางทวารหนักที่เวลา 10.00 น เป็นเวลา 3 วันติดต่อกันนำมูลที่ได้มาผสมเข้ากันดีแล้วอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำการชั่งน้ำหนักและบดผ่านตระแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร นำมาวิเคราะห์ วัตถุดิบแห้ง เถ้า โปรตีน พลังงาน ลิกโนเซลลูโลส และเถ้าที่ไม่ละลายในกรด นำข้อมูลมาคำนวณหาการย่อยได้ของโภชนะตามวิธีการของ Schneider and Flatt (1975)

ทำการสุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักในช่วงวันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลองโดยสุ่มที่ชั่วโมงที่ 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ทำการวัดความเป็นกรดต่างพันธุ์โดยเครื่องวัดความเป็นกรดต่าง (Handy, Lab 1, CG842 Schott) หลังจากนั้นนำมากรองผ่านผ้าขาวบาง

เก็บของเหลวที่กรองได้ 50 มิลลิลิตรใส่ขวดพลาสติกและเติมกรดไฮโดรคลอริก 6 N เข้าไป 5 มิลลิลิตรเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 16000 g เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำใสด้านบนนำไปใส่ขวดพลาสติกและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจนต่อไป

ทำการสุ่มเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณคอในช่วงเวลาเหมือนกับกาสุ่มของเหลวจากกระเพาะหมักเก็บประมาณ 10 มิลลิลิตรในหลอดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดนำไปใส่กล่องที่มีน้ำแข็งและนำกลับมาที่ห้องปฏิบัติการทำการปั่นเหวี่ยงที่ 5000g เป็นระยะเวลา 10 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำเลือดใสในหลอดพลาสติกและนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสและนำไปวิเคราะห์หายูเรียในเลือดโดยใช้ Stanbio Urea Nitrogen (BUN) (Liqui-UV[®] Procedure No.2020)

ในวันที่ 18 และ 19 ของแต่ละช่วงการทดลองทำการวัดพฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องโดยการนั่งสังเกตพฤติกรรมตลอดทั้งวันจำนวนครั้งในการเคี้ยวขณะกินอาหารและจำนวนครั้งในการเคี้ยวขณะเอื้องเอื้อนใช้เครื่องนับจำนวนครั้งและจับเวลาในกระบวนกาการเคี้ยวเอื้องตลอดทั้งสองวันเพื่อนำมาคำนวณค่าต่าง ๆ

การวิเคราะห์ทางสถิติ: ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1996) ใช้แผนการทดลองแบบ 4x4 จัตุรัสลาตินและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดย Duncan New's Multiple Range Test โดยจะแสดงความแตกต่างเมื่อ $p < 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะ: องค์ประกอบทางเคมีของอาหารผสมสำเร็จดังรูปดังแสดงในตารางที่ 6.1 อาหารผสมสำเร็จรูปทั้ง 4 สูตรมีวัตถุดิบแห้ง ถั่ว และโปรตีนใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามระดับของผนังเซลล์ ลิกโนเซลลูโลสในอาหารผสมสำเร็จรูปที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อยามีค่าสูงกว่าอาหารผสมสำเร็จรูปอื่นเล็กน้อยตารางที่ 6.2 แสดงปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะในโคที่กินอาหารผสมสำเร็จรูปผลการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้มีค่าแตกต่างกันระหว่างกลุ่มการทดลอง ($p < 0.05$) มีปัจจัยด้านอาหารหลายอย่างส่งผลต่อปริมาณการกินได้เช่นลักษณะทางกายภาพ ส่วนผสมของอาหารและองค์ประกอบทางโภชนะจากการทดลองนี้เห็นได้ว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบมีอิทธิพลจากแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูป ปริมาณการกินได้ของโคเนื้อที่กินอาหารในกลุ่มที่ใช้ใบจากจรีและใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อยามีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีใบข่อยและซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย ตามลำดับทั้งนี้เนื่องจากใบจากจรีและใบประดู่มีลักษณะทางกายภาพที่น่ากินกว่าซังข้าวโพดซึ่งเป็นกลุ่มควบคุมและนอกจากนั้นยังพบว่าโคที่กินอาหารที่มีซังข้าวโพดและใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใยใช้เวลาในการเคี้ยวเอื้องน้อยกว่าเนื่องจากมีขนาดอนุภาคเล็กกว่า จากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสม

สำเร็จรูปสามารถใช้ได้เป็นอย่างดีมีผลกระทบในทางบวกต่อปริมาณการกินได้เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม

ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุและการย่อยได้ของผนังเซลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) การศึกษาครั้งนี้ไม่สอดคล้องกับการศึกษาในหลอดทดลองที่พบว่า การย่อยได้ของวัตถุดิบ และอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลอง (Chumpawadee and Pimpa, 2009) ซึ่งพบว่ากลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีการย่อยได้ของวัตถุดิบและอินทรีย์วัตถุในหลอดทดลองสูงที่สุดอาจเป็นเพราะในหลอดทดลองแตกต่างจากในสัตว์ แต่อย่างไรก็ตามความสามารถในการย่อยได้ของโปรตีนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มทดลองซึ่งมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนเช่นระดับโปรตีนในอาหาร (Kawashima et al., 2003) แหล่งของโปรตีน ธรรมชาติของโปรตีน (Milis and Liamadis, 2007) และสัดส่วนของชนิดโปรตีน (Chumpawadee et al., 2007) Fernandez et al. (2003) รายงานว่าแหล่งของโปรตีนจะมีผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารผสมสำเร็จรูปจากการทดลองนี้จะเห็นว่ากลุ่มที่ใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใยมีการย่อยได้ของโปรตีนต่ำที่สุดและแตกต่างจากกลุ่มอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งน่าจะเป็นเพราะว่าในกลุ่มนี้มีไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนแต่อยู่ต่ำสุดโดยเฉพาะยูเรีย (ตารางที่ 6.1)

ตารางที่ 6.1 สูตรอาหารทดลองและองค์ประกอบทางเคมี

วัตถุดิบ	กลุ่มทดลอง ¹			
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR
ซังข้าวโพด	30.0			
ใบประดู่		40.0		
ใบจามจุรี			40.0	
ใบข่อย				40.0
กระถินบด	10.0	10.0	15.0	4.5
มันเส้น	40.5	27.5	24.5	21
กากน้ำตาล	8.0	5.0	7.0	6.0
รำหยาบ	7.0	15.0	12.3	25.8
เกลือ	3.0	1.4	0.1	1.3
ยูเรีย	0.5	0.5	0.5	0.5
แร่ธาตุผสม	0.5	0.5	0.5	0.5
ไคแคลเซียมฟอสเฟต	0.5	0.1	0.1	0.7
รวม	100.0	100.0	100.0	100.0

ตารางที่ 6.1 (ต่อ)

	กลุ่มทดลอง ¹			
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR
องค์ประกอบทางเคมี				
วัตถุแห้ง, %	86.3	89.0	90.5	88.4
เถ้า, %	9.3	9.0	9.9	12.0
โปรตีน, %	15.8	15.0	13.6	13.9
ผนังเซลล์, %	53.9	54.3	50.0	58.4
ลิกโนเซลลูโลส, %	35.6	36.0	40.7	48.7
ลิกนิน, %	4.7	6.0	11.1	2.8
โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด*, %	63.5	60.4	63.3	60.1
แคลเซียม*, %	0.4	0.9	0.5	0.4
ฟอสฟอรัส*, %	0.2	0.2	0.2	0.3

*ค่าที่ได้จากการคำนวณ

¹ C-TMR= กลุ่มใช้ขังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใย

ตารางที่ 6.2 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อ ปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโภชนะในโคเนื้อ

	กลุ่มทดลอง ¹				SEM
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR	
ปริมาณการกินได้					
Kg/d	4.5 ^b	5.9 ^a	5.9 ^a	4.8 ^b	0.26
%BW	1.9 ^c	2.4 ^{ab}	2.6 ^a	2.1 ^{bc}	0.11
g/kgBW ^{0.75}	76.7 ^c	95.3 ^{ab}	101.3 ^a	80.4 ^{bc}	4.3
การย่อยได้ของโภชนะ					
DMD,%	63.7	61.0	62.7	60.3	0.99
OMD,%	69.1	65.2	65.5	62.5	1.28
CPD,%	74.5 ^a	71.9 ^a	65.8 ^b	70.8 ^a	1.07
NDFD,%	54.3	53.5	52.5	54.9	2.03

เมื่อ DMD= วัตถุแห้ง, OMD= อินทรีย์วัตถุ CPD= โปรตีน, NDFD= ผนังเซลล์, ¹ C-TMR= กลุ่มใช้ขังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใย^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

พฤติกรรมการเคี้ยวเอื้อง: ตัวแปรที่แสดงถึงพฤติกรรมการเคี้ยวเอื้องดังแสดงในตารางที่ 6.3 และ 6.4 เวลาในการเคี้ยวเอื้องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างกลุ่มการทดลองโคที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีใบประคูดและใบจามจุรีเป็นแหล่งเยื่อใยมีเวลาในการเคี้ยวเอื้องนานกว่ากลุ่มที่ใช้ซังข้าวโพดและใบข่อยสดคล้อยกับปริมาณการกินได้ที่กินได้มากกว่าอาจเป็นเพราะว่าซังข้าวโพดและใบข่อยมีขนาดอนุภาคเล็กและมีลักษณะทางกายภาพที่ทำให้ความเป็นเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพลดลงซึ่งทำให้ส่งผลกระทบต่อเวลาในการเคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปแล้วเวลาในการเคี้ยวเอื้องจะลดลงเมื่อระดับเยื่อใยในอาหารลดลง Grant et al. (1991) นอกจากนั้นระยะเวลาในการเคี้ยวและระยะเวลาในการเคี้ยวเอื้องมีค่าต่ำกว่าที่รายงานโดย Yang and Beauchemin, (2006) และ Oshita et al. (2008) เมื่อแสดงค่าเวลาการเคี้ยวเอื้องต่อกิโลกรัมของผนังเซลล์ที่กินได้พบว่ากลุ่มที่ใช้ใบประคูดเป็นแหล่งเยื่อใยมีค่าสูงสุดผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเวลาในการเคี้ยวเอื้องจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับการกินได้ของผนังเซลล์เพิ่มสูงขึ้น

จำนวนครั้งของการเคี้ยวขณะกินอาหาร จำนวนครั้งในการเคี้ยวขณะกินอาหารต่อการกินได้ของผนังเซลล์ จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อเวลาในการกินอาหาร จำนวนก้อนอาหารที่สำรอกมาเคี้ยวเอื้อง จำนวนครั้งที่เคี้ยวเอื้องต่อก้อนอาหารที่สำรอกและจำนวนก้อนอาหารต่อเวลาการเคี้ยวเอื้องไม่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลองยกเว้นจำนวนครั้งของการเคี้ยวเอื้องต่อเวลาในการเคี้ยวเอื้องพบว่าในกลุ่มที่ใช้ใบประคูดเป็นแหล่งอาหารหยาบจะมีจำนวนครั้งของการเคี้ยวเอื้องสูงสุดแต่อย่างไรก็ตามเวลาของการเคี้ยวเอื้องก็อยู่ในช่วงปกติซึ่งผลจากการทดลองนี้ชี้ให้เห็นว่าการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเยื่อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปไม่มีผลกระทบทางลบต่อการเคี้ยวเอื้องโดยทั่วไปแล้วระดับเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพ (Effective fiber) จะเห็นเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเคี้ยวเอื้อง (NRC, 1989) แต่เนื่องจากใบไม้มีความสามารถในการเป็นแหล่งเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพสูงดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบทางลบต่อกิจกรรมการเคี้ยวเอื้อง

ตารางที่ 6.3 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อ เวลาการกินอาหาร การเคี้ยวเอื้องในโคนม

Parameters	Dietary treatments ¹				SEM
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR	
เวลาในการเคี้ยว, min/d					
ขณะกินอาหาร	138.50 ^b	230.0 ^a	185.5 ^{ab}	185.0 ^{ab}	14.85
ขณะเคี้ยวเอื้อง	197.6 ^a	222.0 ^a	238 ^a	148 ^b	25.80
รวม	336.1 ^b	452.0 ^a	396.5 ^a	333.0 ^b	52.8
เวลาในการเคี้ยว, min/kg NDF intake					
ขณะกินอาหาร	61.1 ^b	90.5 ^a	62.2 ^b	67.9 ^b	6.71
ขณะเคี้ยวเอื้อง	74.3	86.6	79.8	55.4	10.04
รวม	135.4 ^b	177.4 ^a	142.6 ^b	123.4 ^b	11.79
อัตราการกินอาหาร, g DM/min ²	35.4	27.3	33.5	29.4	2.87
ประสิทธิภาพการเคี้ยวเอื้อง, gDM/min ³	71.5 ^a	29.6 ^c	26.8 ^c	45.58 ^b	10.55

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ¹ C-TMR= กลุ่มใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใย ² = DM intake (g/d)/ eating time (min/d). ³ = DM intake (g/d)/rumination time (min/d),

ตารางที่ 6.4 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อ จำนวนครั้งของการเคี้ยวขณะกิน ขณะเคี้ยวเอื้อง จำนวนก้อนที่ขยอกขณะเคี้ยวเอื้องและคุณลักษณะของก้อนอาหารในโคเนื้อ

	กลุ่มทดลอง				SEM
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR	
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อวัน					
ขณะกินอาหาร	8437.0	10680.0	10622.0	9454.0	635.2
ขณะเคี้ยวเอื้อง	9338.0	11291.0	11151.0	6762.0	1297.1
รวม	17775.0	21971.0	21773.0	16216.0	1752.3
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อปริมาณการกินได้ของผนังเซลล 1 กิโลกรัม					
ขณะกินอาหาร	3694.8	4238.3	3560.0	3458.3	301.9
ขณะเคี้ยวเอื้อง	3553.0	4429.0	3739.0	2525.0	519.6
รวม	7247.8	8667.3	7299	5983.3	628.1
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อนาทีขณะกินอาหาร	62.5	44.9	58.02	54.9	3.02
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อนาทีขณะเคี้ยวเอื้อง	43.1 ^b	52.5 ^a	46.5 ^{ab}	43.4 ^b	1.7
จำนวนก้อนอาหารที่ขยอกออกมาเคี้ยวเอื้องต่อวัน	136.8	229.3	228.5	138.8	26.23
จำนวนก้อนอาหารที่ขยอกออกมาเคี้ยวเอื้องต่อการตอกินได้ของผนังเซลล 1 กิโลกรัม	50.5	90.8	76.3	51.8	9.89
จำนวนครั้งของการเคี้ยวต่อก้อนอาหาร	44.4	51.6	50.17	43.7	2.7
จำนวนก้อนอาหารที่ขยอกออกมาเคี้ยวเอื้องต่อนาทีของการเคี้ยวเอื้อง	1.0	1.02	0.95	1.02	0.04

^{a, b, c, d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

¹ C-TMR= กลุ่มใช้ขี้ข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใย

กระบวนการหมักในกระเพาะหมักและยูเรียในเลือด: แอมโมเนียไนโตรเจนและความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักดังแสดงในตารางที่ 6.5 ความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) ระหว่างกลุ่มทดลองทุกช่วงเวลาของการสุ่มความเป็นกรดต่างจะค่อนข้างคงที่อยู่ระหว่าง 6.3-7.0 ซึ่งอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Hoover, 1989) และการเข้าย่อยสลายเชื้อใย (Theodorou and France, 1993) โดยทั่วไปแล้วอัตราการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตจะมีผลต่อความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมัก (Nocek and Russell, 1988) ถ้ามีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้รวดเร็วและย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วจำนวนมากจะทำให้ค่าความเป็นกรดต่างลดต่ำลงและจะส่งผลกระทบต่ออัตราการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (Sutton and Alderman, 2000)

และนอกจากนี้ระดับแอมโมเนียยังมีผลต่อระดับความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักด้วย (Chanjula et al., 2004) รวมทั้งกรดไขมันที่ระเหยง่ายก็มีผลกระทบต่อความเป็นกรดต่างเช่นเดียวกัน (Stokes et al., 1991) ถึงแม้จากการทดลองนี้ระดับแอมโมเนียในกระเพาะหมักที่ 2 ชั่วโมงหลังการให้อาหารจะเพิ่มขึ้นทุกกลุ่มทดลองแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อความเป็นกรดต่างในกระเพาะหมักเนื่องจากความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์ในกระเพาะหมักยังคงรักษาระดับความเป็นกรดต่างไว้ได้สอดคล้องกับการทดลองในหลอดทดลองซึ่งพบว่าความเป็นกรดต่างในหลอดทดลองไม่ต่างกันในสูตรอาหารผสมสำเร็จรูปแต่ละชนิดโดยทั่วไปไปจะไม่มีความสามารถในการเป็นแหล่งเชื้อยที่มีประสิทธิภาพสูงซึ่งคาดการณ์ได้ว่าจะมีผลทางบวกต่อการเลี้ยงเชื้อทำให้การหลั่งน้ำลายเป็นปกติและนำไปสู่สถานะที่ปกติของกระเพาะหมักทำให้ไม่มีผลกระทบต่อการย่อยได้

ระดับแอมโมเนียในโตรเจนที่ชั่วโมงที่สองหลังให้อาหารแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองในหลอดทดลองซึ่งพบว่าแหล่งเชื้อยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีผลต่อระดับแอมโมเนีย (Chumpawadee and Pimpa, 2009) ความแตกต่างของแอมโมเนียในกระเพาะหมักในโคที่ได้รับอาหารแต่ละกลุ่มทดลองเป็นเพราะระดับยูเรียและการย่อยสลายของโปรตีนในอาหารรวมทั้งความสามารถในการจับเอาแอมโมเนียไปใช้ประโยชน์โดยจุลินทรีย์ การทดลองนี้ระดับแอมโมเนียอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักและการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (Perdok and Leng, 1990; Wanapat and Pimpa, 1999) ที่เวลาสองชั่วโมงหลังให้อาหารโคที่ได้รับอาหารในกลุ่มที่ใช้ขังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อยมีระดับแอมโมเนียสูงกว่ากลุ่มอื่น เมื่อระดับแอมโมเนียสูงแสดงว่ามีโปรตีนที่ละลายได้และโปรตีนที่ย่อยสลายได้อยู่สูงด้วย ความเข้มข้นของแอมโมเนียจะมีความสัมพันธ์กับยูเรียในเลือด (Church, 1972) ดังนั้นโคที่กินอาหารกลุ่มที่ใช้ขังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อยจึงมีระดับยูเรียในโตรเจนในเลือดสูงตามไปด้วยซึ่งเป็นไปได้ว่าการย่อยสลายเกิดขึ้นเร็วกว่าการนำไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์หรือความไม่สมดุลระหว่างการย่อยสลายโปรตีนและพลังงานดังนั้นจึงทำให้แอมโมเนียเกิดการสะสมในกระเพาะหมักและถูกดูดซึมเข้าไปในกระแสเลือดและเปลี่ยนเป็นยูเรียที่ตับทำให้ยูเรียในเลือดเพิ่มสูงขึ้น

ตารางที่ 6.5 ผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อ กระบวนการหมักและยูเรียในเลือดในโคเนื้อ

	กลุ่มทดลอง ¹				SEM
	C-TMR	B-TMR	R-TMR	S-TMR	
ยูเรียในเลือด, mg%					
0 h	8.5	6.5	6.0	7.0	0.40
2 h	9.7 ^a	7.8 ^b	5.5 ^c	7.8 ^b	0.42
4 h	9.0	8.3	6.5	9.0	0.43
6 h	9.5 ^a	8.0 ^a	6.3 ^b	8.8 ^a	0.35
เฉลี่ย	9.0	8.2	7.7	6.4	0.33
ความเป็นกรดต่างกระเพาะหมัก					
0 h	6.8	6.8	7.0	6.9	0.06
2 h	6.7	6.9	6.6	6.7	0.11
4 h	6.4	6.7	6.7	6.4	0.07
6 h	6.3	6.7	6.7	6.4	0.10
เฉลี่ย	6.6	6.7	6.8	6.6	0.07
แอมโมเนียไนโตรเจน (NH ₃ N), mg%					
0 h	8.2	6.9	10.4	10.8	0.85
2 h	22.2 ^a	19.5 ^b	15.6 ^c	19.3 ^b	2.26
4 h	19.1	19.5	9.9	5.6	2.64
6 h	8.6	10.6	12.2	12.3	2.55
เฉลี่ย	14.5	14.1	12.0	12.0	2.48

^{a, b, c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

¹ C-TMR= กลุ่มใช้ซังข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใย, B-TMR= กลุ่มใช้ใบประดู่เป็นแหล่งเชื้อใย, R-TMR = กลุ่มใช้ใบจามจุรีเป็นแหล่งเชื้อใย, S-TMR = กลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใย

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีผลกระทบต่อการกินได้การย่อยได้ของโปรตีน การเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักสัตว์ที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยมีผลกระทบทางบวกต่อปริมาณการกินได้และการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ใบประดู่ ใบจามจุรี และใบข่อยสามารถใช้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปได้อย่างดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อขาดแคลนอาหารหยาบ

บทที่ 7

บทสรุปทั่วไป

งานวิจัยครั้งนี้มีมุ่งเน้นศึกษาถึงแหล่งของเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปซึ่งมีสองส่วนด้วยกันคือ

ส่วนที่ 1 ทำการศึกษาถึงการใช้วัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปโดยทำการทดลองในหลอดทดลองและในตัวสัตว์จากการทดลองใช้แหล่งวัตถุดิบเชื้อใยสูงที่ไม่ใช่พืชอาหารสัตว์ในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อคุณลักษณะในการผลิตแก๊ส การย่อยได้ในหลอดทดลองและกระบวนการหมักในหลอดทดลองพบว่าใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีคุณลักษณะการผลิตแก๊สและการย่อยได้ในหลอดทดลองสูงที่สุดความเข้มข้นของแอมโมเนีย กรดไขมันที่ระเหยได้และความเป็นกรด่างแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในแต่ละกลุ่มการทดลองแต่อยู่ในระดับปกติจากการ และเมื่อนำมาทดลองในตัวสัตว์พบว่าสัตว์ทดลองที่กินอาหารที่มีกากปาล์มเป็นแหล่งเชื้อใยมีผลกระทบทางลบต่อปริมาณการกินได้และการเคี้ยวเอื้องถึงแม้ว่าจะเสริมเชื้อใยเส้นยาว 5 เปอร์เซ็นต์ การใช้กากมะเขือเทศ กากเบียร์ และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปสามารถทำได้เมื่อเสริมเชื้อใยเส้นยาวลงไป 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร

ส่วนที่ 2 ทำการศึกษาผลของการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปโดยทดลองในหลอดทดลองและในตัวสัตว์พบว่าการใช้ใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปมีผลต่อคุณลักษณะการผลิตแก๊สการย่อยได้ในหลอดทดลองและกระบวนการหมักในหลอดทดลอง การใช้ขี้ข้าวโพดเป็นแหล่งเชื้อใยให้ค่าคุณลักษณะในการผลิตแก๊สสูงที่สุดและพบว่าในกลุ่มที่ใช้ใบข่อยเป็นแหล่งเชื้อใยมีผลทำให้การย่อยได้ในหลอดทดลองสูงที่สุด ระดับของแอมโมเนีย ไนโตรเจน กรดไขมันที่ระเหยได้และความเป็นกรด่างในกระเพาะหมักมีค่าแตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลองและเมื่อนำมาทดลองในตัวสัตว์พบว่าสัตว์ที่ได้รับอาหารผสมสำเร็จรูปที่มีใบไม้เป็นแหล่งเชื้อใยมีผลกระทบทางบวกต่อปริมาณการกินได้และการเคี้ยวเอื้องและกระบวนการหมักในกระเพาะหมักดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ใบประดู่ ใบจามจุรี และใบข่อยสามารถใช้เป็นแหล่งเชื้อใยในอาหารผสมสำเร็จรูปได้อย่างดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อขาดแคลนอาหารหยาบ

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2549. ประมวลสถิติปศุสัตว์ ประจำปี (2542-2548). (cited 2006, April 20). Available from. http://www.dld.go.Th/home/stat_L3.html
- กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. 2545. อาหาร TMR กับการเลี้ยงโคนม-โคเนื้อ. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2548. การใช้กากมะเขือเทศเป็นอาหารสัตว์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 396-402.
- ฉลอง วชิราภกร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ขอนแก่น; โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ฉลอง วชิราภกร เมธา วรรณพัฒน์ นิโรจน์ ศรสูงเนิน กรุง วิชาชัย ภักยา ภาคมฤค และ นนทศักดิ์ เปี่ยมผล. 2547. ผลของระดับซังข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จรูปต่อการให้ผลผลิตในโคม. ประชุมวิชาการเกษตรแห่งชาติ 27-28 มกราคม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ปรารธนา พุกกะศรี. 2541. เลี้ยงโคโดยไม่ใช้หญ้ากิน TMR โคอ้วนพี. เอกสารวิชาการเผยแพร่. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- ทรงศักดิ์ จำปาหวะดีและยุทธชัย อุทัยแพน. 2542. การวิเคราะห์อาหารสัตว์และการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์. ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพบูลย์ ใจเด็ด กมล ริมศรี นภาพันท์ ปิยะเสถียรและจงกลณี วงแก้ว. 2539. ผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จรูป (TMR) 14 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ที่มีต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิรพจน์ นิติพจน์ และ กฤตพล สมมาตย์. 2546. งานประเมินคุณค่าทางโภชนาการอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมเป้งมันสำปะหลัง อาหารพลังงานและอาหารหยาบในหลอดทดลอง. สัมมนาวิชาการเกษตรประจำปี 27-28 มกราคม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ไพบูลย์ ใจเด็ด กมล รินศิริ นภาพันท์ ปิยะเสถียร และ จงกลี วงค์แก้ว. 2537. ผลของการใช้อาหารผสมสำเร็จรูป (TMR) 14 เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่มีผลต่อปริมาณการกินได้และการย่อยได้ของลูกโคผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน. (รายงานวิจัย)
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. โรงพิมพ์ ฟีนิกซ์ปับลิชชิง. กรุงเทพมหานคร.
- เวียงสกุล นาประเสริฐ. 2547. ผลของแหล่งอาหารพลังงานในสูตรอาหารขึ้นต่อปริมาณการกินได้

รูปแบบกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก ความสามารถในการย่อยได้และอัตราการไหลผ่านของอาหารในโคเนื้อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

- Allen, M. S. 1991. Carbohydrate Nutrition, Veterinary Clinics of North America, Food Animal Practice. 7:2 , 327–340.
- AOAC.1990. Official Methods of Analysis Association. 15th edn. Association of Official Analytical Chemist. Arlington, Virginia.
- Baloyi, J.J., N.T. Ngongoni, J.H. Topps and P. Ndlovu. 1997. Chemical composition and degradability of *Brachystegia spiciformis* (Musasa) leaves and stems harvested over 4 months from three site in Zimbabwe. Anim. Feed Sci. Technol., 69: 179-186.
- Bath, D.L., F. N. Dickerson, H. A. Tucker, and R. D. Appleman. 1979. Dairy Cattle : Principles. Practices, Problem, Profit. 2d ed., LEA& FEB / GER, Philadelphia. 574 p.
- Boyle, S. 2007. Fibrous feed alternative-soybean hulls. (Cited 2007, April 18). Available from. <http://www.wvu.edu/~agexten/forg/vst/soybenhu.htm>
- Bremner, J.M. and D.R. Keeney. 1965. Steam distillation methods of determination of ammonia, nitrate and nitrite. Anal. Chem. Acta., 32: 485-495.
- Briggs, P. K., J.P. Hogan and R.L. Reid. 1957. The effect of volatile fatty acid, lactic cid, and ammonia on rumen pH in sheep. Aust. J. Agric. Res., 8: 674-710.
- Beauchemin, K. A. 1991. Effects of dietary neutral detergent fiber concentration and alfalfa hay quality on chewing, rumen function and milk production of dairy cows. J. Dairy Sci 74: 3140-3148.
- Beauchemin, K.A., B.I. Farr and L.M. Rode. 1991. Enhancement of the effective fiber content of barley based concentrates fed to dairy cows. J. Dairy Sci. 74:3128-3135.
- Beauchemin, K.A., W.Z. Yang and L.M. Rode. 2003. Effect of particle size of alfalfa-based dairy cow diets on chewing activity, ruminal fermentation and milk production. J. Dairy Sci. 86:630-643.
- Blummel, M. and K. Becker. 1997. The degradability characteristics of fifty-four roughages and roughages neutral-detergent fibres as described by *in vitro* gas production and their relationship to voluntary feed intake. Br.J. Nutri. 77:757-768
- Cecava. M.J., N. R. Meerchen, L. C. Gay and L. L. Berger. 1990. Composition of ruminal bacterial harvested from steers as influenced by dietary energy-level, feeding frequency, and Isolation techniques. J. Dairy Sci. 73:2480-2488.

- Cheng, K.J., C.W. Forsberg, H. Minato and J.W. Costerton. 1991. Microbial ecology and physiology of feed degradation within the rumen. In: Physiological Aspects of Digestion and Metabolism in Ruminant (Ed, T. Suda, T., Sasaki, Y. and Kawashima, R., pp595-624). Academic Press, Toronto, ON.
- Chanjula, P., M. Wanapat, C. Wachirapakorn and P. Rowlinson. 2004. Effect of synchronizing starch sources and protein (NPN) in the rumen on feed intake, rumen microbial fermentation, nutrient utilization and performance of lactating dairy cows. Asian-Aust. J. Anim Sci., 17: 1400-1410.
- Craig, W. M., G. A. Broderick and M. R. Ricker. 1986. Quantiation of microorganisms associated with the particulate phase of ruminant ingesta. J. Nutr. 117:56-62.
- Chumpawadee, S., K Sommart, T. Vongpralub and V. Pattarajinda. 2005. Nutritional evaluation of non forage high fibrous tropical feeds for ruminant using *in vitro* gas production technique. Pakistan J. of Nutri. 4(5): 298-303.
- Chumpawadee, S., K Sommart, T. Vongpralub and V. Pattarajinda. 2006. Nutritional evaluation of crop residues and selected roughages for ruminants using *in vitro* gas production technique. Journal of Science and Technology Mahasarakham University. 25 (2): 53-63.
- Chumpawadee, S., A. Chantiratikul., P. Chantiratikul. 2007. Chemical compositions and nutritional evaluation of protein feeds for ruminant using *in vitro* gas production technique. An International J. of Agri. Technol. 3(2):191-202
- Chumpawadee, S. and O. Pimpa. 2008. Effect of non forage high fibrous feedstuffs as fiber sources in total mixed ration on gas production characteristics and *in vitro* fermentation. Pakistan Journal of Nutrition., 7(3): 459-463.
- Chumpawadee, S. and O. Pimpa. 2009. Effect of burma badauk (*Plerocarpus indicus*), rain tree (*Samanea saman (Jacq.) Merr*) and siamese rough bush (*Streblus asper*) leaves as fiber sources in total mixed ration on *in vitro* fermentation. Asian J. of Anim. and Vet. Adv. 4(1): 1-8.
- Church, D.C. 1972. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol 3. Practical Nutrition. O&B Books. Inc. Corvallis, Oregon, USA.351 p.
- D'Mello, J.P.F. 1992. Chemical constraints to the use of tropical legumes in animal nutrition. Anim. Feed Sci. Technol., 38: 237-261.

- Everson, R.A., M.A. Jorgensen, J.W. Crowley, E. L. Jensen and G. P. Barrington. 1976. Input – output of cow feed a complete ration of a constant or variable forage-to-grain ratio. J. Dairy Sci. 59:45.
- Fernandez, C., P.Sanchez-Seiquer and A. Sanchez. 2003. Use of a total mixed ration with three sources of protein as an alternative feeding for dairy goats on southeast of Spain. Pakistan J. of Nutri. 2(1): 18-24.
- Fischer, G., Nakakoji, K., Ostwald, J., Stahl, G., & Sumner, T. (1993). Embedding critics in design environments. The Knowledge Engineering Review Journal, 8, 4, 285-307.
- Getachew, G., M. Blummel, H.P.S. Makkar and K. Becker. 1998. *In vitro* gas measuring techniques for assessment of nutritional quality of feeds: A review. Anim. Feed Sci. Technol., 72: 261-281.
- Getachew, G., H.P.S. Makkar and K. Becker. 2000. Effect of poly ethylene glycol on *in vitro* degradability of nitrogen and microbial protein synthesis from tannin-Church, D.C. 1972. Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants. Vol. 3. Practical Nutrition. O&B Books. Inc. Corvallis, Oregon, USA.351 p.
- Gencoglu, H. and I.I. Turkmen. 2006. Effects of forage source on chewing and rumen fermentation in lactating dairy cows. Revue Med. Vet., 157(10): 463-470.
- Grant, R.T. 1997. Interactions among forages and non forage fiber source. J. Dairy Sci. 80:1438-1446.
- Grant, R.J., V.F. Colenbrander and D.R. Metens. 1990. Milk fat depression in dairy cows: role of particle size of alfalfa hay. J. Dairy Sci. 73: 1834-1840.
- Hindrichsen, I.K., P.O. Osuji, A.A. Odenyo, J. Madsen and T. Hvelplund. 2001. Effect of supplementation with four multipurpose trees and *Lablab purpureus* on rumen microbial population, rumen fermentation, digesta kinetics and microbial protein supply of sheep and maize stover *ad libitum*. TSAP Proceeding Vol. 28.
- Hoover, W.H. 1986. Chemical factors involved in ruminal fiber digestion. J. Dairy Sci., 69: 2755-2766. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/69/10/2755.pdf>
- Ibrahim, M.N.M., S. Tamminga and G. Zemmeling. 1995. Degradation of tropical roughages and concentrate feeds in the rumen. Anim. Feed Sci. Technol., 54: 81-92.
- Jurgens, M.H. 1982. Animal Feeding and Nutrition. 5th ed., Kendall/Hunt Publishing Co., Dubuqua, Iowa. 549 p.

- Kawashima T., W. Sumamal, P. Pholsen, R. Chaithang, W. Boonpakdee and F.Terada. 2003. Energy and nitrogen metabolism of Thai native cattle given ruzi grass hay with difference levels of soybean meal. In: Annual Research Report, Division of Animal Nutrition, Department of Livestock development, Ministry of Agriculture and Cooperative. pp. 263-378.
- Khazaal, K., M.T. Dentinho, J.M. Riberio and E.R. Ørskov. 1993. A comparison of gas production during incubation with rumen contents *in vitro* and nylon bag degradability as predictors of the apparent digestibility *in vivo* and the voluntary feed intake of hays. Anim. Pro. 57: 105-112.
- Keady, T.W.J. and C.S. Mayne. 2001. The effect of concentrate energy source on feed intake and rumen fermentation parameters of dairy cows offered a range of grass silage. Anim. Feed Sci. Technol. 90: 117-129.
- Loest, C.A., E.C. Titgemeyer, J.S. Drouillard, D.A. Blasi and D.J. Bindel. 2001. Soybean hull as a primary ingredient in forage-free diets for limit-fed growing cattle. J. Anim. Sci. 79: 766-774.
- Lowry, J.B., C.S. McSweeney and B. Palmer. 1996. Changing perceptions of the effect of plant phenolics on nutrient supply in the ruminant. Aust. J. Agric. Res., 47: 829-842.
- Ludden, M.J. Cecava, and K.S.Hendix. 1995. The value of soybean hulls as a replacement for corn in beef cattle diets formulated with or without added fat. J. Anim. Sci. 73: 2706-2711.
- Makkar, H.P.S., M. Blummel and K. Becker. 1995. Formation of complete between Polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycol and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in in vitro technique. Br. J. Nutr., 73: 897-913.
- Melaku, S., K.J. Peters and A. Tegegne. 2003. *In vitro* and in situ evaluation of selected multipurpose trees, wheat bran and *Lablab purpurius* as potential feed supplements of tef (*Eragrostis tef*) straw. Anim. Feed Sci. Technol., 108: 159-179.
- Menke, K.H., L.Raab, A.Salewski, H.Steingass, D.Fritz and W.Sehneider.1979.The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubate with rumen liquor *in vitro*. J. Agric. Sci. 93:217-222.
- Milis, Ch. and D. Liamadis. 2007. Effect of protein levels, main protein and non forage fiber source on digestibility, N-balance and energy value of sheep rations. J. of Anim and Vet Adv.. 6(1): 68-75.

- National Research Council. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Nitipot, P. and K. Sommart. 2003. Evaluation of ruminant nutritive value of cassava starch industry by products, energy feed sources and roughages using *in vitro* gas production technique. Proceeding of Annual Agricultural Seminar for year 2003, 27-28 January, KKU. 179-190.
- Nocek, J.E. and J.B.Russell. 1988. Protein and energy as on integrated system: Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci., 71: 2070-2077. Ørskov, E.R. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agri. Sci. (Camb) 92, 499-504.
- Oshita, T., K. Sudo, K. Nonaka, S. Kume, K. Ochiai. 2008. The effect of feed regimen on chewing time, digesta passage rate and particle size distribution in Holstein non lactating cows fed pasture ad libitum. Lives. Sci. 113: 243-250.
- Owen, J. B.1979. Complete Diets for Cattle and Sheep. Farming Press Ltd., Suffolk.159 p.
- Perdok, H.B. and R.A Leng. 1990. Effect of supplementation with protein meal on the growth of cattle given a basal diet of untreated or ammoniated rice straw. Asian-Aust. J. Anim.Sci. 3: 269-279.
- SAS.1996. SAS User's Guide: Statistics, Version 6.12th Edition. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Sanitwongnaayutaya, J. 2005. Used of tomato pomace as animal feed. Annual report 2005 Division of Animal Feed, Department of Livestock Development, Ministry of Agricultural and Cooperative, Thailand. pp, 396-402.
- Schneider, B.H. and Flatt, W.P. 1975. The Evaluation of Feed through Digestibility Experiments. The University of Georgia Press, Athens, U.S.A
- Sommart, K., D.S. Parker, P. Rowlinson, and M. Wanapat. 2000. Fermentation characteristics and microbial protein synthesis in an *in vitro* system using cassava, rice straw and dried ruzi grass as substrates. Asian-Aust. J. Anim. Sci., 13: 1084-1093.
- Spahr, S. L., R. D. Shanks, G. C. McCoy, E. caitz and O. Kroll. 1993. Lactation potential as criterion for strategy of feeding total mixed ration to dairy cows. J. Dairy Sci. 76:2723.
- Stokes, S.R., W.H. Hoover T.K. Miller and R. Blauweikel. 1991. Ruminant digestion and microbial utilization of diets varying in type of carbohydrate and protein. J. Dairy Sci. 74: 871-881. <http://jds.fass.org/cgi/reprint/74/3871.pdf>.

- Sutton, J.D. and G. Alderman. 2000. The energy and protein requirements of pregnant and lactating dairy goats: The Agriculture and Food Research Council report. *Livest. Prod. Sci.* 64: 3-8. doi:10.1016/18031-6226(00)00170-6.
- Sukulthanasorn, M., S. Yimmongkol, S. Presarnpanich and L. Boonek. 2007. Soyhulls as a replacement for cassava chip in diets for fattening beef. In: *Proceeding of Annual Agricultural Seminar for year 2007*, 23 January, KKU. 297-305.
- Theodorou, M.K. and J. France. 1993. Rumen Microorganism and Their Interaction. *Feeding System and Feed Evaluation Models*. In: Theodorou, M.K. and J. France (Eds.) Biddles Ltd., Guildford, UK., pp: 154-164. ISBN: 0-85199-346-X.
- Sukulthanasorn, M., S. Yimmongkol, S. Presarnpanich and L. Boonek. 2007. Soyhulls as a replacement for cassava chip in diets for fattening beef. In: *Proceeding of Annual Agricultural Seminar for year 2007*, 23 January, KKU. 297-305.
- Van Keulen, J. and Young, B.A. 1977. Evaluation of acid insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *J. Anim. Sci.* 44: 282-287. .
- Van Soest, P.J. 1988. Effect of environment and quality of fiber on nutritive value of crop residues. In: *Proceeding of a Workshop Plant Breeding and Nutritive Value of Crop Residues*. Held at ILCA, Addis Ababa, Ethiopia, 7-10 December 1987. p. 71-96.
- Van Soest, P.J., J.B. Robertson and B.A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and Non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
- Wanapat, M. and O. Pimpa. 1999. Effect of ruminal NH_3 -N levels on ruminal fermentation, purine derivatives, digestibility and rice straw intake in swamp buffaloes. *Asian-Aust.J. Anim. Sci.* 12: 904-907.
- Yang, W.Z. and K.A. Beauchemin. 2006. Effects of physical effective fiber on chewing activity and ruminal pH of dairy cows fed diets based on barley silage. *J. Dairy Sci.* 89: 217-228.