รหัสโครงการ SUT3-305-49-24-12

รายงานการวิจัย

การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งโปรตีน "คาซาเรีย" ในอาหารโคเนื้อและโคนม

(Enhancing the Utilization of Cassava Roots as Protein Enrichment "Casarea" in Beef and Dairy Cattle Diets)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3-305-49-24-12

รายงานการวิจัย

การพัฒนาการใช้ประโยชน์จากมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งโปรตีน "คาซาเรีย" ในอาหารโคเนื้อและโคนม

(Enhancing the Utilization of Cassava Roots as Protein Enrichment "Casarea" in Beef and Dairy Cattle Diets)

ผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ แพงคำ

สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณประจำปี 2550

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

กุมภาพันธ์ 2553

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ประจำปีงบประมาณ 2550 คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงยิ่งต่อ รองศาสตราจารย์ ดร. พงษ์ชาญ ณ ลำปาง และ รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดการทำวิจัยในครั้งนี้ ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (F3) และฟาร์มมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้การสนับสนุนในด้านวัสดุ อุปกรณ์ ตลอดจนอำนวยความสะดวกด้านสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับความช่วยเหลือและความร่วมมือจากหลายฝ่าย ทั้งคณาจารย์สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร นักศึกษาผู้ช่วยวิจัย นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา ตลอดจนเจ้าหน้าที่ มทส. ทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูง ณ โอกาสนี้ ที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ แพงคำ)

หัวหน้าโครงการ

มกราคม 2553

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาผลของการแปรรูปโดยการเอกซ์ทรูดส่วนผสมระหว่างกากมันสำปะหลังและยูเรีย (คาซาเรีย) เพื่อเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารโคเนื้อและโคนม การวิจัยประกอบด้วย 3 การทดลอง

การทดลองที่ 1 เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการย่อยได้ของอาหารสูตรควบคุมคือกากมันสำปะหลังผสมยูเรีย กลุ่มทดลองที่ 2 เป็นคาซาเรีย โดยใช้เทคนิค gas production ในการทดสอบ ผลการทดลองพบว่าค่าการย่อยได้วัตถุแห้งของคาซาเรียสูงกว่ากลุ่มควบคุมและยังมีค่าการปลอปล่อยแอมโมเนียช้ากว่าในกลุ่มควบคุม ซึ่งสามารถนำไปใช้ทดแทนโปรตีนราคาแพงได้

การทดลองที่ 2 เพื่อทำการศึกษาผลของการทดแทนกากถั่วเหลืองด้วยคาซาเรีย(45%CP) ในสูตรอาหารข้นที่ระดับ 0, 25, 50 และ 75 % สัตว์ทดลองคือโคนมเพศผู้จำนวน 4 ตัว ตามแผนการทดลองแบบ 4 x 4 ลาตินสแควร์ ผลการทดลองพบว่าระดับของคาซาเรียที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณการกินได้ ความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดลดลงแบบเส้นตรงและเส้นโค้ง เมื่อระดับคาซาเรียสูงขึ้น ความเข้มข้นของแอมโมเนียในกระเพาะหมัก ระดับยูเรีย-ไนโตรเจนในการแสเลือด เพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรง ปริมาณแบคทีเรีย โปรโตซัว ปริมาณไนโตรเจนที่ดูดซึม และไนโตรเจนที่เก็บกักในร่างกายสูงขึ้นในระดับ 50% และลดลงในระดับ 75% จึงสามารถสรุปได้ว่าคาซาเรียสามารถทดแทนกากถั่วเหลืองได้ที่ระดับ 50 % โดยไม่กระทบต่อประสิทธิภาพการผลิต

การทดลองที่ 3 การศึกษาการใช้โคเนื้อพันธุ์ลูกผสมบราห์มันและพื้นเมืองจำนวน 4 ตัว มีน้ำหนักเฉลี่ย 175.5 $\pm$ 18.6 กก ใช้แผนการทดลองแบบ 4 x 4 ลาตินสแควร์ อาหารข้นทดลองประกอบด้วยโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะหมักหรือโปรตีนไหลผ่าน 4 ระดับ คือ 30, 35, 40 และ 45% ของโปรตีนทั้งหมด ผลการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ และกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดในของเหลวจากกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นแบบเป็นเส้นตรงตามระดับของโปรตีนไหลผ่านที่เพิ่มขึ้น ไนโตรเจนที่เก็บกักในร่างกายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของโปรตีนไหลผ่านที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มลดลงเมื่อระดับโปรตีนไหลผ่านเพิ่มขึ้นถึง 45% จึงสามารถสรุปได้ว่าระดับของโปรตีนไหลผ่านที่เหมาะสมคือ 40%

จากทั้ง 3 การทดลองสามารถสรุปได้ว่าคาซาเรีย (45 %CP) สามารถทดแทนกากถั่วเหลืองได้ 30-50 % และยังสามารถทดแทนโปรตีนหยาบทั้งหมดในสูตรอาหารข้นได้ทั้งหมด 35% สามารถปรับปรุงความสามารถในการย่อยได้ ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักในกระเพาะหมักของโคได้

คำสำคัญ: คาซาเรีย กากมันสำปะหลัง โคเนื้อ โคนม

ABSTRACT

The aim of this study was to examine the effects of Casarea (extrusion-processed mixture of cassava pulp starch and urea) on productive performance of beef cattle and dairy cattle. This research included 3 experiments.

Experiment 1: The purpose of this study was to determine the effect of control feed (cassava pulp plus urea) and Casarea using gas production technique. The results showed that potential dry matter degradability of Casarea was significantly higher ($p<0.05$) than that of control feed. Moreover, ammonia nitrogen released characteristics of Casarea was lower ($p<0.05$) than the control feed.

Experiment 2: Four male dairy cattle were used in a 4 x 4 Latin square arrangement. The treatments were four levels of Casarea replacement for soybean meal in concentrate at 0, 25, 50 and 75%. The results showed that dry matter (DM) digestibility, total volatile fatty acid (TVFA), bacteria and protozoa populations decreased linearly ($p<0.01$), while ruminal ammonia-nitrogen and blood urea nitrogen (BUN) increased linearly ($p<0.01$) and quadratically ($p<0.01$) with the increasing levels of Casarea. The nitrogen (N) retention tended to increase in 50% replacement diet, whereas that in 0, 25 and 50% replacement diet treatments was not different. It could be concluded that Casarea could replace 50% of soybean meal in the diet without any negative effect on productive performances.

Experiment 3: Four yearling beef cattle with an average BW of 175 $\pm$ 18.6 kg were used in a 4 x 4 Latin square arrangement. The treatments were the four levels of rumen undegradable protein (RUP) in concentrate at 30, 35, 40 and 45%. The results showed that DM intake, OM digestibility and TVFA increased linearly ($p<0.05$), while the level of RUP increased. The N retention tended to increase with increasing levels of RUP. However, the N retention tended to decrease at the level of 45% RUP. It could be concluded that RUP level at 40% in concentrate had positive effects on productive performances.

In conclusions, the results from the three experiments indicated that 30-50% of the replacement diet with Casarea for soybean meal. In addition, the diets containing 40% RUP improved digestibility, rumen fermentation, N balance and ruminal end-products. Moreover, an extrusion-processed mixture of Casarea with the plant protein sources had positive effects on improving the performance of beef and dairy cattle.

Keywords: Casarea, cassava pulp, beef cattle, dairy cattle

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ……..	ก
บทคัดย่อ……..…….…..	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ……..…….….	ค
สารบัญ ……..…….……	ง
สารบัญตาราง…….……..……	จ
สารบัญภาพ…….……..…….….	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการวิจัย……..……	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย……..……	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย……..……..	2
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น……..……	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย ……..……	2
บทที่ 2 วิธีดำเนินการวิจัย	
2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล.....	3
2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	7
2.3 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล.....	10
บทที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	
ผลการทดลองและอภิปรายผล.....	11
บทที่ 4 บทสรุป	
4.1 สรุปผลการวิจัย.....	34
4.2 ข้อเสนอแนะ.....	35
บรรณานุกรม.....	36
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก.....	40
ประวัติผู้วิจัย.....	41

สารบัญตาราง

หน้า

Table 2.1 คุณค่าของอาหารของมันสำปะหลัง ข้าวโพด ปลายข้าว …….. 4

Table 3.1 Gas production characteristics, gas volume of Casarea and Control…….. 11

Table 3.2 *In vitro* DM degradation (IVDMD) characteristics and effective degradability.. 12

Table 3.3 *In vitro* OM degradation (IVOMD) characteristics and effective degradability.. 14

Table 3.4 *In vitro* ammonia-nitrogen released characteristics and NH_3-N cumulative…. 16

Table 3.5 Feed formulation and chemical composition of dietary treatment…….. 18

Table 3.6 Effect of dietary treatments on feed intake……. 19

Table 3.7 Effect of dietary treatments on nutrient intake, digestibility and BW change… 20

Table 3.8 Effect of dietary treatments on rumen fermentation…….. 20

Table 3.9 Effect of dietary treatments on volatile fatty acid concentrations……. 22

Table 3.10 Effect of dietary treatments on microbial population and blood urea nitrogen 24

Table 3.11 Effect of dietary treatments on nitrogen balance……. 25

Table 3.12 Feed formulation and chemical composition of dietary treatments……. 26

Table 3.13 Effect of dietary treatments on feed intake and nutrient in take……... 27

Table 3.14 Effect of dietary treatments on digestibility and body weight change……. 28

Table 3.15 Effect of dietary treatments on rumen fermentation…… 30

Table 3.16 Effect of dietary treatments on microbial population and blood urea nitrogen 31

Table 3.17 Effect of dietary treatments on nitrogen balance……. 33

สารบัญภาพ

หน้า

Figure 3.1 Cumulative gas volume estimated by y=a+b (1-e^{-ct}) (ml/0.5 gDM subtrate) throughout 96 h. of Casarea (♦) and control (♦)…….. …. 12

Figure 3.2 Cumulative DM degradability (%) estimated by P = *a*+*b* (1-e^{-ct}) throughout 96 h. Casarea (♦) and control (♦)…….. 13

Figure 3.3 Cumulative OM degradability (%) estimated by P = *a*+*b* (1-e^{-ct}) throughout 96 h. Casarea (♦) and control (♦)…….. 13

Figure 3.4 Effective *in vitro* DM degradability (%) of Casarea and Control throughout 72 h. Casarea (♦) and control (♦)…… 15

Figure 3.5 Effective *in vitro* OM degradability (%) of Casarea and Control throughout 72 h. Casarea (♦) and control (♦)…… 15

Figure 3.6 *In vitro* NH_3-N (mg%) characteristics released of Casarea and Control throughout 96 h. of Casarea (♦) and control (♦)…… 17

Figure 3.7 Hourly ruminal pH in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea……. 21

Figure 3.8 Hourly NH_3-N in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea…… 21

Figure 3.9 Hourly TVFAs (mM/l) in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea…….. 23

Figure 3.10 Hourly blood urea nitrogen (BUN, mg%) in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea…….. 23

Figure 3.11 Hourly ruminal pH in cattle receiving a diet containing four levels of ruminal undegradable protein (RUP)…… 28

Figure 3.12 Hourly NH_3-N (mg%) in cattle receiving a diet containing four levels of ruminal undegradable protein (RUP)…… 29

Figure 3.13 Hourly TVFAs in cattle receiving a diet containing four levels of ruminal undegradable protein (RUP)…… 31

Figure 3.14 Hourly blood urea nitrogen (BUN) in cattle receiving a diet containing

four levels of ruminal undegradable protein (RUP)…….. 32

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาการวิจัย

เกษตรกรเลี้ยงโคเนื้อเพื่อเป็นแหล่งอาหารโปรตีนสำหรับชุมชน และเป็นเสมือนแหล่งเงินเก็บสำหรับครอบครัว เพื่อใช้ในยามจำเป็นหรือฉุกเฉิน และโคพื้นเมืองยังมีความทนทานต่อสภาพภูมิอากาศ โรคและแมลงในแต่ละท้องถิ่นได้ดี อย่างไรก็ตามโคพื้นเมืองมีตัวขนาดเล็ก และมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทั้งนี้เนื่องจากการเลี้ยงโคพื้นเมืองส่วนใหญ่เป็นการเลี้ยงแบบปล่อยให้แทะเล็มตามแปลงหญ้าธรรมชาติ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง โคเนื้อมักจะผอมโซ เนื่องจากได้รับอาหารทั้งปริมาณและคุณภาพไม่เพียงพอ ทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโตในช่วงต่อไป ดังนั้นการเสริมอาหารจากแหล่งอื่นโดยเฉพาะแหล่งอาหารโปรตีน ที่สามารถหาได้ง่ายในท้องถิ่น จึงควรจะเป็นทางออกที่ดีสำหรับเกษตรกร

อาหารและการให้อาหารเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญในการเลี้ยงสัตว์ นอกเหนือจากปัจจัยอื่นๆ เช่น พันธุ์สัตว์ และการจัดการ เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงสัตว์หากคำนวณจากเริ่มต้นจนถึงส่งขายเกินกว่าร้อยละ 60 ของต้นทุนทั้งหมดเป็นค่าอาหาร ดังนั้นการจัดการในด้านอาหารและการให้อาหารจึงเป็นปัจจัยที่จะบ่งบอกถึงกำไร หรือขาดทุนในการเลี้ยงสัตว์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเลี้ยงโคนม การจัดการในเรื่องการให้อาหารนอกจากจะมีผลต่อการให้ผลผลิตน้ำโดยตรงแล้ว ยังมีผลต่อสุขภาพ ความคงทนในการให้ผลผลิตน้ำนม (milk persistency) การให้ผลผลิตตลอดชีพของแม่โค ความสมบูรณ์พันธุ์ นอกจากนี้หากการจัดการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยังสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ค่ายารักษาโรค และค่าดูแลสุขภาพอื่นๆ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม วิธีในการจัดการการให้อาหารโคนมในแต่ละฟาร์มมีวิธีการที่แตกต่างกันไป ตามสภาพความรู้ ความเข้าใจของเจ้าของฟาร์ม ข้อจำกัดของแต่ละฟาร์ม คุณภาพของอาหารที่หาได้ ปัจจัยเหล่านี้มีผลทำให้น้ำนมและคุณภาพของน้ำนม ในแต่ละฟาร์มมีความแตกต่างกันไป ในอดีตอาจจะมุ่งเพียงการเพิ่มผลผลิตแต่ปัจจุบันและอนาคต รัฐบาลและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ให้ความสำคัญกับนโยบายอาหารปลอดภัย (food safety) ซึ่งรวมถึงคุณภาพของผลผลิตและผลิตภัณฑ์ ที่จะต้องได้มาตรฐาน โดยมีการกำหนดมาตรฐานฟาร์มควบคุมตั้งแต่ กรรมวิธีในการผลิต การจัดการต่างๆ ภายในฟาร์ม เช่น อาหารและการให้อาหาร การจัดการสุขภาพ การจัดการสิ่งแวดล้อม คุณภาพของผลผลิต และการจัดการกับผลผลิต โดยในแต่ละฟาร์มจะต้องผ่านเกณฑ์มาตรฐานจึงจะได้รับอนุญาต หรืออนุญาตให้ผลิตได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ Casarea โดยการใช้มันสำปะหลังผสมกับยูเรียที่ระดับต่างๆ แล้วอัดเม็ดเพื่อผ่าน กระบวนการ gelatinization เพื่อให้สามารถทดแทนแหล่งโปรตีนราคาแพงได้

1.2.2 เพื่อศึกษาการใช้ Casarea เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนราคาแพง เช่น กากถั่วเหลือง ที่ระดับต่างๆ ใน อาหารโคนม เพื่อศึกษาผลที่มีต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของโภชนะ กระบวนการหมักในรูเมน

1.2.3 ปรับปรุงคุณภาพของ Casarea โดยการเสริมโปรตีนไหลผ่าน (by-pass protein) ที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในรูเมน และประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะพัฒนาผลิตภัณฑ์ Casarea เพื่อปรับปรุงสูตรอาหารให้มีราคาถูกเพื่อช่วยในการลดต้นทุนค่าอาหารและเสริมด้วยแหล่งอาหาร ที่มีระดับโปรตีนไหลผ่านสูงต่อความสามารถในการย่อยได้ในรูเมน (rumen degradability) และนำมาใช้ในการเลี้ยงโค

1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

การทดลองโดยใช้โคนมเจาะกระเพาะแบบถาวร และโคเนื้อระยะกำลังเจริญเติบโต และในโคนมเพศผู้ ในสภาพอากาศภาคตะวันออกฉียงเหนือ

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 สามารถสร้างผลิตภัณฑ์ Casarea โดยการใช้มันสำปะหลังผสมกับยูเรียที่ระดับต่างๆ แล้วอัดเม็ดเพื่อผ่าน กระบวนการ gelatinization เพื่อให้สามารถทดแทนแหล่งโปรตีนราคาแพงได้

1.5.2 สามารถใช้ Casarea เพื่อทดแทนแหล่งโปรตีนราคาแพง เช่น กากถั่วเหลือง ที่ระดับต่างๆ ใน อาหารโคนม เพื่อศึกษาผลที่มีต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในรูเมน

1.5.3 สามารถปรับปรุงคุณภาพของ Casarea โดยการเสริมโปรตีนไหลผ่าน (by-pass protein) ที่ระดับต่างๆ ที่มีผลต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ กระบวนการหมักในรูเมน และประสิทธิภาพการผลิตโคเนื้อ

บทที่ 2
วิธีดำเนินการวิจัย

2.1 แหล่งที่มาของข้อมูล

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถเจริญได้ดีในเขตร้อน เป็นไม้พุ่มมีอายุค้างปี อาจสูง 2-3 เมตร ลำต้นตรง ใบมีลักษณะคล้ายฝ่ามือ (palmatey divided leaves) มีก้านยาว มีรากซึ่งเจริญเป็นหัว ลักษณะยาวใหญ่ และมีแป้งสูง ขนาดของรากขึ้นอยู่กับอายุและสภาพแวดล้อม อาจยาวถึง 40 เซนติเมตร และมีน้ำหนักกว่า 5 กิโลกรัม รากมักมีเส้นใยสูงเมื่อมีอายุมากกว่า 12 ถึง 14 เดือน โดยปกติจะเก็บเกี่ยวรากมันในขณะที่มีเส้นใยต่ำ การปลูกควรใช้ท่อนพันธุ์จากต้นยาวประมาณ 25 เซนติเมตร ควรตัดต้นถอนโคนทิ้งประมาณ 20 เซนติเมตร และตัดส่วนยอดที่มีขนาดเล็กกว่า 2.5 เซนติเมตรทิ้ง ท่อนพันธุ์จะงอกรากตรงข้อที่อยู่ใต้ และจะแตกยอดตาตรงข้อที่อยู่สูงสุด รากจะแตกแขนงได้อย่างดีและหยั่งลึกในผิวดิน หลังจาก 2-3 เดือน รากตรงบริเวณต้นจะเริ่มพองตัว และสะสมแป้งและจะเจริญขึ้นเรื่อย ๆ ในช่วงที่มีความชื้นเพียงพอสำหรับการงอกของรากและยอดในระยะเวลาอันสั้น ท่อนที่ไม่งอกอาจสังเกตได้ภายใน 3 อาทิตย์และควรปลูกซ่อมด้วยท่อนพันธุ์ใหม่ มันสำปะหลังเป็นพืชหัวที่ปลูกกันอย่างแพร่หลายเกือบทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคอีสาน สามารถปลูกได้ง่ายจนได้รับฉายาว่าพืชเทวดา มันสำปะหลังถือเป็นพืชเขตร้อน ถือเป็นแหล่งพลังงานและเป็นวัตถุดิบอาหารชนิดหนึ่งที่เหมาะสมกับการใช้เลี้ยงสัตว์ชนิดต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะในประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้มาก จนบางครั้งมีปัญหาเรื่องราคา มันสำปะหลังในประเทศไทยมีราคาถูกมาก แต่แทนที่จะถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์อย่างแพร่หลายกลับถูกมองข้ามมีการใช้น้อยมาก ซึ่งมันสำปะหลังที่ปลูกส่วนมากจะถูกนำมาทำแป้งมันสำปะหลัง และอัดเม็ดส่งขายต่างประเทศ ดังนั้นเราจึงหันมาใช้มันสำปะหลังในการผสมอาหารสัตว์ ถึงแม้ว่ามันสำปะหลังจะมีข้อด้อยคือ โปรตีนต่ำและมีกรดไฮโดรไซยานิค

คุณค่าทางโภชนาการของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งมีแป้งเป็นส่วนประกอบหลัก มีโปรตีนต่ำ พลังงานสูง โดยมีพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) 3300 kcal/kg มีเยื่อใยประมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ (อุทัย และคณะ, 2540) แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบทางเคมี ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย และขึ้นอยู่กับชนิดของมันสำปะหลังดังแสดงในตาราง

Table 2.1 คุณค่าของอาหารของมันสำปะหลัง ข้าวโพด ปลายข้าว

องค์ประกอบ	มันสำปะหลัง	ข้าวโพด	ปลายข้าว
โปรตีน (%)	2.00	8.00	8.00
พลังงานสุกร (Kcal/kg)	3260	3300	3596
ไขมัน (%)	0.75	4.00	0.90
เยื่อใย (%)	4.00	2.50	1.00
แคลเซี่ยม (%)	0.12	0.01	0.03
ฟอสฟอรัส (%)	0.05	0.10	0.04
ไลซีน (%)	0.09	0.25	0.27
เมทไธโอนิน-ซีสตีน (%)	0.06	0.39	0.32
ทริปโตเฟน (%)	0.02	0.09	0.10
ทริโอนีน (%)	0.07	0.32	0.36
ราคา (บาท/กก.)	2.80	5.50	6.50

ที่มา: อุทัย และคณะ (2540)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีการสะสมอาหารในส่วนราก โดยส่วนใหญ่จะประกอบด้วยแป้งเป็นแหล่ง คาร์โบไฮเดรทที่ย่อยได้ง่าย สามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในอาหารสัตว์ จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนะพบว่า แป้งมัน มันเส้น มันอัดเม็ด เปลือกมัน กากมันสำปะหลัง มีระดับของโปรตีนต่ำ แต่มีส่วนของแป้ง หรือพลังงานสูง (เมธา และคณะ, 2538) และนอกจากนี้ เมธา และฉลอง (2533) รายงานว่า จากการนำส่วนของใบมันสำปะหลังไปตากแห้ง พบว่าสามารถใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับการเลี้ยงสัตว์ได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะการใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนะต่าง ๆ ในระดับสูง โดยเฉพาะเป็นแหล่งโปรตีนเสริม มี วัตถุแห้ง (dry matter, DM) 90% และมีโภชนะต่าง ๆ เมื่อคิดเป็นวัตถุแห้ง พบว่า มีโปรตีนที่ย่อยได้ (digestible protein, DP) 18.3% โภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (total digestible nutrient, TDN) 56% โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) 24.7% ether extract (EE) 5.9% เยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) 17.3% โภชนะที่ไม่ใช่ไนโตรเจน (nitrogen free extract, NFE) 44.2% เถ้า (Ash) 7.9% แคลเซียม (calcium, Ca) 1.5% ฟอสฟอรัส (phosphorus, P) 0.4% เยื่อใย NDF (neutral detergent fiber) 29.6% และ เยื่อใย ADF (acid detergent fiber) 24.1% และนอกจากนี้ Wanapat et al. (2000) ศึกษาวิจัยโดยทำการเก็บมันทั้งต้น โดยหักเหนือจากพื้น 15-30 cm ที่อายุประมาณ 3 เดือน นำมาตากแห้งเพื่อผลิตมันเฮย์ (cassava hay, CH) พบว่ามีคุณค่าทางโภชนะสูง และเมื่อเปรียบเทียบกับ alfalfa hay และกากถั่วเหลือง (soybean meal) พบว่ามีส่วนประกอบของกรดอะมิโนในปริมาณที่สูงกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่ง methionine (Met) isoleucine (Ile) และ lysine (Lys)

ข้อดีของการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์

มันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ย่อย โดยเฉพาะในกระเพาะหมักของโค เพราะแป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อน จึงย่อยได้ง่าย สัตว์จึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย มันสำปะหลังมีผนังเซลล์ต่ำ ไม่มีปัญหาเรื่อเยื่อใย ระดับเยื่อใยประมาณ 4-5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่ามีระดับเหมาะสมกับการใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ หากใช้ในอาหารโคจะสามารถลดความเครียดเนื่องจากความร้อนได้ด้วย เนื่องจากมีผนังเซลล์ต่ำ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากขบวนการหมัก โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะมีค่าต่ำตามไปด้วย ราคาถูกเมื่อนำไปประกอบสูตรอาหารทำให้ต้นทุนอาหารต่ำหากใช้เป็นแหล่งพลังงานหลักในสูตรที่มียูเรีย กากน้ำตาล กากผงชูรส จะทำให้สูตรอาหารมีราคาต่ำกว่าสูตรอาหารที่ใช้ข้าวโพดหรือปลายข้าว

ข้อจำกัดในการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์

มันสำปะหลังประกอบด้วย ไวตามิน แร่ธาตุ ต่ำดังนั้นควรเสริมให้ครบตามความต้องการของสัตว์สูตรอาหารที่ใช้มันสำปะหลังจะต้องมีการเสริมกากน้ำตาล หรือไขมันเพื่อลดความเป็นฝุ่นของอาหร เพราะหากอาหารเป็นฝุ่นมากเกินไป จะมีผลต่อสุขภาพของสัตว์ ก่อให้เกิดการระคายเคืองกินอาหารลดลง มันสำปะหลังที่นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์จะต้องทำการลดพิษของไฮโดรไซยาไนด์ให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ โดยการตากแดด การหมักหรือการต้ม

การเพิ่มไนโตรเจนหรือโปรตีนโดยการเสริมสารประกอบไนโตรเจน

มันสำปะหลังประกอบด้วยไนโตรเจนหรือโปรตีนในระดับที่ต่ำมาก ดังนั้นในการนำมาใช้จึงต้องมีการเสริมแหล่งไตรเจนเพื่อให้เกิดความสมดุลของโปรตีนต่อพลังงาน เพื่อส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมน เพื่อสร้างเป็นสารอาหารที่สัตว์เคี้ยวเอื้องนำไปใช้ประโยชน์ในการสร้างเป็นผลผลิตต่อไป ดังนั้นในการศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักในการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของกากมัน โดยนำมาสร้างเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า casarea (cassava + urea) อาจจะเรียกทั่วไปว่า starea ซึ่งเป็นการนำกากมันมาผสมกับยูเรีย แล้วอัดเม็ดซึ่งระหว่างการอัดเม็ดจะเกิดกระบวนการ gelatinization กระบวนการดังกล่าวช่วยให้กากมันย่อยได้ดีขึ้นและยูเรียจะถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ ทำให้จุลินทรีย์ในรูเมนทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การศึกษาในครั้งนี้จะได้ทดสอบการย่อยได้ของผลิตภัณฑ์ casarea ในรูเมนโดยใช้เทคนิคการย่อยได้ในถุง จากนั้นการศึกษาในลำดับต่อไปจะมีการนำผลิตภัณฑ์ casarea มาใช้ในการเสริมในอาหารแพะเนื้อ โดยการทดแทนแหล่งของโปรตีนราคาแพง เช่น กากถั่วเหลือง ในการทดแทนที่ระดับต่างๆ เพื่อศึกษาผลที่มีต่อปริมาณการกินได้ การย่อยได้ การใช้ประโยชน์ของโภชนะ กระบวนการหมักในรูเมน และการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ในแพะเนื้อ ซึ่งเป็นการนำผลพลอยได้หรือของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมาใช้ประโยชน์ในการลดต้นทุนค่าอาหารและลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ด้วย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ casarea

Casarea เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำเอากากมันสำปะหลังผสมกับยูเรีย และแปรรูปโดยการอัดเม็ด ระหว่างการอัดเม็ดจะเกิดความร้อนชื้นทำให้แป้งเกิดกระบวนการ gelatinization ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้จะเรียกชื่อแตกต่างกันไป เช่น หากทำจากแป้งมันสำปะหลังเรียก casarea หรืออาจจะเรียกรวมๆ ว่า starea เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ผ่านกระบวนการ gelatinization อุณหภูมิและความชื้นที่เหมาะสม เม็ดแป้งจะมีคุณสมบัติไม่ละลายในน้ำเย็น จะทำให้เม็ดแป้งบวม และเมื่อให้ความร้อนและความชื้นต่อไป จะได้สารแขวนลอยที่มีความข้นเหนียว ในขณะเดียวกันภายในเม็ดแป้งจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสขึ้นระหว่างโมเลกุลของแป้งกับโมเลกุลของน้ำส่งผลให้ อะไมโลสที่อยู่ในสภาพที่เป็นโมเลกุลสายยาว ถูกย่อยให้เป็นสายสั้นลง ทำให้อะไมโลสสามารถละลายออกมาภายนอกเม็ดแป้งได้ และอะไมโลเพคตินที่มีการจัดเรียงตัวของโมเลกุลคล้ายกับโครงสร้างผลึก (crystalline) อยู่ภายในเม็ดแป้ง และจะถูกย่อยโดยปฏิกิริยาไฮโดรไลซีสกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้อะไมโลเพคตินมีรูปร่างผลึกที่เล็กลง (Waniska and Gomez, 1992) แต่เมื่ออุณหภูมิลดลงภายหลังการเกิด gelatinization แล้วอะไมโลสจะอยู่ในรูปเจล (gel) ภายนอกแป้งและอะไมโลเพคตินที่อยู่ภายในเม็ดแป้งจะกลับมาอยู่ในรูปผลึกอีกครั้งหนึ่ง จะได้เม็ดแป้งสีน้ำตาล เพื่อใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพการเพิ่มการใช้ประโยชน์ของยูเรียสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง เมื่อสัตว์กินผลิตภัณฑ์ starea เข้าไปจะมีจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลแอมโมเนียในรูเมน (ammonia-producing bacteria) ทำการไฮโดรไลซ์ยูเรียให้ได้แอมโมเนียอย่างช้าๆ และจากการย่อยแป้งจะได้กรดไขมันระเหยได้ง่าย (volatile fatty acids, VFAs) และกรดคีโต (keto acid) สัตว์สามารถใช้ VFAs เป็นแหล่งพลังงานหลักโดยดูดซึมผ่านผนังรูเมน ในขณะที่กรดคีโตจะถูกนำไปใช้ร่วมกับแอมโมเนียเพื่อสังเคราะห์เป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์เหล่านี้เมื่อผ่านไปที่กระเพาะจริง (abomasums) และลำไส้เล็กจะถูกย่อยและดูดซึม ซึ่งจัดว่าเป็นแหล่งหลักของโปรตีนที่สัตว์เคี้ยวเอื้องได้รับ (เมธา, 2533)

Helmer et al. (1970) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ starea ยูเรีย และกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีน ในโคนมพบว่า โคกลุ่มที่ได้รับ starea และกากถั่วเหลืองมีปริมาณการกินได้ไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับรายงานของ Thompson et al. (1972) พบว่าการใช้ starea ยูเรีย และกากถั่วเหลืองเป็นแหล่งโปรตีนในโคเนื้อเพศผู้ตอน มีค่าการสังเคราะห์ VFAs และอัตราการเจริญเติบโตไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้การใช้ caked grain+ยูเรีย กับ starea ในอาหารโคนม พบว่าการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนของกลุ่ม starea สูงกว่ากลุ่มแรก (Stiles et al., 1970) ซึ่งจากผลการศึกษาดังกล่าวอาจจะกล่าวได้ว่าการใช้ casarea มีศักยภาพที่จะใช้ในการเสริมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์ starea จากแป้งที่ได้จากวัตถุดิบอาหารสัตว์จะมีคุณภาพที่แตกต่างกัน (Barr et al., 1974) ดังนั้นการนำผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้แต่ละชนิดก่อนนำมาใช้ควรจะมีการศึกษาก่อน การสร้างผลิตภัณฑ์ Casarea ในครั้งนี้ยังเป็นการใช้ประโยชน์จากยูเรีย ซึ่งเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่มีราคาถูก

แต่หากมีการผสมยูเรียให้สัตว์โดยตรง ยูเรียจะเกิดการแตกตัวและย่อยอย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลกระทบต่อจุลินทรีย์ในรูเมน แต่หากยูเรียถูกปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ จะทำให้การเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ในรูเมนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เกิดปัญหายูเรียเป็นพิษ นอกจากนี้การปรับสมดุลของไนโตรเจนและพลังงานยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการให้ผลผลิต (Tamminga, 1996; Moss and Givens, 2002) และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้ด้วย (Kebreab et al., 2002)

2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ Casarea

ทดสอบผลิตภัณฑ์คาซาเรียโดยใช้เทคนิค gas production ตามวิธีการของ Menke and Steingrass (1988)

อารทดสอบได้แก่

T1 = control (กากมันสำปะหลังบดผสมยูเรีย)

T2 = Casarea (กากมันสำปะหลังบดผสมยูเรียผ่านกระบวนการ gelatinization)

การวัด gas production แสดงในภาคผนวก

การศึกษาการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ Casarea ต่อการย่อยได้และกระบวนการหมักในอาหารโคนม

ใช้โคนมเจาะกระเพาะแบบถาวร (permanent rumen fistulae) จำนวน 4 ตัว เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ปรับอาหารด้วยพื้นฐานอาหารหยาบด้วยฟางข้าว เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และใช้แผนการทดลองแบบ 4 X 4 Latin square design โคทุกกลุ่มได้รับฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก และในแต่ละกลุ่มได้รับการเสริมอาหาร 4 กลุ่ม ดังนี้

T1 = control โคได้รับอาหารข้นที่มี casarea:soybean meal 0:100

T2 = โคได้รับอาหารข้นที่มี casarea:soybean meal 25:75

T3 = โคได้รับอาหารข้นที่มี casarea:soybean meal 50:50

T4 = โคได้รับอาหารข้นที่มี casarea:soybean meal 75:25

สัตว์ทดลองทั้งหมดเลี้ยงในกรงขังขนาด 3x5 เมตร โดยให้กินอาหารเป็นสองเวลาคือเวลาเช้า (08.00น) และเวลาบ่าย (16.00น.) ซึ่งมีรางน้ำให้กินตลอดเวลาสัตว์จะได้รับการปรับกับอาหารทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนที่จะการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบเคมี (DM, ash, CP, NDF, ADF, ADL)

การเก็บข้อมูล

การเก็บตัวอย่างอาหาร สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารหยาบ และอาหารข้น เพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี คือ วัตถุแห้ง Dry matter (DM), โปรตีนหยาบ (CP) ตามวิธีมาตรฐาน AOAC (1985) และหา neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) ตามวิธีการของ Van Soest et al. (1991) บันทึกปริมาณการกินอาหารที่แพะกินทุกวัน ตรวจวัดปริมาณการกินได้อาหารหยาบและอาหารข้นที่เหลือต่อวันก่อนให้อาหารเช้า โดยการนำอาหารทั้งหมดที่เหลือมาชั่งน้ำหนัก ให้อาหาร 2 ครั้ง ช่วงเช้าเวลา 7.00 น. และช่วงบ่าย เวลา 16.00 น. บันทึกการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวของโคทำการชั่งน้ำหนัก เป็นประจำทุก 2 สัปดาห์ในตอนเช้าก่อนให้อาหาร ปริมาณการกินได้ต่อน้ำหนักตัวและประสิทธิภาพการใช้อาหารต่อน้ำหนักตัว เก็บตัวอย่างเลือดสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง ณ. เวลา 0,3,6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร เพื่อทำการตรวจหาปริมาณยูเรีย การวัดและสุ่มเก็บของเหลวจากการเพาะหมัก (rumen fluid) สุ่มเก็บของเหลวจากกระเพาะหมักของโคแต่ละตัวในสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง โดยจะกระทำ ณ ชั่วโมงที่ 0, 3 และ 6 หลังจากการให้อาหารเช้า หลังจากนั้นจะนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) โดยวิธีการกลั่น (Bromner and Keeney, 1965)

การเก็บมูลและปัสสาวะ

เก็บตัวอย่างมูลสัตว์และปัสสาวะทำการเก็บมูลแบบ total collection เพื่อคำนวณหาความสามารถในการย่อยได้ทั้งหมด สัปดาห์สุดท้ายของการทดลองและวัดน้ำหนักมูลที่ขับออกนานติดต่อกัน 5-7 วันมีถาดรองรับมูลวางอยู่ใต้กรงเมทาบอลิซึม ทำการชั่งมูลทั้งหมดในถาดรองรับใต้กรงเมแทบอลิซึมจากแพะทุกตัวทุกวัน ทำการผสมคลุกเคล้ามูลในถาดรองรับให้ผสมกันและทำการสุ่มเก็บมูล 10 เปอร์เซ็นต์ของที่ถ่าย ในแพะแต่ละตัว แบ่งมูลออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเก็บมา 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปอบที่ 100 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง เพื่อไปคำนวณหาวัตถุแห้ง ส่วนที่สอง สุ่มเก็บ 5 เปอร์เซ็นต์ นำไปอบที่ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร วิธีการนี้สัตว์ทดลองทั้งหมดจะต้องเลี้ยงในคอกหรือกรงทดลอง (metabolism crate) เพื่อที่จะสามารถวัดปริมาณการกินได้ เก็บมูลและปัสสาวะที่ขับออกมาได้ทั้งหมด สำหรับการคำนวณค่าการย่อยได้ของอาหารนั้น ปริมาณที่กินและมูลที่ขับออกมาจะต้องปรับให้เป็นปริมาณแห้งเสียก่อนแล้วจึงนำมาคำนวณดังนี้

$$\text{การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = 100 \times \frac{\text{(วัตถุแห้ง) โภชนะในอาหาร} - \text{(วัตถุแห้ง) โภชนะในมูล}}{\text{(วัตถุแห้ง) โภชนะในอาหาร}}$$

การวัดการย่อยได้ของอาหารของอาหารโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับ ซึ่งรายละเอียดของวิธีการนี้ที่อธิบายไว้อย่างละเอียด คือ Schnieder and Flatt (1975) ทำการสุ่มเก็บปัสสาวะสัปดาห์สุดท้ายของการทดลอง โดยทำการเก็บในช่วงเช้าก่อนให้อาหารเช้า เก็บปัสสาวะโดยการใช้ถังพลาสติกทนกรดรองรับปัสสาวะที่โคถ่ายออกมาในถังพลาสติกเข้มข้นเติมกรดซัลฟูริก จำนวน 80 มิลลิลิตร เพื่อป้องกันการระเหยของไนโตรเจน แล้วนำไปเก็บไว้ที่ -20 องศาเซลเซียส เมื่อสิ้นสุดการทดลองนำปัสสาวะที่เก็บมาได้คลุกเคล้าให้เข้ากันและสุ่มไว้ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ นำไปวิเคราะห์หาไนโตรเจน เพื่อคำนวณความสมดุลไนโตรเจน

สุ่มเก็บ rumen fluid ในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลา 0, 3 และ 6 ชม. หลังการให้อาหารและทำการวิเคราะห์หา pH, NH_3-N และวิเคราะห์ volatile fatty acid (VFAs)โดยใช้เครื่อง gas chromatography (GC) ในการวิเคราะห์หาอนุพันธ์ของพิวรีน (purine derivatives) จากปัสสาวะเพื่อประเมินหาการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในรูเมนใช้วิธีการของ Balcells et al. (1992) โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ Proc. GLM (SAS, 1989)

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ Casarea โดยการเสริมโปรตีนไหลผ่าน (rumen undegradable protein, RUP) ต่อการย่อยได้และกระบวนการหมัก ในอาหารโคเนื้อ

ใช้โคเนื้อ จำนวน 4 ตัว เลี้ยงในคอกขังเดี่ยว ปรับอาหารด้วยพื้นฐานอาหารหยาบด้วยฟางข้าว เป็นเวลา 2 สัปดาห์ และใช้แผนการทดลองแบบ 4 X 4 Latin square design แพะทุกกลุ่มได้รับฟางข้าว เป็นแหล่งอาหารหยาบหลัก และในแต่ละกลุ่มได้รับการเสริมอาหาร 4 กลุ่ม ดังนี้

T1 = โคได้รับอาหารข้นที่มีสัดส่วนของ Casarea:RUP, 35:30

T2 = โคได้รับอาหารข้นที่มีสัดส่วนของ Casarea:RUP, 35:35

T3 = โคได้รับอาหารข้นที่มีสัดส่วนของ Casarea:RUP, 35:40

T4 = โคได้รับอาหารข้นที่มีสัดส่วนของ Casarea:RUP, 35:45

สัตว์ทดลองทั้งหมดเลี้ยงในกรงขังขนาด 3x5 เมตร โดยให้กินอาหารเป็นสองเวลาคือเวลาเช้า (08.00น) และเวลาบ่าย (16.00น.) ซึ่งมีรางน้ำให้กินตลอดเวลาสัตว์จะได้รับการปรับกับอาหารทดลองเป็นเวลา 2 สัปดาห์ก่อนที่จะการสุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบเคมี (DM, ash, CP, NDF, ADF, ADL)

และสุ่มเก็บ rumen fluid ในวันสุดท้ายของแต่ละช่วงเวลา 0, 3 และ 6 ชม. หลังการให้อาหารและทำการวิเคราะห์หา pH, NH_3-N และวิเคราะห์ volatile fatty acid (VFAs)โดยใช้เครื่อง gas chromatography (GC) ในการวิเคราะห์หาอนุพันธ์ของพิวรีน (purine derivatives) จากปัสสาวะเพื่อ

ประเมินหาการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนในรูเมนใช้วิธีการของ Balcells et al. (1992) โดยใช้เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดไปวิเคราะห์ทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้ Proc. GLM (SAS,1989)

สัปดาห์สุดท้ายของแต่ละช่วงทดลอง วัดความสามารถในการย่อยได้ในรูเมน โดยใช้เทคนิคการย่อยได้ในถุงในล่อน(nylon bag technique) โดยบ่มในรูเมนที่ชั่วโมงที่ 0, 2, 4, 6,12, 18, 24, 36 และ 48 ตามลำดับ ตามวิธีการของ Ørskov and McDonald (1979) และนำมาคำนวณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Curvfit (Chen, 1996)

2.3 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการทดลองที่ได้ทั้งหมดทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (Steel and Torie, 1980)

บทที่ 3
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ผลการทดลอง และอภิปรายผล

3.1.1 การทดสอบความสามารถในการย่อยได้ของ Casarea โดย gas production technique

Table 3.1 Gas production characteristics, gas volume of Casarea and Control

	Treatment			
Parameters	Control	Casarea	SEM	*P*-value
Gas production characteristic parameters				
a, ml	-13.2	-14.8	1.00	0.375
b, ml	93.2	124.8	2.57	*
c, %/h	0.04	0.07	0.01	0.168
|*a*|+*b*, ml	106.4	139.6	2.93	*
Gas production (ml/0.5 g DM subtrate)				
96 h	73.6	108.5	2.21	**

SEM = standard error of the mean, * $P<0.05$, ** $P<0.01$, a= the intercept (ml), which ideally reflects the fermentation of the soluble fraction, b= the fermentation of the insoluble fraction (asymtote) (ml), c= rate of gas production (%/h), $|a|+b$= potential extent of gas production (ml)

การทดสอบผลิตภัณฑ์คาซาเรียใช้เทคนิค gas production เนื่องจากป้องกันอันตรายอันอาจจะเกิดกับตัวสัตว์ เนื่องจากมีระดับยูเรียที่สูง เนื่องจากปกติในสูตรอาหารไม่ควรเกิน 1% ในสูตรอาหารทั้งหมด ผลการทดสอบพบว่า การความสามารถในการย่อยได้ของคาวาเรียสูงกว่ากลุ่มทดลอง โดยค่า a และ c ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ค่า b และ a+b (potential degradability) ของกลุ่มคาซาเรียสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) (Table 3.1; Fig. 3.1)

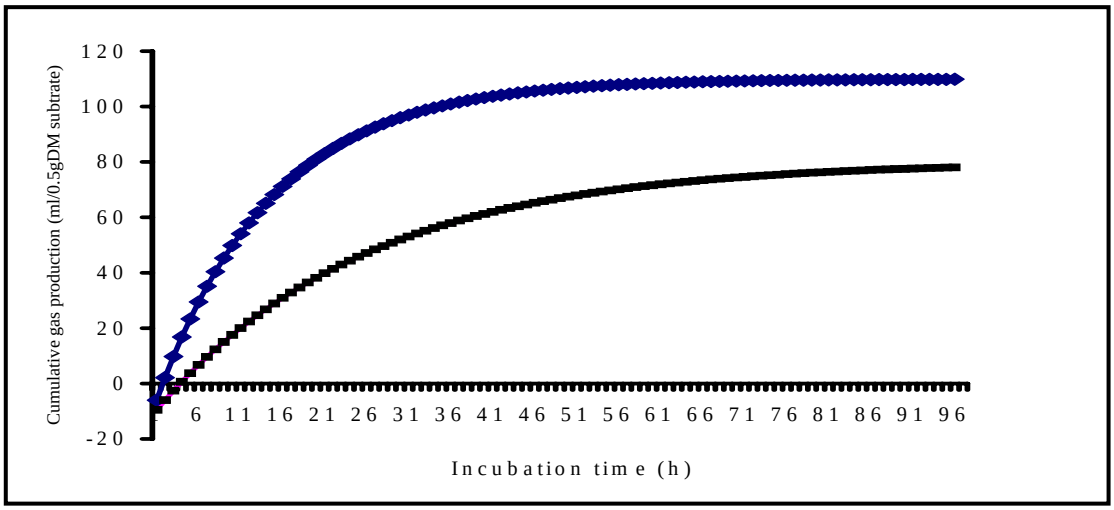

Figure 3.1 Cumulative gas volume estimated by $y=a+b\ (1-e^{-ct})$ (ml/0.5 gDM subtrate) throughout 96 h. of Casarea (♦) and control (♦)

Table 3.2 *In vitro* DM degradation (IVDMD) characteristics and effective degradability.

Parameters	Treatment		SEM	*P*-value
	Control	Casarea		
IVDMD characteristic parameters				
a, %	17.7	24.6	2.00	0.136
b, %	59.8	54.1	2.00	0.181
c, %/h	0.06	0.08	0.01	0.293
a+*b*, %	77.5	78.6	2.00	0.735
Effective DM degradability (%)				
3 h	29.2	37.2	1.06	*
6 h	36.4	44.9	1.01	*
9 h	36.6	47.8	1.00	*
12 h	44.1	62.5	1.01	**
24 h	68.0	71.6	1.60	0.249
36 h	68.9	74.1	1.01	0.067
48 h	75.2	76.8	1.01	0.375
72 h	75.2	77.6	1.00	0.232
96 h	77.3	80.5	1.01	0.152

SEM = standard error of the mean, $^{*}P<0.05$, ** $P<0.01$, *a,b,c* are constants in the exponential equation, $P = a+b\ (1-e^{-ct})$ where *a* = the intercept (%), which ideally reflects the fermentation of the soluble fraction, *b* = the fermentation of the insoluble fraction (asymtote) (%), *c* = rate of degradation of fraction *b* (%/h), *a+b* = potential degradation (%)

ค่า The effective degradability ของวัตถุแห้ง แสดงใน Table 3.2 และ Figure 3.4 ส่วนค่า The effective degradability ของอินทรียวัตถุแสดงใน Table 3.3 and Figure 3.5

ค่า The effective degradability ของคาซเรียสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เวลา 3 และ 12 ชั่วโมงหลังการบ่ม แสดงให้เห็นว่าคาซเรียมีค่า biological value เหมาะที่จะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

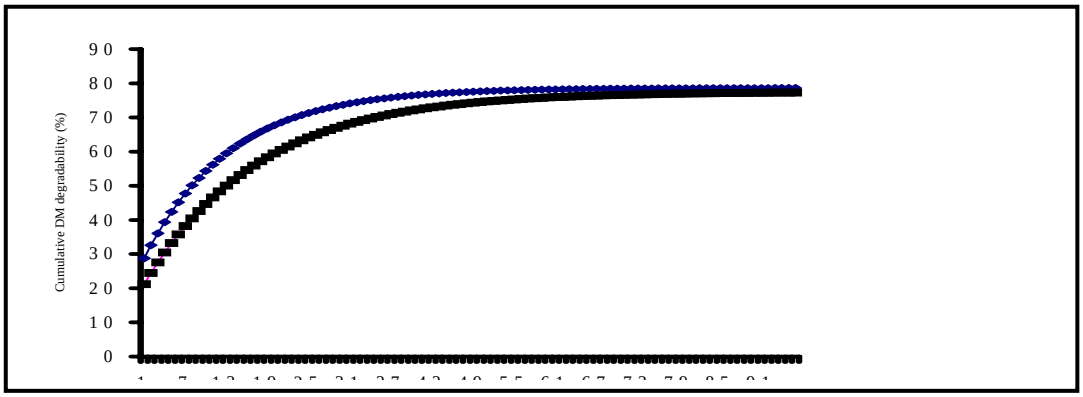

Figure 3.2 Cumulative DM degradability (%) estimated by $P = a+b\ (1-e^{-ct})$ throughout 96 h. Casarea (♦) and control (♦)

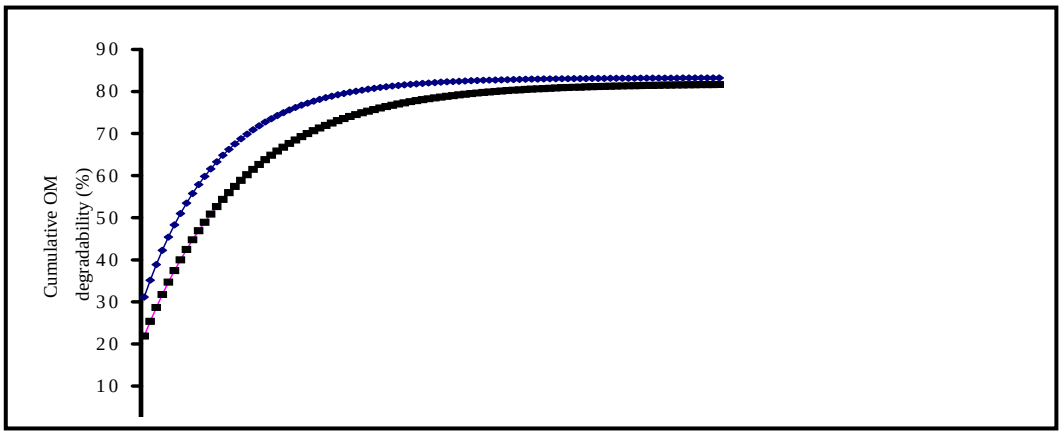

Figure 3.3 Cumulative OM degradability (%) estimated by $P = a+b\ (1-e^{-ct})$ throughout 96 h. Casarea (♦) and control (♦)

Table 3.3 *In vitro* OM degradation (IVOMD) characteristics and effective degradability.

Parameters	Treatment		SEM	*P*-value
	Control	Casarea		
IVOMD characteristic parameters				
a, %	18.2	26.8	2.02	0.093
b, %	63.7	56.5	1.60	0.084
c, %/h	0.06	0.08	0.01	0.293
a+*b*, %	81.8	83.3	1.00	0.400
Effective OM degradability(%)				
3 h	31.3	39.8	1.06	*
6 h	39.4	49.2	1.07	*
9 h	39.5	52.9	1.24	*
12 h	47.2	66.6	1.07	**
24 h	73.1	76.4	1.03	0.148
36 h	75.5	77.6	1.57	0.426
48 h	75.5	81.8	1.04	0.097
72 h	78.7	83.4	0.99	0.078
96 h	81.8	84.5	1.01	0.208

SEM = standard error of the mean, * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *a,b,c* are constants in the exponential equation, $P = a+b\ (1-e^{-ct})$ where *a* = the intercept (%), which ideally reflects the fermentation of the soluble fraction, *b* = the fermentation of the insoluble fraction (asymtote) (%), *c* = rate of degradation of fraction *b* (%/h), *a*+*b* = potential degradation (%)

สอดคล้องกับรายงานของ Sinclair et al. (1993) ซึ่งเป็นการนำแหล่งโปรตีนที่ย่อยได้เร็วมาร่วมกับแหล่งพลังงานที่ย่อยได้เร็วและกำหนดให้มีอัตราการย่อยได้ให้ช้าลงเพื่อให้จุลินทรีย์ในรูเมนใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Helmer et al., 1970).

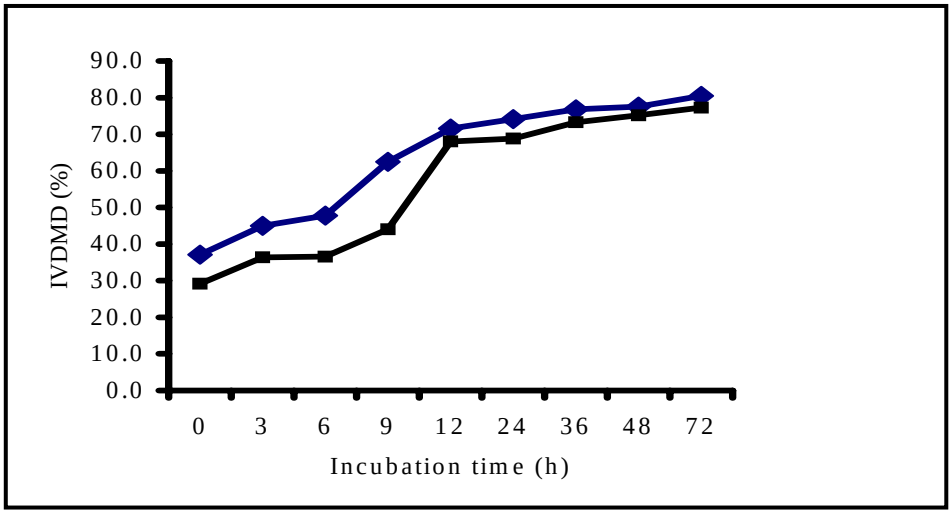

Figure 3.4 Effective *in vitro* DM degradability (%) of Casarea and Control throughout 72 h. Casarea (♦) and control (⬧)

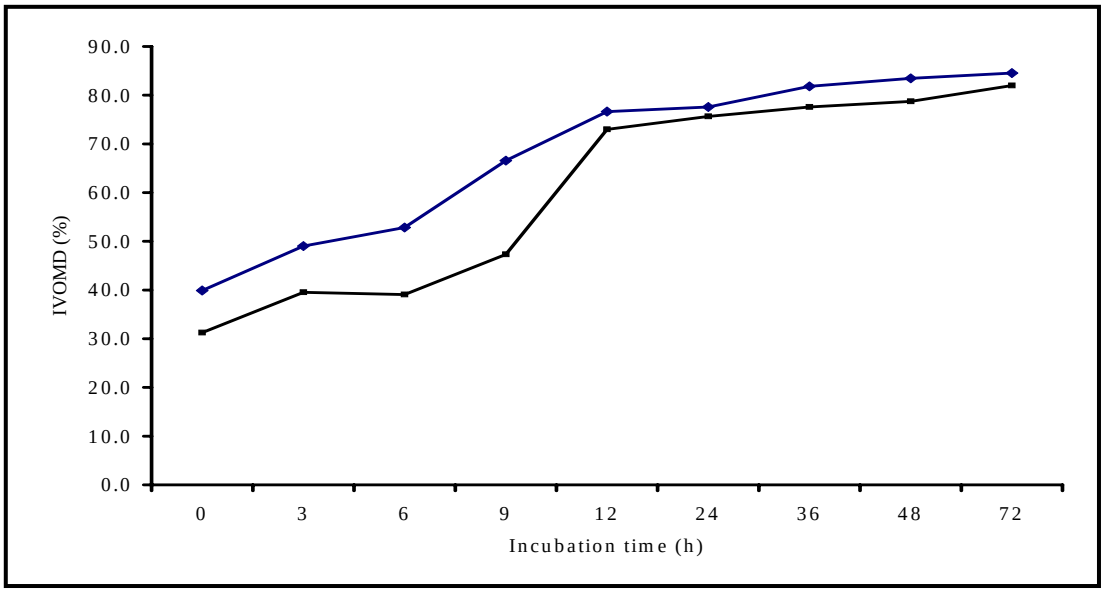

Figure 3.5 Effective *in vitro* OM degradability (%) of Casarea and Control throughout 72 h. Casarea (♦) and control (⬧)

การศึกษาค่าการปลดปล่อย ammonia nitrogen

ค่าการปลดปล่อย ammonia nitrogen จากกระบวนการหมักคาซาเรียและกลุ่มควบคุมในการวัดที่ 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 and 72 ชั่วโมงหลังการบ่มโดยเทคนิค *in vitro* gas production ตามสมการ $P = a+b\ (1-e^{-ct})$ (Ørskov and McDonald, 1979) ส่วนค่า ammonia released แสดงใน Table 3.4 และ Figure 3.6 และค่าการปลดปล่อย ammonia cumulative แสดงใน Table 3.4 และ Figure 3.7 ค่า intercept (*a*) ของคาซาเรียต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$)

Table 3.4 *In vitro* ammonia-nitrogen released characteristics and NH_3-N cumulative.

	Treatment			
Parameters	Control	Casarea	SEM	*P*-value
Ammonia-nitrogen released characteristic parameters				
a, %	-10.8 [b]	5.10 [a]	1.00	**
b, %	80.9 [a]	30.4 [b]	1.00	**
c, %/h	0.08	0.07	0.01	0.553
|*a*|+*b*, %	80.9 [a]	35.5 [b]	1.00	**
Ammonia-nitrogen cumulative (mg %)				
3 h	8.7	8.4	1.00	0.618
6 h	16.8	16.7	0.93	0.963
9 h	21.1	23.8	1.24	0.185
12 h	47.6	19.6	1.07	**
24 h	58.8	28.1	1.03	**
36 h	61.4	32.2	1.57	**
48 h	65.8	35.2	1.04	**
72 h	72.9	36.1	0.99	**

SEM = standard error of the mean, * $P<0.05$, ** $P<0.01$, *a,b,c* are constants in the exponential eqaution, $P = a+b\ (1-e^{-ct})$ where *a* = the intercept (mg %), which ideally reflects the amonia-nitrogen released of the soluble N fraction, *b* = the amonia-nitrogen released of the N insoluble fraction (asymtote) (%), *c* = rate of amonia-nitrogen released of fraction *b* (%/h), $|a|+b$ = potential amonia-nitrogen released (%)

ค่า ammonia concentrations at asymtote (*b*) ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึง insoluble N fraction พบว่ากลุ่มควบคุมและคาซาเรียมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มคาซเรียและกลุ่มควบคุมมีค่าเท่ากับ 80.9 and 30.4 mg%, ตามลำดับ ในขณะที่ค่า Potential extents of ammonia nitrogen release ($|a|+b$) ในกลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่มคาซาเรีย

ค่าความเข้มข้นของ ammonia nitrogen ที่เวลา 3, 6, 9, 12, 24, 36, 48 และ 72 ชั่วโมงในการบ่ม แสดงในTable 3.4 ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของ cumulative ammonia nitrogen ของค่าซาเรียที่เวลา 12, 24, 36, 48 and 72 ชั่วโมงในการบ่ม ต่ำกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.01$) สอดคล้องกับรายงานของ Helmer et al. (1970)

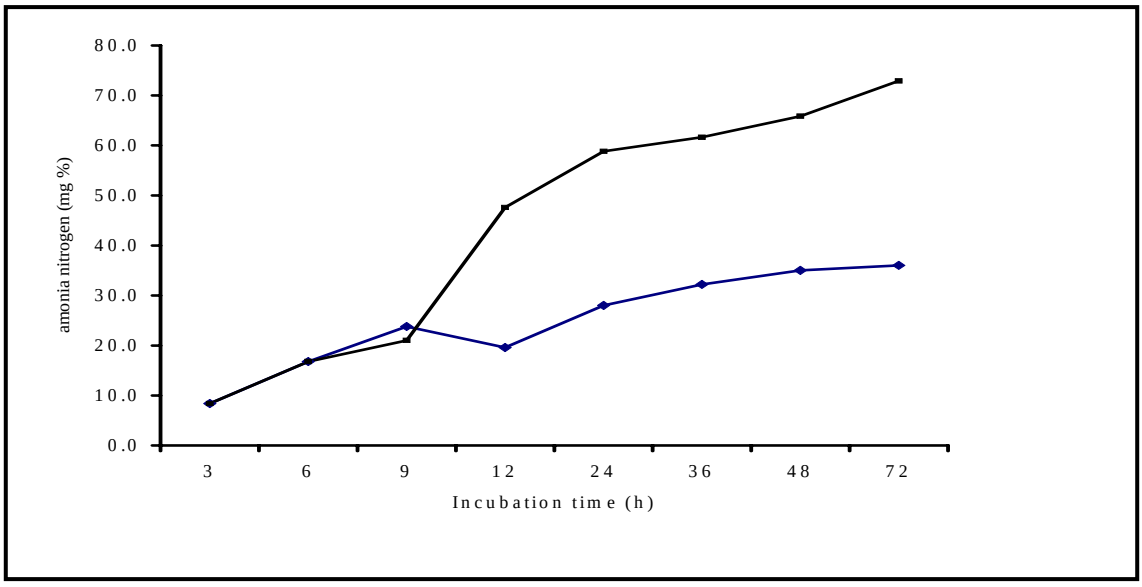

Figure 3.6 *In vitro* NH_3-N (mg%) characteristics released of Casarea and Control throughout 96 h. of Casarea (♦) and control (⬧)

การศึกษาการใช้ประโยชน์ของผลิตภัณฑ์ Casarea ต่อการย่อยได้และกระบวนการหมักในอาหารโคนม

สูตรอาหารที่ใช้ทดลองและองค์ประกอบทางเคมีแสดงใน Table 3.5

Table 3.5 Feed formulation and chemical composition of dietary treatment.

	Casarea : Soybean meal				
Feed stuffs	0:100	25:75	50:50	75:25	
Caspurea	0.0	3.8	7.5	11.2	
Cassava pulp	50.0	50.0	50.0	50.0	
Rice bran	15.0	15.0	15.0	15.0	
Soybean meal	18.0	14.2	10.5	6.8	
Palm meal	13.0	13.0	13.0	13.0	
Molasses	1.0	1.0	1.0	1.0	
Urea	0.8	0.8	0.8	0.8	
Sulfur	0.2	0.2	0.2	0.2	
Lime stone	0.5	0.5	0.5	0.5	
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	
Mineral mix	1.0	1.0	1.0	1.0	
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	
Chemical composition (%)					Urea treated rice straw
DM	90.5	90.2	90.4	89.9	51.5
			……. % DM ……		
OM	92.6	91.2	90.6	89.9	90.1
NDF	14.5	15.4	16.2	16.8	69.1
ADF	8.2	8.7	8.9	9.3	46.3
ADL	3.3	3.5	3.6	4.3	8.6
CP	14.1	14.1	14.1	14.0	6.9

DM= dry matter, OM= organic matter, NDF= neutral detergent fiber, ADF= acid detergent fiber, ADL= acid detergent lignin, AIA= acid insoluble ash, CP= crude protein

Table 3.6 Effect of dietary treatments on feed intake

Items	Casarea:Soybean meal					Contrast*	
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	SEM	L	Q
Feed intake(kgDM/d)							
Concentrate	1.99	1.98	1.99	2.02	0.01	0.056	0.029
Roughage	3.5	3.5	3.2	3.3	0.14	0.200	0.598
Total intake	5.5	5.5	5.2	5.3	0.14	0.257	0.497
Total intake (%BW)	3.7	3.6	3.4	3.5	0.09	0.083	0.787
Total intake ($g/kgBW^{0.75}$)	127.9	127.5	119.9	124.9	2.93	0.119	0.700

SEM = standard error of the mean, *Orthogonal polynomial contrast L= linear and Q= quadratic

ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ และอาหารทั้งหมด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณการกินได้ของอาหารข้น คิดเป็น กิโลกรัมต่อวัน มีแนวโน้มเพิ่มขึนแบบ quadratically (P<0.01)

ค่าการย่อยได้ของโภชนะแสดงใน Table 3.7 ผลการทดลองพบว่าค่าการย่อยได้ของ DM และ CP ของคาซาเรียที่ระดับ 75% ของการทดแทนด้วยกากถั่วเหลืองต่ำกว่าอาหารชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ค่าการย่อยได้ของ DM (71.2, 72.1, 71.2, 67.7%) มีแนวโน้มลดลงแบบ linearly (P<0.01) และ quadratically (P<0.01) ตามระดับของคาซเรียที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ค่าการย่อยได้ของ OM และ CP ลดลงแบบ linearly และ quadratically (P<0.05) เช่นกัน สามารถกล่าวได้ว่ายูเรียจากคาซาเรียสามารถทดแทนไนโตรเจนจากกากถั่วเหลืองได้ 50 % และลดลงเมื่อใช้ถึง 75 %

Helmer et al. (1970) รายงานว่าโคที่ได้รับกากถั่วเหลืองหรือ Starea เป็นแหล่งโปรตีน ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของ DM, CP, ADF และ cellulose.

Table 3.7 Effect of dietary treatments on nutrient intake, digestibility and BW change.

Items	Casarea:Soybean meal					Contrast*	
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	SEM	L	Q
Nutrient intake (kg/d)							
NDF	2.7	2.7	2.5	2.6	0.06	0.436	0.546
CP	0.53	0.53	0.51	0.51	0.01	0.140	0.537
Digestibility (%)							
DM	71.2[a]	72.1[a]	71.2[a]	67.7[b]	0.59	0.005	0.009
NDF	61.8[a]	62.9[a]	61.2[a]	55.1[b]	1.13	0.005	0.021
CP	76.9[a]	76.9[a]	75.3[a]	70.3[b]	0.52	0.001	0.003

[a,b] Means within a row with different superscripts differ (P<0.05), SE = standard error of the mean,

*Orthogonal polynomial contrast L= linear, Q = Quadratic

Table 3.8 Effect of dietary treatments on rumen fermentation

Items	Caspurea : Soybean meal					Contrast*	
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	SEM	L	Q
pH (hr-post-feeding)							
0	7.0[c]	7.0[c]	7.2[b]	7.3[a]	0.01	0.001	0.015
3	6.4[c]	6.5[b]	6.6[b]	7.1[a]	0.01	0.001	0.001
6	6.7[d]	6.8[c]	6.9[b]	7.2[a]	0.01	0.001	0.001
Mean	6.7[b]	6.8[b]	6.8[b]	7.2[a]	0.07	0.001	0.066
NH_3-N (mg%)							
0	7.9[c]	7.5[d]	9.0[b]	12.9[a]	0.08	0.001	0.001
3	9.4[d]	9.6[c]	9.8[b]	13.9[a]	0.01	0.001	0.001
6	8.1[d]	8.9[c]	9.5[b]	13.2[a]	0.01	0.001	0.001
Mean	8.5[c]	8.8[c]	9.5[b]	13.3[a]	0.19	0.001	0.001

[a,b,c,d] Means within a row with different superscripts differ (P<0.05)

*Orthogonal polynomial contrast, L= linear and Q= quadratic

Ruminal pH แสดงใน Table 3.8 และ Figure 3.8 โดย Ruminal pH ลดลงแบบ linearly and quadratically (P<0.01) ตามระดับของคาซาเรียที่เมขึ้นและสูงสุดเมื่อทดแทนในกากถั่วเหลือง 75% ในอาหาร

ค่าความเข้มข้นของ ammonia-N (8.5, 8.8, 9.5, 13.3 mg%) มีค่าสูงสุด (P<0.01) ในกลุ่มที่ทดแทนกากถั่วเหลือง 75% และเพิ่มขึ้นแบบ linearly (P<0.01) และ quadratically (P<0.01) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของคาซาเรีย (Table 3.8 และ Figure 3.9).

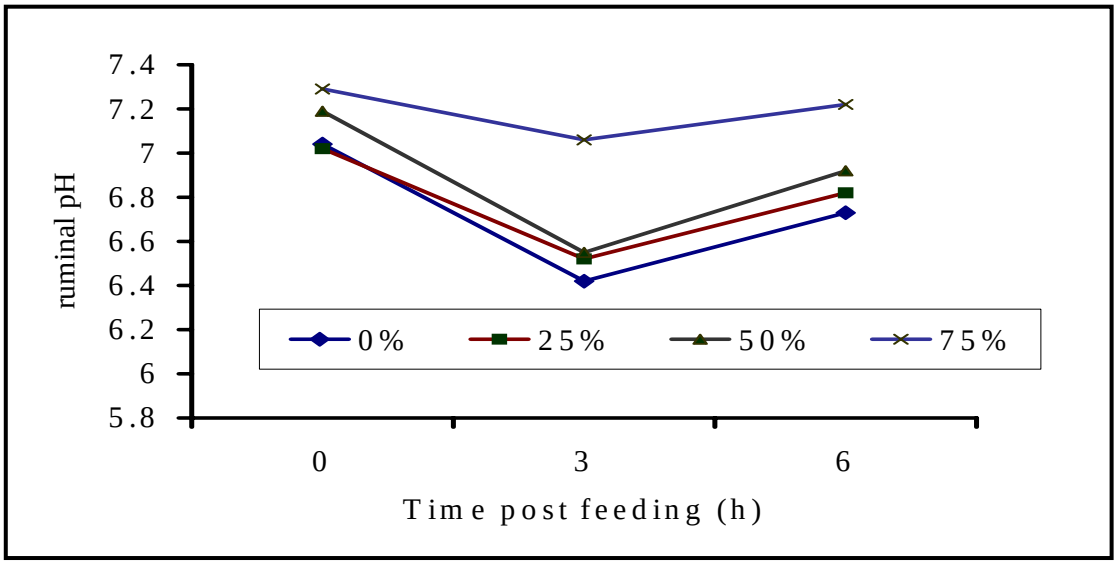

Figure 3.7 Hourly ruminal pH in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea

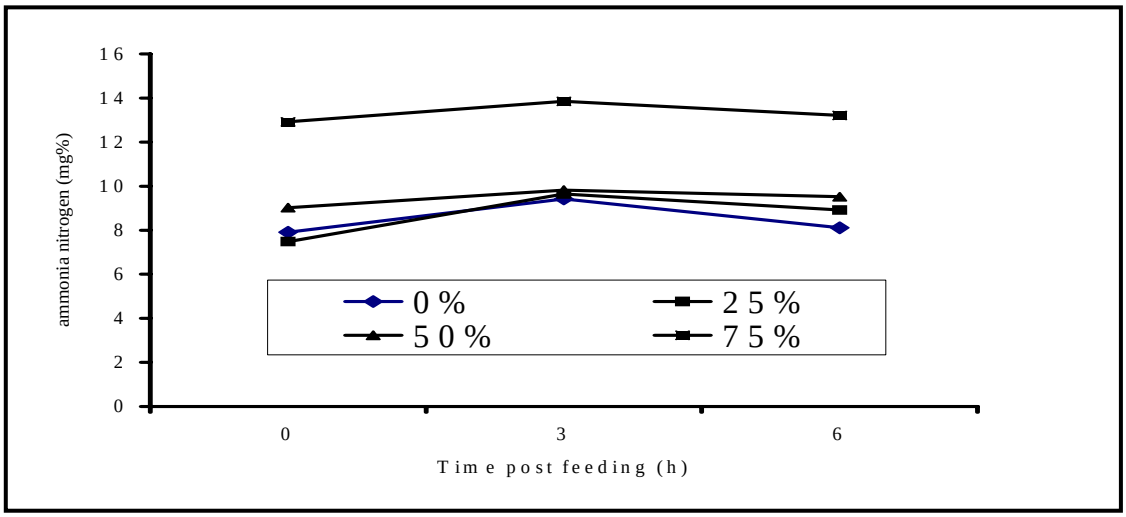

Figure 3.8 Hourly NH_3-N in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea

ความเข้มข้นของ total VFA แสดงใน Table 3.9 total VFA (127.4, 123.6, 119.8, 96.4 mM/l; $P<0.01$) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยลดลงแบบ linearly ($P<0.01$) และ quadratically ($P<0.01$) เมื่อระดับของคาซาเรียเพิ่มขึ้นจาก 50 ถึง 75% และลดลงต่ำสุด ($P<0.01$) ในกลุ่มที่ทดแทนที่ 75% ในอาหาร สอดคล้องกับรายงานของ Kim (2001) นอกจากนี้ Witt et al. (1999) รายงานว่าค่าความเข้มข้นของ VFA ที่สูงขึ้นมีความสัมพันธ์กับประชากรจุลินทรีย์ในรูเมน

Table 3.9 Effect of dietary treatments on volatile fatty acid concentrations

Items	Casarea : Soybean meal					Contrast*	
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	SEM	L	Q
Acetic acid (mol/100 mol), h-post-feeding							
0	68.0	67.0	66.9	65.8	2.37	0.457	0.671
3	69.9	70.0	68.8	71.9	0.75	0.110	0.169
6	72.1	67.9	71.0	72.0	1.45	0.672	0.133
Mean	69.9	68.3	69.0	70.0	1.85	0.981	0.369
Propionic acid (mol/100 mol)							
0	15.0	18.9	14.9	15.0	2.08	0.673	0.367
3	23.0^{ab}	24.9^{a}	25.1^{a}	19.8^{b}	1.44	0.187	0.039
6	22.0^{a}	21.8^{a}	22.0^{a}	18.7^{b}	0.77	0.031	0.095
Mean	20.0	21.9	20.6	17.8	2.36	0.231	0.098
Butyric acid (mol/100 mol)							
0	7.9	7.8	7.1	7.0	0.59	0.733	0.427
3	11.9	10.8	13.9	13.1	0.86	0.133	0.949
6	9.8^{b}	10.9^{ab}	12.0^{a}	12.0^{a}	0.57	0.015	0.398
Mean	9.9	9.8	10.9	11.1	1.43	0.240	0.986
TVFAs (mM/l)							
0	101.2^{a}	100.9^{a}	100.7^{a}	86.1^{b}	0.62	0.001	0.001
3	142.2^{a}	140.4^{a}	139.5^{a}	114.0^{b}	0.66	0.001	0.001
6	139.0^{a}	129.4^{b}	119.2^{c}	89.0^{d}	0.27	0.001	0.001
Mean	127.4^{a}	123.6^{a}	119.8^{a}	96.4^{b}	4.87	0.001	0.050

^{a,b,c} Means within a row with different superscripts differ ($P<0.05$)

*Orthogonal polynomial contrast L= linear and Q= quadratic

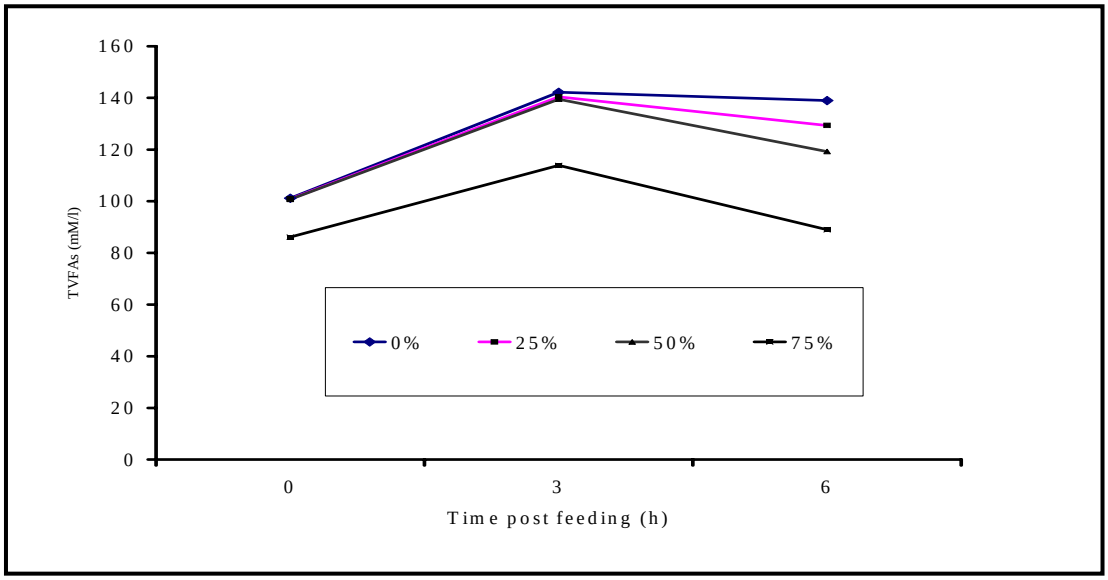

Figure 3.9 Hourly TVFAs (mM/l) in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea

ค่าความเข้มข้นของ Blood urea nitrogen (BUN) แสดงใน Table 3.10 และ Figure 3.11 BUN มีค่าสูงสุด (P<0.01) ในกลุ่มที่ทดแทนคาซาเรียในสูตรอาหาร 75% และเพิ่มขึ้นแบบ linearly (P<0.01) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของคาซาเรีย ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ NH_3-N สอดคล้องกับรายงานของ Shabi et al. (1998) และ Sinclair et al. (1993) รายงานว่าพลังงานและไนโตรเจนมีความสัมพันธ์กัน และสัมพันธ์กับการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน

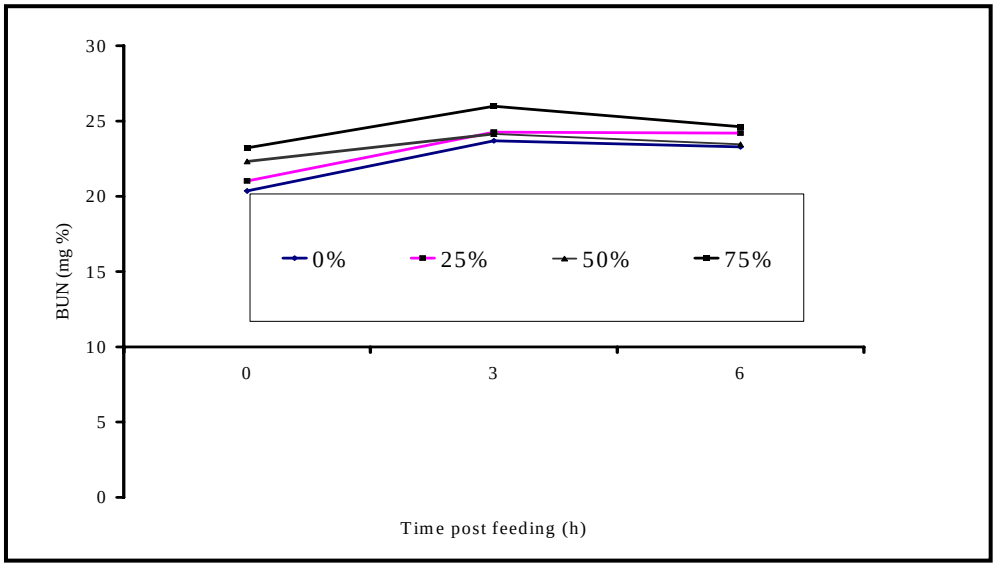

Figure 3.10 Hourly blood urea nitrogen (BUN, mg%) in beef cattle receiving a diet containing four levels of Casarea

ประชากรจุลินทรีย์ในรูเมนแสดง Table 3.10. การเพิ่มระดับของคาซาเรียมีผลทำให้ประชากรของแบคทีเรียและโปรโตซัวลดลงแบบ linearly (P<0.01) และลดลงต่ำสุด (P<0.01) ในกลุ่มที่ทดแทนที่ระดับ 75%

Table 3.10 Effect of dietary treatments on microbial population and blood urea nitrogen

Items	Casarea : Soybean meal					Contrast*	
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	SEM	L	Q
Blood urea nitrogen (mg%)							
0	20.4 [c]	21.0 [c]	22.3 [b]	23.2 [a]	0.15	0.001	0.647
3	23.7 [c]	24.3 [b]	24.1 [bc]	26.0 [a]	0.10	0.001	0.003
6	23.3 [b]	24.2 [a]	23.5 [b]	24.6 [a]	0.10	0.001	0.438
Mean	22.5 [b]	23.2 [b]	23.3 [b]	24.6 [a]	0.39	0.001	0.451
Bacteria (x 10^{10} cell/ml)	2.6 [a]	2.5 [a]	2.5 [a]	2.4 [b]	0.02	0.001	0.008
Protozoa (x 10^{5} cell/ml)	2.2 [a]	2.2 [a]	2.1 [a]	1.9 [b]	0.04	0.002	0.079

[a,b,c,d] Means within a row with different superscripts differ (P<0.05)

*Orthogonal polynomial contrast L= linear and Q= quadratic

สมดุลไนโตรเจนแสดงใน Table 3.11 ไนโตรเจนในปัสสาวะและในมูลเพิ่มขึ้นแบบ linearly and quadratically (P<0.01) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของคาซาเรีย ในขณะที่ไนโตรเจนที่ดูดซึมลดลงแบบ linearly (P<0.01) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของคาซาเรีย และมีค่าต่ำสุดเมื่อทดแทนที่ระดับ 75%

Table 3.11 Effect of dietary treatments on nitrogen balance

Items	Casarea : Soybean meal					Contrast*	
	0 : 100	25 : 75	50 : 50	75 : 25	SEM	L	Q
Urine N (g/d)	45.1	44.8	40.2	46.6	4.51	0.999	0.190
Urine N (g/kgBW $^{0.75}$)	1.0	1.0	0.9	1.1	0.06	0.969	0.286
Feces N (g/d)	19.6^{b}	19.3^{b}	19.8^{b}	24.4^{a}	0.63	0.002	0.009
N absorption (g/d)	65.5^{a}	64.7^{a}	60.6^{b}	57.7^{b}	1.12	0.002	0.405
N retention (g/d)	20.5^{a}	19.8^{a}	20.4^{a}	11.2^{b}	2.18	0.088	0.213
N absorption (%N intake)	76.9^{a}	76.9^{a}	75.3^{a}	70.3^{b}	0.52	0.001	0.003
N retention (%N intake)	24.1^{a}	23.6^{a}	25.3^{a}	13.6^{b}	2.85	0.052	0.099

^{a,b} Means within a row with different superscripts differ (P<0.05)

*Orthogonal polynomial contrast L= linear and Q= quadratic

สรุป

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าคาซาเรียสามารถทดแทนกากถั่วเหลืองได้ตั้งแต่ 25 ถึง 50 % โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ เมแทบอลิซึมในเลือด ประชากรจุลินทรีย์ในรูเมน ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก ความสามารถในการย่อยได้ และสมดุลไนโตรเจน อย่างไรก็ตามไม่ควรใช้เกิน 50 % เพราะจะมีผลต่อการนำไนโตรเจนจากยูเรียและพลังงานจากมันสำปะหลังไปใช้ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนไม่ทัน ซึ่งอาจจะทำให้ยูเรียเป็นพิษได้

3.1.3 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ Casarea โดยการเสริมโปรตีนไหลผ่าน (rumen undegradable protein, RUP) ต่อการย่อยได้และกระบวนการหมัก ในอาหารโคเนื้อ

สูตรอาหารที่ใช้ในการทดลองแสดงใน Table 5.1 โดยคำนวณให้สูตรอาหารมี 14% CP และ RUP อยู่ในช่วง 30-45%

Table 3.12 Feed formulation and chemical composition of dietary treatments.

	Casarea (% of total CP) : RUP (%)				
Feed stuffs	**35:30**	**35:35**	**35:40**	**35:45**	
Caspurea	10.9	10.9	10.9	10.9	
Cassava pulp	55.6	41.8	37.8	15.4	
Rice bran	3.0	15.0	22.0	36.0	
Soybean meal	12.0	8.0	6.0	2.0	
Palm meal	3.0	13.0	20.0	34.0	
Molasses	13.0	9.0	1.2	0.0	
Urea	0.8	0.6	0.4	0.0	
Sulfur	0.2	0.2	0.2	0.2	
Lime stone	0.5	0.5	0.5	0.5	
Salt	0.5	0.5	0.5	0.5	
Mixed mineral	0.5	0.5	0.5	0.5	
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	
Chemical composition (%)					Urea treated rice straw
DM	89.9	90.2	90.4	91.0	49.8
	……..…….. % DM ……..				
OM	91.9	91.7	91.6	89.7	89.1
NDF	18.8	19.4	19.9	20.2	68.0
ADF	9.3	9.7	10.1	11.4	47.1
ADL	4.2	4.3	4.3	4.5	8.7
CP	14.2	14.1	14.1	14.0	7.1

DM: dry matter, OM: organic matter, NDF: neutral detergent fiber, ADF: acid detergent fiber, ADL: acid detergent lignin, AIA: acid insoluble ash, CP: crude protein

ปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ อาหารข้น และอาหารทั้งหมดแสดงใน Table 3.13 ปริมาณการกินได้ทั้งหมด (5.9, 5.8, 6.0, 6.0 kgDM/d; $P<0.05$ เพิ่มขึ้นแบบ linearly ($P<0.01$) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของคาซาเรียในสูตรอาหาร

Table 3.13 Effect of dietary treatments on feed intake and nutrient in take.

Items	Casarea (% of total CP) : RUP (%)					Contrast*	
	35:30	35:35	35:40	35:45	SEM	L	Q
Feed intake(kgDM/d)							
Concentrate	2.4	2.4	2.4	2.5	0.01	0.078	0.082
Roughage	3.4[b]	3.4[b]	3.6[a]	3.6[a]	0.03	0.010	0.716
Total intake							
kgDM	5.87[b]	5.83[c]	5.99[ab]	6.04[a]	0.04	0.009	0.339
%BW	3.18[b]	3.17[b]	3.24[a]	3.24[a]	0.02	0.004	0.455
(g/kgBW$^{0.75}$)	116.9[b]	116.7[b]	119.6[a]	120.6[a]	0.72	0.004	0.862
Nutrient intake (kg/d)							
NDF	2.8[b]	2.8[b]	2.9[a]	2.9[a]	0.02	0.003	0.611
CP	0.59	0.58	0.60	0.59	0.01	0.253	0.506

[a,b] Means within a row with different superscripts differ ($P<0.05$), SE = standard error of the mean, NDF= Neutral detergent fiber, CP= Crude protein, *Orthogonal polynomial contrast L= linear, Q= quadratic

การย่อยได้ของโภชนะแสดงใน Table 3.14 การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (67.8, 68.9, 71.9, 69.9%; $P<0.05$) โดยมีค่าสูงสุดเมื่อโคได้รับอาหารสูตรที่มี RUP 40% การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นแบบ linearly ($P<0.01$) ตามระดับของ RUP ที่เพิ่มขึ้น การย่อยได้ของโปรตีนของโคที่ได้รับอาหารสูตร RUP 40% มีค่าสูงสุด ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามการย่อยได้ของ NDF มีค่าลดลง (quadratically, $P<0.05$) ตามระดับที่เพิ่มขึ้นของคาซาเรียจาก 40 ถึง 45%

Table 3.14 Effect of dietary treatments on digestibility and body weight change

Items	Casarea (% of total CP) : RUP (%)					Contrast*	
	35:30	35:35	35:40	35:45	SEM	L	Q
Digestibility (%)							
DM	67.8[b]	68.9[b]	71.9[a]	69.9[a]	0.65	0.020	0.059
NDF	56.2[b]	57.5[b]	61.9[a]	57.5[b]	0.75	0.048	0.009
CP	75.3[ab]	75.4[ab]	76.5[a]	73.2[b]	0.76	0.168	0.068
Body weight (kg)							
Initial weight	180.8	179.7	179.8	180.5	-		
Final weight	189.4	190.1	190.7	189.3	0.40	0.936	0.036
Body weight change (kg/d)	0.41[b]	0.49[a]	0.52[a]	0.42[b]	0.02	0.403	0.001

[a,b] Means within a row with different superscripts differ (P<0.05) SE = standard error of the mean, *Orthogonal polynomial contrast L= linear, Q= quadratic

การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว (0.41, 0.49, 0.52, 0.42 kg/d) (Table 3.14) เพิ่มขึ้นสูงสุดเมื่อโคได้รับอาหารสูตร 40% RUP และต่ำสุด (P<0.01) ในสูตร 30% RUP. อย่างไรก็ตามสูตร 35% and 40% RUP ไม่มีความแตกต่างกัน การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัวเป็นผลเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของ RUP จาก 30 ถึง 40%.

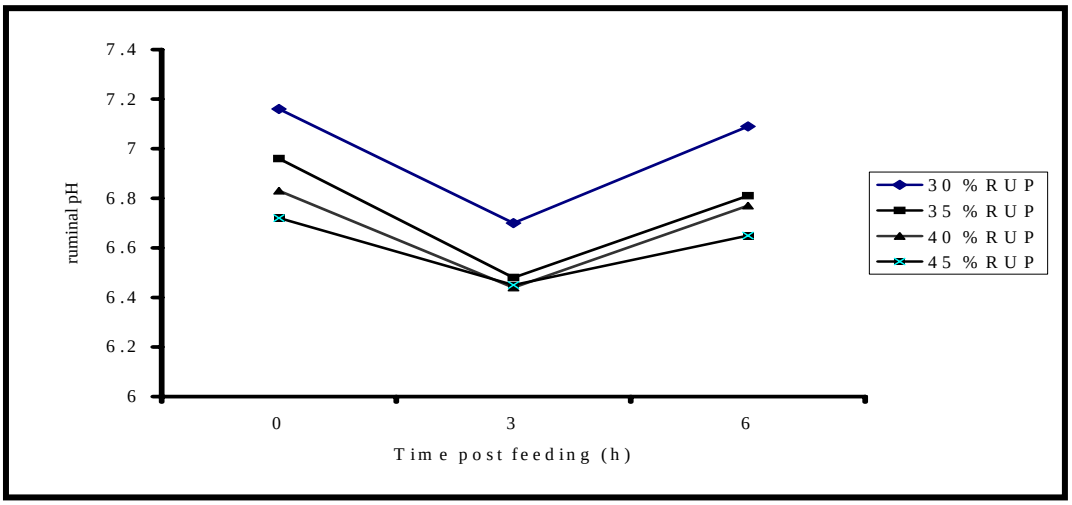

Figure 3.11 Hourly ruminal pH in cattle receiving a diet containing four levels of ruminal undegradable protein (RUP)

Ruminal pH แสดงใน Table 3.15 และ Figure 3.11 Ruminal pH ลดลงแบบ linearly (P<0.05) ตามระดับการเพิ่มขึ้นของ RUP และต่ำสุด (P<0.05) เมื่อโคได้รับอาหารสูตรที่มี RUP 45% โดยมีค่าลดลงต่ำสุดที่ 3 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร

ค่าความเข้มข้นของ ammonia-N ในรูเมน (12.3, 11.0, 9.5, 11.0 mg%) (Table 3.15) มีค่าสูงสุด (P<0.01) ในโคที่ได้รับอาหารสูตร 30% RUP และ ruminal ammonia-N มีค่าลดลงแบบ linearly (P<0.01) ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของ RUP อย่างไรก็ตาม เมื่อโคได้รับอาหารสูตร 45% RUP ทำให้ NH_3-N ในรูเมนลดลง (quadratically, P<0.01)

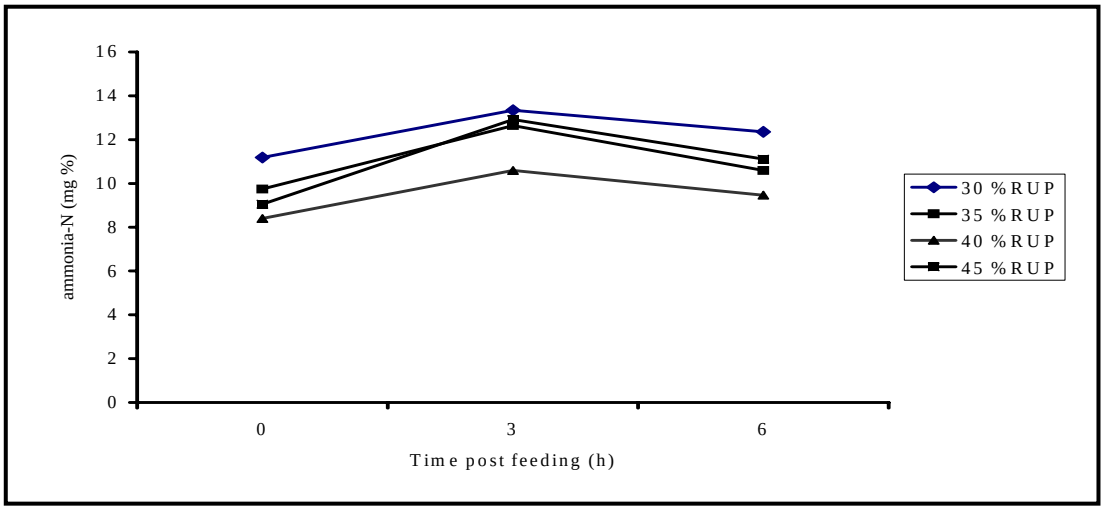

Figure 3.12 Hourly NH_3-N (mg%) in cattle receiving a diet containing four levels of ruminal undegradable protein (RUP)

ความเข้มข้นของl NH_3-N ในรูเมนที่เวลา 0, 3 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร พบว่าที่ 3 ชั่วโมงหลังการให้อาหารมีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะคล้ายกันในทุกกลุ่มการทดลอง สอดคล้องกับรายงานของ Davis and Stallcup (1967); Sinclair et al. (1993); Witt et al. (1999)

Table 3.15 Effect of dietary treatments on rumen fermentation

Items	Casarea (% of total CP) : RUP (%)					Contrast*	
	35 : 30	35 : 35	35 : 40	35 : 45	SEM	L	Q
pH							
(hr-post-feeding)							
0	7.2 [a]	7.0 [b]	6.8 [c]	6.7 [c]	0.04	0.001	0.236
3	6.7 [a]	6.5 [b]	6.4 [b]	6.5 [b]	0.04	0.001	0.015
6	7.1 [a]	6.8 [b]	6.8 [b]	6.7 [c]	0.03	0.001	0.008
Mean	7.0 [a]	6.8 [b]	6.7 [b]	6.6 [b]	0.09	0.001	0.170
NH_3-N (mg%)							
0	11.2 [a]	9.7 [b]	8.4 [c]	9.1 [bc]	0.27	0.001	0.002
3	13.3 [a]	12.6 [b]	10.6 [c]	12.9 [ab]	0.20	0.003	0.001
6	12.4 [a]	10.6 [b]	9.5 [c]	11.1 [b]	0.18	0.001	0.001
Mean	12.3 [a]	11.0 [b]	9.5 [c]	11.0 [b]	0.65	0.003	0.001
TVFAs (mM/l)							
0	83.4 [d]	99.4 [c]	106.7 [a]	103.0 [b]	0.89	0.001	0.001
3	101.8 [c]	125.2 [ab]	125.9 [a]	122.6 [b]	0.98	0.001	0.001
6	94.8 [c]	114.9 [a]	117.4 [a]	110.6 [b]	0.85	0.001	0.001
Mean	94.3 [b]	113.2 [a]	116.7 [a]	112.1 [a]	4.57	0.001	0.001

[a,b,c,d] Means within a row with different superscripts differ (P<0.05)

*Orthogonal polynomial contrast L= linear, Q= quadratic

ความเข้มข้นของ Total VFA ในของเหลวจากรูเมน (Table 3.15 and Figure 3.13 (94.3, 113.25, 116.7, 112.1 mM/l; P<0.01) มีค่าเพิ่มขึ้น (linearly, P<0.01) ตามระดับของ RUP ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามโคที่ได้รับอาหารสูตร 45% RUP มีผลทำให้ TVFAs ลดลง การลดลงของ TVFA อาจเป็นผลเนื่องมาจากสัดส่วนของ RUP และ RDP (Kim, 2001) นอกจากนี้ Witt et al. (1999) รายงานว่า TVFA ที่เพิ่มขึ้นเป็นมาจากการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ในรูเมน

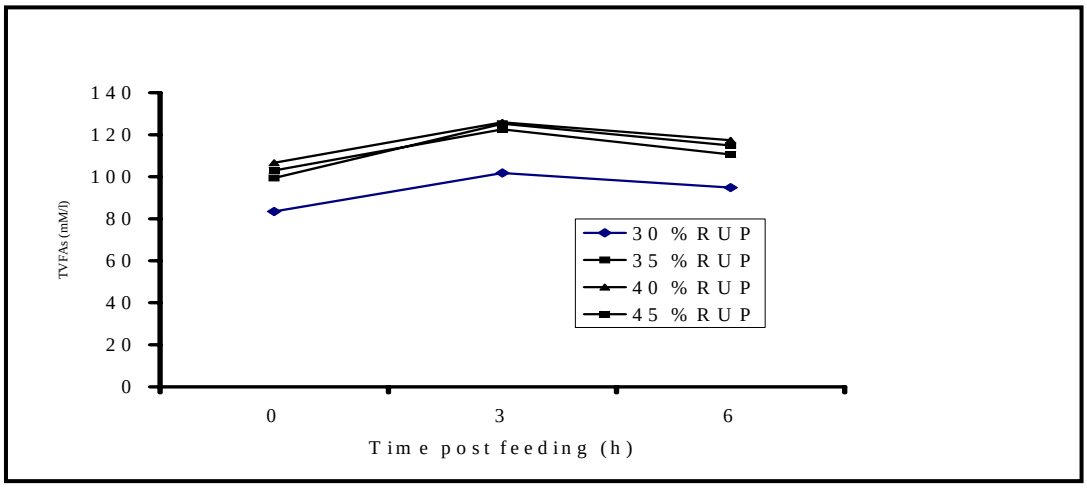

Figure 3.13 Hourly TVFAs in cattle receiving a diet containing four levels of ruminal undegradable protein (RUP)

ประชากรของจุลินทรีย์ในรูเมนแสดงใน Table 3.16 พบว่าระดับการเพิ่มขึ้นของ RUP มีผลทำให้ประชากรของแบคทีเรียและโปรโตซัวลดลง และลดต่ำสุด (P<0.05) ในโคที่ได้รับอาหารสูตร 30% RUP

Table 3.16 Effect of dietary treatments on microbial population and blood urea nitrogen

Items	Casarea (% of total CP) : RUP (%)					Contrast*	
	35 : 30	35 : 35	35 : 40	35 : 40	SEM	L	Q
Blood urea nitrogen(mg%)							
0	20.1 [a]	19.5 [a]	18.4 [b]	18.3 [b]	0.33	0.001	0.488
3	25.4 [a]	23.5 [b]	23.7 [b]	24.7 [ab]	0.77	0.397	0.015
6	21.8 [a]	21.8 [a]	19.1 [c]	20.6 [b]	0.31	0.001	0.028
Mean	22.4	21.6	20.4	21.2	1.22	0.125	0.245
bacteria (x 10^{10} cell/ml)	2.2	2.5	2.6	2.4	0.89	0.066	0.025
Protozoa (x 10^{5} cell/ml)	1.9 [c]	2.1 [ab]	2.2 [a]	1.9 [bc]	0.05	0.288	0.005

[a,b,c,d] Means within a row with different superscripts differ (P<0.05)

*Orthogonal polynomial contrast L= linear, Q= quadratic

ค่าความเข้มข้นของ BUN แสดงใน Table 3.16 และ Figure 3.14 BUN ก่อนการให้อาหารเพิ่มขึ้นแบบ linearly (P<0.05) ตามระดับของ RUP ที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามในชั่วโมงที่ 3 หลังการให้อาหาร BUN เพิ่มขึ้นแบบ quadratically (P<0.05) ตามระดับของ RUP ที่ลดลง

ค่า BUN ของทุกกลุ่มทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 3 หลังการให้อาหาร สอดคล้องกับรายงานของ Sinclair et al. (1993); Witt et al. (1999)

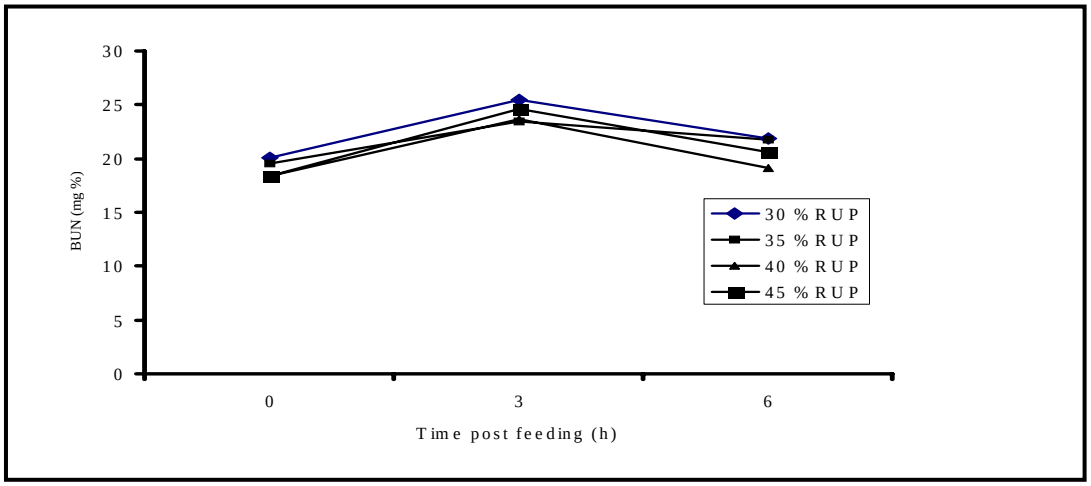

Figure 3.14 Hourly blood urea nitrogen (BUN) in cattle receiving a diet containing four levels of ruminal undegradable protein (RUP)

ค่าสมดุลไนโตรเจนแสดงใน Table 3.17 ไนโตรเจนในมูลเพิ่มขึ้นแบบ quadratically (P<0.05) ตามระดับ RUP ที่เพิ่มขึ้น และมีค่าสูงสุด (P<0.05) เมื่อโคได้รับอาหารสูตรที่มี RUP 45% ค่าไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (71.8, 70.4, 72.9, 69.6 g/d; P>0.05) ในแต่ละกลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนไนโตรเจนที่เก็นกักในร่างกาย (20.9, 19.7, 31.0, 21.5 g/d) มีค่าสูงสุด (P<0.05) ในโคที่ได้รับอาหารสูตร 40% RUP

ไนโตรเจนที่เก็บกักในร่างการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับ RUP ที่เพิ่มขึ้น และลดลงเมื่อโคได้รับอาหารสูตร 45% RUP สอดคล้องกับรายงานของ Cecava et al. (1991)

Table 3.17 Effect of dietary treatments on nitrogen balance

Items	Casarea (% of total CP) : RUP (%)					Contrast*	
	35:30	35:35	35:40	35:45	SEM	L	Q
Urine N (g/d)	51.0	50.7	41.9	48.1	2.23	0.132	0.197
Urine N (g/kgBW $^{0.75}$)	1.04	1.04	0.86	0.98	0.05	0.143	0.244
Feces N (g/d)	23.0^{b}	22.8^{b}	22.3^{b}	25.6^{a}	0.68	0.052	0.044
N absorption (g/d)	71.8	70.4	72.9	69.6	1.12	0.438	0.437
N retention (g/d)	20.9^{b}	19.7^{b}	31.0^{a}	21.5^{b}	2.23	0.231	0.110
N absorption (%N intake)	75.3^{ab}	75.4^{ab}	76.5^{a}	73.2^{b}	0.76	0.168	0.068
N retention (%N intake)	21.6^{b}	21.1^{b}	32.5^{a}	22.7^{b}	2.46	0.230	0.107

^{a,b} Means within a row with different superscripts differ (P<0.05)

*Orthogonal polynomial contrast L= linear, Q= quadratic

สรุป

ผลการศึกษาในการทดลองนี้สามารถกล่าวได้ว่าในสูตรอาหารโคเนื้อที่มีคาซาเรีย 30% ร่วมกับ 40% RUP สามารถปรับปรุงปริมาณการกินได้ของอาหาร การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว เมแทบอลิซึมในเลือด การย่อยได้ของโภชนะ จุลินทรีย์ในรูเมน ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการผลิตในรูเมน ตลอดจนสมดุลไนโตรเจนในร่างกายสัตว์

บทที่ 4
บทสรุป

4.1 สรุปผลการวิจัย

การทดสอบผลิตภัณฑ์คาซาเรียใช้เทคนิค gas production เนื่องจากป้องกันอันตรายอันอาจจะเกิดกับตัวสัตว์ เนื่องจากมีระดับยูเรียที่สูง เนื่องจากปกติในสูตรอาหารไม่ควรเกิน 1% ในสูตรอาหารทั้งหมด ผลการทดสอบพบว่า การความสามารถในการย่อยได้ของคาวาเรียสูงกว่ากลุ่มทดลอง โดยค่า a และ c ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ในขณะที่ค่า b และ a+b (potential degradability) ของกลุ่มคาซาเรียสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) จากการทดลองนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำผลิตภัณฑ์คาซาเรียไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้

ผลของการทดแทนคาซาเรียในกากถั่วเหลืองพบว่าสามารถทดแทนได้ตั้งแต่ 25 ถึง 50 % โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ เมแทบอลิซึมในเลือด ประชากรจุลินทรีย์ในรูเมน ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมัก ความสามารถในการย่อยได้ และสมดุลไนโตรเจน อย่างไรก็ตามไม่ควรใช้เกิน 50 % เพราะจะมีผลต่อการนำไนโตรเจนจากยูเรียและพลังงานจากมันสำปะหลังไปใช้ในการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนไม่ทัน ซึ่งอาจจะทำให้ยูเรียเป็นพิษได้

การศึกษาผลของการใช้คาซาเรียในสูตรอาหารข้นที่มีระดับโปรตีนไหลผ่าน หรือ rumen undegradable protein (RUP) ที่ระดับ 30, 35, 40 และ 45 % ของโปรตีนทั้งหมด ผลการศึกษาพบว่าโคเนื้อที่ได้รับสูตรอาหารที่มีคาซาเรีย 30% ร่วมกับ 40% RUP สามารถปรับปรุงปริมาณการกินได้ของอาหาร การเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว เมแทบอลิซึมในเลือด การย่อยได้ของโภชนะ จุลินทรีย์ใน
รูเมน ผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการผลิตในรูเมน ตลอดจนสมดุลไนโตรเจนในร่างกายสัตว์

4.2 ข้อเสนอแนะ

ในการผลิตคาซาเรียควรจะใช้ยูเรียเม็ดเล็กหรือยูเรียบด ทั้งนี้เพื่อป้องกันการจับกันของยูเรีย และควรผสมโดยใช้เครื่องผสมอาหารที่มีประสิทธิภาพดี เนื่องจากหากผสมไม่ดียูเรียกับมันสำปะหลังแยกชั้นกัน อาจจะมีผลเสียต่อสัตว์ได้ อันเนื่องมาจากพิษของยูเรีย การใช้คาซาเรียในสูตรอาหารหรือนำมาทดแทนอาหารข้น ไม่ควรใช้เกิน 50% ของแหล่งโปรตีน

บรรณานุกรม

เมธา วรรณพัฒน์. (2533). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี่พับบลิชชิ่ง. กรุงเทพฯ. 473 น.

AOAC. (1985). Officials Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

Barr, G.W., E.E. Bartley and R.M. Meyer. (1974). Feed processing. VII. Estimating microbial protein in fluid with precipitating agents or incubated mixtures of uncooked gain plus urea or starea with differential centrifugation. J. Dairy Sci. 58: 1308.

Bremner, J.M., and D.R. Keeney. (1965). Steam distillation methods of determination of ammonium, nitrate and nitrite. Anal Chem. Acta. 32:485.

Chalupa, W. (1968). Problems in feeding urea to ruminants. J. Ainm. Sci. 27: 207-215.

Chen, X. B., Samaraweera, L., Kyle, K. J., and Ørskov, E. R. (1996). Urinary excretion of purine derivatives and tissue xanthin oxidase (EC 1.2.3.2) activity in buffaloes (*Bubalis bubalis*) with special reference to difference between buffaloes and *Bos taurus* cattle. Brit. J. Nutr. 75 : 397-407.

Davis, G. V., and Stallcup O. T. (1964). Influence of dietary nitrogen on nitrogen metabolism in the rumen. J. Dairy Sci. 47:1237.

Davis, G. V., and Stallcup, O. T. (1967). Effect of soybean meal, raw soybeans, corn gluten feed, and urea on the concentrate of rumen fluid components at intervals after feeding. J. Dairy Sci. 50: 1638-1645.

Helmer, L. G., and Bartley, E. E. (1971). Progress in the utilization of urea as a protein replacer for ruminants. A review. J. Dairy Sci. 54 : 25.

Helmer, L. G., Bartley, E. E., Deyoe, C. W., Meyer, R. M., and Pfost, H. B. (1970a). Feed processing. V. Effect of an expansion-processes mixture of grain and urea (Starea) on nitrogen utilization *in vitro*. J. Dairy Sci. 53 : 330-335.

Helmer, L. G., Bartley, E. E., and Dyoe, C. W. (1970b). Feed processing. VI. Comparison of starea, urea, and soybean meal as protein source for lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 53 : 883 – 887.

Kearl, L. C. (1982). Nutrient requirements of ruminants in developing countries. Internation feedstuffs institute, Utah Agricultural experiment station, Utah State University, Logan, Utah, USA.

Kebreab, E., J.France, J.A.N. Mills, R. Allisonand J. Dijkstra. (2002). A dynamic model of N metabolism in the lactating dairy cow and an assessment of impact of N excretion on the environment. J. Anim. Sci. 80: 248-259.

Kim, C. H. (2001). Effect of different protein sources given synchronously or asynchronously into the rumen of consuming a beef cattle diet high in concentrate on the synthesis of microbial protein. J. Anim. Feed Sci. Technol. 43 : 831-840.

Menke, K. H., Raab, L., Salewski, A., Steingrass, H., Fritz, D., and Schneider, W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor. J. Agri. Sci. (Camb). 93: 217-222.

Menke, K., and Steingrass, H. (1988). Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. Anim. Res. and Development. 28: 7-55.

Moss, A.R. and D.I. Givens. (2002). The effect of supplementating grass silage with soya bean meal on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. Anim. Feed Sci. and Technol. 97: 127-134.

National Research Council. (1976). Urea and other non protein nitrogen compounds in animal nutrition. National Academy of Sciences, Washington, U.S.A.

National Research Council. (2001). Nutrient requirements of dairy cattle.7th ed. Acad. Sci. Washington, DC.

National Academy of Sciences-National Research Countcil. (1971). Nutrients requirements of dairy cattle. No. 3. Washington, DC.

Nocek, G. E., and Russell, J. B. (1988). Protein and energy as an integrated system : relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and production. J. Dairy Sci. 71: 2070-2079.

Ørskov, E. R., and McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. 92:499-504.

Ørskov, E. R. (1976). Nitrogen digestion and utilization by young and lactating ruminants. Wld. Rev. Nutr. Diet. 25, inpress.

SAS. (1996). SAS User's Guide: Statistics. Version 6. 14th ed Cary, NC: SAS Inst.

Satter, L. D., and Roffler, R. E. (1973). Using NPN in the dairy cow ration. Page 45 in Proc. 34th Minn. Nutr. Conf. Bloomington, MN.

Shabi, K., Arieli, A., Bruckental, L., Aharoni, Y., Zamwel, S., Bor, A., and Tagari, H. (1998). Effect of the synchronization of the degradation of dietary crude protein and organic matter and feeding frequency on ruminal fermentation and flow of digesta in the abomasum of dietary cows. J. Dairy Sci. 81 : 1991-2000.

Sinclair, L. A., Garnsworthy, P. C., Newbold, J. R., and Buttery, P. J. (1993). Effect of synchronizing the rate of dietary energy and nitrogen release on rumen fermentation and microbial protein synthesis in sheep. J. Agric. Sci. Camb. 120: 251-263.

Steel, R. G. D., and Torrie, J. H. (1980). Principles and Procedures of Statistics with Special Reference to the Biological Sciences. McGraw Hill, New York.

Tamminga, S. (2006). The effect of supply of rumen degradable protein and metabolizable protein on negative energy balance and fertility in dairy cows. Anim. Reprod. Sci. 96 : 227-239.

Thompson, L. H., Wise, M. B., Harvey, R. W., and Barrick, E. R. (1972). Starea, urea and sulfur in beef cattle rations. J. Anim. Sci. 35 : 474-482.

Van Soest, P. J. (1982). Nutritional ecology of the ruminant. O&B Books, Inc., Corvalis, Oregon, U.S.A.

Wallace, R. J., Atasoglu, C., and Newbold, C. J. (1999). Role of peptides in rumen microbial metabolism. Review. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 12: 139-149.

Wanapat, M., and Pimpa, O. (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.

Wanapat, M., Pimpa, O., Petlum, A., and Boontao, U. (1997). Cassava hay: A new strategic feed for ruminant during the dry season. Livestock Research for Rural Development. 9: 1-5.

Wanapat, M., A. Petlum and O. Pimpa. 2000. Supplementation of cassava hay to replace concentrate use in lactating Holstein Fressian crossbreds. AJAS. 13: 600-604.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Nutritional evaluation of Casarea for ruminant using *in vitro* gas production technique

Casarea (45% CP, cassava pulp:urea = 85:15; DM basis) is produced through an extrusion process wherein a starch bearing food source such as corn, cassava and an NPN substance such as urea are admixed and pelleted (0.76 cm. die) by runing through a cooker-exturder at high temperature (90-120 degree C., moisture about 20%), and pressure to give a chunk-type product and Control are not produced through an extrusion process. Two NPN feed sources (Casarea and Control) were ground through a 1 mm screen for the *in vitro* gas production technique.

Strict anaerobic techniques were used in all steps during the rumen fluid transfer and incubation period. Rumen fluid inoculums was removed before the morning feeding by vacuum pump and stomach tube technique into a 2 liters glass flask and transferred into two pre-warmed 1 liter thermos flasks which were then transported to the laboratory. The medium preparation was as descripbed by Sommart et al. (2000). Mixed rumen fluid inoculums were obtained from two Thai Native x Brahman crossbred male cattle (weighing approximately 200± 5 kg).

The feed sample of approximately 0.5 g on a fresh weight basis was transferred into a 60 ml serum bottle (Sommart et al., 2000). The bottles were pre-warmed in a water bath at 39ºC for about 1 h prior to injection of 40 ml of rumen fluid medium (using a 60 ml syringe) to each bottle. The bottles were stoppered with rubbers stoppers, crimp sealed and incubated in a water bath setting at 39ºC.

The rate of gas production was measured by reading and recording the amount of gas volume after incubation using a 20 ml glass syringe connected to the incubation bottle with a 23 gauge, 1.5 inch needle. Readings of gas production were recorded from 1 to 96 h (from 1-12 h, every 3 h from 13-24 h, every 6 h from 25-48 h and every 12 h from 49-96 h) after incubation periods. Amount of cumulative gas volume from 1 to 96 h after incubations were fitted using the equation $y=a+b\ (1-e^{-ct})$ (Ørskov and McDonald, 1979), where y, describes gas production at time t, *a*, the gas produced (ml) by instantaneous fermentation of the soluble and readily available fraction of feed, *b*, the gas produced (ml) by the fermentation of insoluble, but slowly fermentable fraction and *c*, the fractional rate (rate constant) at which gas is produced per hour (%/h).

ประวัติผู้วิจัย

1. ข้อมูลส่วนตัว

ชื่อ - นามสกุล ดร. ปราโมทย์ แพงคำ (Dr. Pramote Paengkoum)

วันเกิด 29 กุมภาพันธ์ 2515 **ตำแหน่งปัจจุบัน** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ที่อยู่ : สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อ. เมือง จ.นครราชสีมา 30000 โทรศัพท์/โทรสาร (044) 224575/ 224151, E-mail: pramote@sut.ac.th

2. ประวัติการศึกษา

ปีที่จบ	ปริญญา	อักษรย่อปริญญา	สาขาวิชา	วิชาเอก	สถาบันการศึกษา	ประเทศ
2536	ปริญญาตรี	วท.บ. วิทยาศาสตรบัณฑิต	เกษตรศาสตร์	สัตวศาสตร์	ม.ขอนแก่น	ไทย
2541	ปริญญาโท	วท.ม. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต	Ruminant Nutrition	สัตวศาสตร์	ม.ขอนแก่น	ไทย
2546	ปริญญาเอก	Ph.D. Doctor of Philosophy	Animal Nutrition	สัตวศาสตร์	Universiti Putra Malaysia	Malaysia

3. สิ่งตีพิมพ์ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

Han Yong, **Pramote Paengkoum**, Xia Xian-ling and Wang De-feng. 2008. Effect of probiotics and by-pass fat on rumen metabolism and average daily gain of growing goats fed whole plant corn silage during dry season. Chinese Journal of Animal Nutrition. 20 (3): 330-337. (**IF= 0.717**)

Kanin Bunnakit, **Pramote Paengkoum**, Wisitiporn Suksombat and Opart Pimpa. 2008. Effect of Caspurea as a protein source replacement for sotbean meal in diets on performance of Thai native x Brahman beef cattle. Suranaree Journal of Science and Technology, 15 (1): 57-68. (**IF= 0.028**)

Pramote Paengkoum and S. Paengkoum. 2007. Effects of cassava chips used as non-structural carbohydrate source for lactation dairy cows fed urea-treated rice straw. KMUTT Research and Development J. 30(3):435-448. (**IF= 0.031**)

Pramote Paengkoum. 2007. Sunflower seed meal as rumen-undegradable protein sources for lactating dairy cows fed urea-treated rice straw. Chiang Mai J. Sci. 34(1): 119-125. (**IF= 0.113**)

Pramote Paengkoum. 2006. Using rumen degradation model to evaluate microbial protein yield and intestinal digestion of grains in cattle. In: Nutrient Digestion and Utilization in Farm Animals. E. Kebread, J. Dijkstra, A. Bannink, W.J.J. Gerrits and J. France, eds. **CABI Publishing, CAB Internationa**l, Wallingford, UK. p 28-32.