รหัสโครงการ SUT3 – 303 – 52 – 24 - 22

รายงานการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมและสุกรขุน

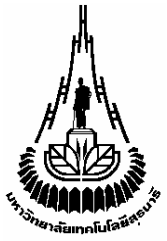
(Utilization of soy hulls as energy source in dairy cows and growing pig diet.)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

รหัสโครงการ SUT3 – 303 – 52 – 24 – 22



รายงานการวิจัย

การใช้ประโยชน์จากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานในอาหารโคนมและสุกรขุน

(Utilization of soy hulls as energy source in dairy cows and growing pig diet.)

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

รองศาสตราจารย์ ดร. วิศิษฐิพร สุขสมบัติ

สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์

สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ผู้ร่วมวิจัย

นายพิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีงบประมาณ พ.ศ. 2548-49

ผลงานวิจัยเป็นความรับผิดชอบของหัวหน้าโครงการวิจัยแต่เพียงผู้เดียว

พฤษภาคม 2555

Filename:	Soyhull-cover
Directory:	H:\Report\Report-soyhull-Sub
Template:	C:\Documents and Settings\User1\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dot
Title:	
Subject:	
Author:	
Keywords:	
Comments:	
Creation Date:	28/02/49 ๒๘/๐๒/๔๙ ๑๙:๓๓ น.
Change Number:	17
Last Saved On:	23/05/55 ๒๓/๐๕/๕๕ ๑๘:๑๑ น.
Last Saved By:	User1
Total Editing Time:	17 Minutes
Last Printed On:	09/07/55 ๐๙/๐๗/๕๕ ๑๑:๕๕ น.
As of Last Complete Printing	
Number of Pages:	2
Number of Words:	144 (approx.)
Number of Characters:	824 (approx.)

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ (ไทย)		ก
บทคัดย่อ ..(อังกฤษ)		ค
สารบัญ		จ
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ญ
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัย	1
บทที่ 2	เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
	2.1 เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	2
	2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	3
	2.3 การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารโคนม	4
	2.4 การประเมินคุณค่าทางพลังงานตาม NRC (2001)	10
	2.5 ความต้องการโปรตีนในโคนม	19
บทที่ 3	การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงานและการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	23
	4.1 บทนำ	23
	4.2 วัตถุประสงค์	23
	4.3 วิธีดำเนินการทดลอง	23
	4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	26
	4.5 สรุปผลการทดลอง	29
บทที่ 4	การศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตโคนม	35
	4.1 บทนำ	35
	4.2 วัตถุประสงค์	35
	4.3 วิธีดำเนินการทดลอง	35
	4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	39

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 การศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารข้นต่อการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก..... 64

5.1 บทนำ…….. 64

5.2 วัตถุประสงค์…….. 64

5.3 วิธีดำเนินการทดลอง…….. 64

5.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 65

5.5 สรุปผลการทดลอง…….. 71

บทที่ 6 การศึกษาผลของการทดแทนข้าวโพดบดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกรขุน..... 73

6.1 บทนำ…….. 73

6.2 วัตถุประสงค์…….. 73

6.3 วิธีดำเนินการทดลอง…….. 74

6.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง..... 76

6.5 สรุปผลการทดลอง……..... 81

เอกสารอ้างอิง……... 82

ประวัติผู้วิจัย..... 90

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	4
2.2	เปรียบเทียบโภชนะระหว่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและข้าวโพด	4
2.3	การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดในอาหารโคนม ต่อการกินได้ ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม	8
2.4	การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดในอาหารโคนม ต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก	9
2.5	กระบวนการปรับปัจจัย (Processing adjustment factors, PAF) สำหรับ NFC (NRC, 2001)	11
2.6	ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนหยาบเพื่อใช้ในการประมาณค่า TDN_{1X} สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ (NRC, 2001)	14
2.7	ประสิทธิภาพการย่อยได้เพื่อการดำรงชีพ (Assumed 8% increase in digestibility compared with 3X maintenance) สำหรับอาหารสัตว์จำพวกไขมัน (NRC, 2001)	14
3.1	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์	30
3.2	คุณค่าทางพลังงานของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์	31
3.3	แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก	32
3.4	แสดงการย่อยสลายโปรตีนของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก	33
3.5	แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของวัตถุดิบอาหารสัตว์	34
4.1	แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมที่ใช้ในการทดลอง	36
4.2	แสดงชนิด และปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง	37
4.3	แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและอาหารหยาบ	42
4.4	แสดงการจำแนกพลังงานโดยการคำนวณสมการของ NRC (2001) ที่โคได้รับจากสูตรอาหารและอาหารหยาบ	43
4.5	แสดงปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้อาหารสูตรทดลอง	46

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.6	แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม	50
4.7	แสดงองค์ประกอบของน้ำนม	51
4.8	แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง	51
4.9	แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหาร	52
4.10	ผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม	53
4.11	แสดงการได้รับโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RDP) โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP)	56
4.12	แสดงปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการ	57
4.13	แสดงพลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ และที่โคนมได้รับจากอาหาร	58
4.14	แสดงการย่อยสลายได้วัตถุแห้งและอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบและอาหารผสม 3 สูตร	60
4.15	แสดงการย่อยสลายได้โปรตีนและอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของอาหารหยาบและอาหารผสม 3 สูตร	61
4.16	แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบและอาหารผสม 3 สูตร	62
4.17	ผลตอบแทนทางการเงินเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ	63
5.1	แสดงผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร	67
5.2	แสดงผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid; VFA_s) ของของเหลวในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร	70
5.3	ผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อการกินได้วัตถุแห้ง	71
6.1	Ingredients, analyzed and calculated nutrient composition of basal diets	77
6.2	Effects of dietary treatment on growth and carcass composition	78

6.3 Effects of dietary treatment on meat quality..... 79
6.4 Effects of dietary treatment on chemical composition of meat…….. 79
6.5 ผลตอบแทนทางการเงินของสุกรที่ได้รับอาหารที่เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกัน..... 81

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์……..	3

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Filename: สารบัญ-Soyhull
Directory: H:\Report\Report-soyhull-Sub
Template: C:\Documents and Settings\User1\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dot
Title: สารบัญ
Subject:
Author:
Keywords:
Comments:
Creation Date: 16/02/49 ๑๖/๐๒/๔๙ ๐๙:๒๑ น.
Change Number: 83
Last Saved On: 04/01/23 ๐๔/๐๑/๒๓ ๑๘:๕๘ น.
Last Saved By: User1
Total Editing Time: 232 Minutes
Last Printed On: 09/07/55 ๐๙/๐๗/๕๕ ๑๑:๕๖ น.
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 10
Number of Words: 2,897 (approx.)
Number of Characters: 16,519 (approx.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 3 การทดลอง กล่าวคือ การทดลองที่ 1 ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและประเมินพลังงานในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง การทดลองที่ 2 ศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคนมต่อสมรรถนะการผลิตและกรดไขมันในน้ำนม และการทดลองที่ 3 ศึกษาผลของการทดแทนข้าวโพดบดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากและเนื้อสุกรขุน

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อองค์ประกอบทางเคมี ประเมินคุณค่าทางพลังงาน และศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง โดยทำการสุ่มตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม กากถั่วเหลือง) มาวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ได้แก่วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) ไขมัน (Ether extract) เถ้า (Ash) และเยื่อใยหยาบ สำหรับเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และAcid detergent lignin (ADL) วิเคราะห์โดย Detergent analysis (Goering and VanSoest, 1970) ผลการทดลองสรุปได้ว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ 10.25% CP, 1.29% Fat, 4.64% Ash, 64.86% NDF, 46.41% ADF, 62.23% TDN_{1X}, 2.25 Mcal ME_P, 1.39 Mcal NE_{LP} และมีค่าการย่อยสลายได้ 45.5% dgDM และ 56.1% dgCP นับได้ว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นสำหรับโคนมต่อผลผลิตโคนม โดยใช้โคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเซี่ยน จำนวน 24 ตัว ให้ผลผลิตน้ำนมเฉลี่ย 16.3 $\pm$ 1.4 กิโลกรัม/วัน วันให้นมเฉลี่ย 84 $\pm$ 15 วัน อายุเฉลี่ย 42 $\pm$ 5 เดือน และน้ำหนักตัวเฉลี่ย 415 $\pm$ 20 กิโลกรัม ทำการจัดกลุ่มการทดลองแบบ stratified random balanced group ได้กลุ่มการทดลองละ 8 ตัว กลุ่มการทดลองได้แก่ กลุ่มที่ไม่มีการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดบด (0% SH) กลุ่มที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 10% แทนข้าวโพดบด (10% SH) และกลุ่มที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 20% แทนข้าวโพดบด (20% SH) ผลการทดลองสรุปได้ว่าไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของการกินได้วัตถุแห้ง การกินได้โปรตีน การกินได้พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม ผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามไขมันและโปรตีนในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามปริมาณของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารข้นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ของแข็งรวมในน้ำนมเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน กรดไขมัน

ระเหยได้ และความเป็นกรดด่างในกระเพาะหมักไม่มีผลกระทบจากการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนมไม่แตกต่างกันในทุกกลุ่มการทดลอง ยกเว้น C18:2 และ C18:3 ที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น การศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดที่มีราคาสูงในอาหารข้น สำหรับระดับการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดได้ 100% แต่ควรมีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารข้นไม่เกินกว่า 10% เพราะให้ผลตอบแทนทางการเงินสูงที่สุด

วัตถุประสงค์ของการทดลองที่ 3 เพื่อศึกษาผลของการทดแทนข้าวโพดบดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพซากและเนื้อสุกรขุน โดยใช้สุกรลูกผสม [Duroc x (Landrace x Large White) (48 gilts and 48 barrows)] น้ำหนักตัวเฉลี่ย 60 กิโลกรัม จำนวน 96 ตัว สุกรถูกบล็อกด้วยน้ำหนักตัวและเพศ (6 pigs/pen; 0.75 or 0.85 m^2 /pig) สุ่มกลุ่มการทดลองอาหาร 1 จาก 4 สูตร ให้กับแต่ละคอกภายในบล็อก อาหารทดลองทั้ง 4 สูตร ถูกประกอบโดยกำหนดให้มีความแตกต่างของระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง และให้สุกรได้รับเป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ กลุ่มการทดลองมีดังนี้ 1) 0% SH; 2) 3% SH; 3) 6% SH; and 4) 9% SH อาหารทุกสูตรจะมีพลังงานและโปรตีนเท่ากันและมีโภชนะตามความต้องการของสุกรที่แนะนำโดย NRC (1998) ทำการวิเคราะห์โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ และไขมันในอาหาร (AOAC, 1998) ทำการสุ่มกล้ามเนื้อส่วน semimembranosus และ longissimus ด้านซ้ายของซากจากสุกร 3 ตัว/คอก เมื่อทำการฆ่าชำแหละ (NPPC, 1999) เพื่อการวัดมาตรฐานซาก ในขณะที่กล้ามเนื้อทั้งสองจากซากด้านขวาจะถูกแช่แข็งในไนโตรเจนเหลว และเก็บที่อุณหภูมิ -80°C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์คุณภาพซากและองค์ประกอบทางเคมี ผลการทดลองพบว่า ADFI และ ADG เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยมีความสัมพันธ์แบบ linear and และ quadratic เมื่อระดับการทดแทนของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ gain: feed และน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองไม่มีผลกระทบจากระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง การเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองไม่มีผลต่อความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 10 และ last lumbar, LEA และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ในขณะที่ความหนาไขมันสันหลังที่ตำแหน่งซี่โครงซี่ที่ 1 เพิ่มขึ้นแต่ที่ตำแหน่งซี่โครงซี่สุดท้ายลดลง ความแน่นของเนื้อจากกล้ามเนื้อทั้งสองลดลงเป็นเส้นตรง แต่ไขมันแทรกเพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรงเมื่อสุกรได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง อาหารที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบไม่มีผลต่อความชื้นและโปรตีนในกล้ามเนื้อส่วน semimembranosus และ longissimus อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบไขมันในกล้ามเนื้อทั้งสองเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบด การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองชี้ให้เห็นชัดเจนว่าคุณภาพซากของสุกรในการศึกษาครั้งนี้ดีขึ้น ควรคำนึงว่าเยื่อใยในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทำให้คุณภาพซากของสุกรดีขึ้นโดยไม่มีผลเสียต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกรขุน

Abstract

The present research consisted of 3 experiments including the 1st experiment studied chemical composition and energy values of soybean hulls; the 2nd experiment studied the effects of feeding soybean hulls as a replacement for ground corn in concentrate on performance of lactating dairy cows and the 3rd experiment determined the effects of replacing ground corn with soybean hulls on performance and carcass quality in meat of finishing pigs.

The 1st experiment aimed to determine chemical composition and to evaluate energy values and degradability of soybean hulls. Samples of soybean hulls and other feed ingredients were randomly collected from various commercial companies. They were then ground and subjected to proximate (AOAC, 1990) and detergent (Goering and VanSoest, 1970) analyses. Representative samples were subjected to degradability study using nylon bag technique (∅rskov and McDonald, 1980). The results revealed that soy bean hulls contained 10.25% CP, 1.29% Fat, 4.64% Ash, 64.86% NDF, 46.41% ADF, 62.23% TDN_{1X}, 2.25 Mcal ME_P, 1.39 Mcal NE_{LP} ,45.5% dgDM and 56.1% dgCP. Thus soy bean hulls have potential to be used as animal feedstuffs.

The aim of 2nd experiment was to determine the effects of feeding soybean hulls as a replacement for ground corn in concentrate on performance of lactating dairy cows. Twenty four Holstein Friesian crossbred lactating dairy cows, averaging 16.3 $\pm$ 1.4 kg/d of milk, 84 $\pm$ 15 days in milk, 42 $\pm$ 5 mo old and 415 $\pm$ 20 kg body weight were stratified randomly assigned into three treatments of 8 cows each. The treatments were control (0% soybean hull; SH), 10% SH and 20% SH as a replacement for ground corn in the concentrates. Performance parameters showed that DM intake, CP intake, NE_{LP} intake, milk yield, milk composition and body weight change were similar in all treatments. However, milk fat and milk protein contents tended to linearly increase with increasing soybean hull in the concentrates while total solid content was significantly linearly increased by addition of soybean hull. Concentrations of ruminal ammonia nitrogen, volatile fatty acids and pH were unaffected by the treatments. Milk fatty acid contents were also similar in all treatments except for C18:2 and C18:3 that were significantly linearly increased by addition of soybean hull. The present study suggested that soybean hull can effectively replace high cost ground corn in the concentrates. Level of soybean hull addition in the concentrate should not excess 10% and soybean hull can replace ground corn up to 100% in the concentrate.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

The objective of the third experiment was to determine the effects of replacing ground corn with soybean hulls on performance and carcass quality in meat of finishing pigs. Ninety six crossbred finishing pigs [Duroc x (Landrace x Large White) (48 gilts and 48 barrows)] averaging 60 kg live weight were used. They were then blocked by weight and sex (6 pigs/pen; 0.75 or 0.85 m^2/pig). One of the four dietary treatments was randomly assigned to each pen within a block. Four finishing dietary treatments were formulated utilizing differing levels of soybean hulls (SH) and fed for eight weeks. Treatments were as follows: 1) 0% SH; 2) 3% SH; 3) 6% SH; and 4) 9% SH. All experimental diets were isonitrogenous and isocarolic and formulated to meet the NRC (1998) requirements. Experimental diets were fed to finishing pigs for 56 d. Chemical analyses of the diets were made for crude protein, crude fiber and ether extract (AOAC, 1998). Both semimembranosus and longissimus muscles from 3 pigs per pen were collected at exsanguinations from the left side of the carcass (NPPC, 1999) for standard carcass measurements, whereas those from the right side of the carcass were collected, frozen in liquid nitrogen, and stored at -80°C until assayed for carcass quality and chemical composition. The results showed that ADFI and ADG were linearly and quadratically significantly increased with increasing soybean hull substitution while gain: feed and final weight were unaffected by diets containing soyhulls. Soybean hull supplementation did not affect backfat thickness at 10^{th} rib and last lumbar positions, loin eye area (longissimus muscle area) and lean meat percentage, while backfat thickness at 1^{st} rib and last rib were linearly and quadratically significantly increased and decreased, respectively. Subjective measures of both semimembranosus and longissimus muscle quality (firmness, marbling, and color) revealed that firmness and marbling were linearly reduced and increased by diets containing soyhulls, respectively. Diets containing soy hulls did not affect moisture and protein contents of both semimembranosus and longissimus muscles, however, fat contents of these two muscles were increased by substitution of soy hulls for ground corn. Soyhulls clearly improved carcass quality of the animals in this study. It is worth to note that fiber in soyhull has improved carcass quality without any adverse effect on growth rate and feed conversion ratio of the animals.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาในการทำวิจัย

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความต้องการอาหารเพื่อใช้เป็นแหล่งโภชนะซึ่งอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นอาจได้จากอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ พืชอาหารสัตว์ รวมทั้งผลพลอยได้ทางการเกษตรและผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่นำมาผลิตอาหารสัตว์ทั้งที่เป็นแหล่งของพลังงาน เช่น ปลายข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง เป็นต้น และแหล่งโปรตีน เช่น กากถั่วเหลือง กากฝ้าย กากงา กากนุ่น เป็นต้น มักจะประสบปัญหาขาดแคลนและวัตถุดิบมีราคาสูงในบางฤดูกาล ดังนั้นจึงส่งผลต่อต้นทุนค่าอาหารตามไปด้วย การหาวัตถุดิบชนิดอื่นๆ ที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนจะสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารของเกษตรกรลงได้ ส่งผลให้มีการเพิ่มผลกำไรมากยิ่งขึ้น ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตร จึงเป็นวัตถุดิบที่นำมาใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีราคาสูง

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (soybean hulls) เป็นผลิตผลจากอุตสาหกรรมแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการผลิตต่างๆ แล้วจะมีส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดเหลือประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักเมล็ดถั่วเหลือง เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของเซลลูโลสเป็นส่วนประกอบหลัก 47% ของวัตถุแห้ง และเฮมิเซลลูโลสประมาณ 20เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง มีค่าโปรตีนหยาบระหว่าง 9 – 16.5% เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองจึงเป็นวัตถุดิบที่ให้พลังงานสูงโดยมีค่าการย่อยได้ของโภชนะทั้งหมด (TDN) 77% พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนัก 1.22 Mcal/Kg เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่มีการหมักย่อยอย่างรวดเร็วในกระเพาะรูเมน มีคุณค่าเป็นแหล่งพลังงานเทียบเท่าข้าวโพด (AAFCO, 1996) สำหรับโคที่ได้รับหญ้าคุณภาพดีที่มีโปรตีนรวมที่แตกตัวได้ดีในกระเพาะหมักสูง การเสริมอาหารพลังงานที่หมักย่อยได้พลังงานอย่างรวดเร็วในกระเพาะหมักนี้ทำให้การเปลี่ยนโปรตีนจากหญ้าคุณภาพดีเป็นจุลินทรีย์โปรตีนมีประสิทธิภาพสูงขึ้น (เมธี และคณะ, 2550) แต่ในปัจจุบันการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง เป็นอาหารโคนมในประเทศไทยนั้นยังมีน้อยมาก ดั้งนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นไปเพื่อแสดงให้เห็นถึง การใช้ประโยชน์จากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบแหล่งในอาหารข้น และต้นทุนในการผลิตอาหารโคนมร่วมกับการศึกษาถึงผลกระทบต่อสุขภาพของโคนมที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งอาหารข้นสำหรับเลี้ยงโคนม

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ต้นทุนในการเลี้ยงโคนมมากกว่า 70% เป็นต้นทุนทางด้านการจัดการด้านอาหาร ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการพัฒนาด้านอาหารเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สูงสุดและต้นทุนให้ต่ำที่สุด แนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนในการผลิต คือ การนำวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่มีราคาถูกมาเป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ ปัจจุบันได้มีการนำเอาผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการเกษตรเข้ามาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ เช่น กากมันสำปะหลัง กากเมล็ดทานตะวัน และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง เป็นต้น

2.1 เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (Soybean hulls)

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเมล็ดถั่วเหลือง ซึ่งได้มีการแยกเอาส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองออกจากเมล็ดถั่วเหลือง ในแต่ละปีจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่เหลือจากการผลิตเป็นจำนวนมาก และในการผลิตถั่วเหลือง 100 กิโลกรัม จะเหลือเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 8 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 8% ของปริมาณการผลิต (สุกัญญา, 2546)

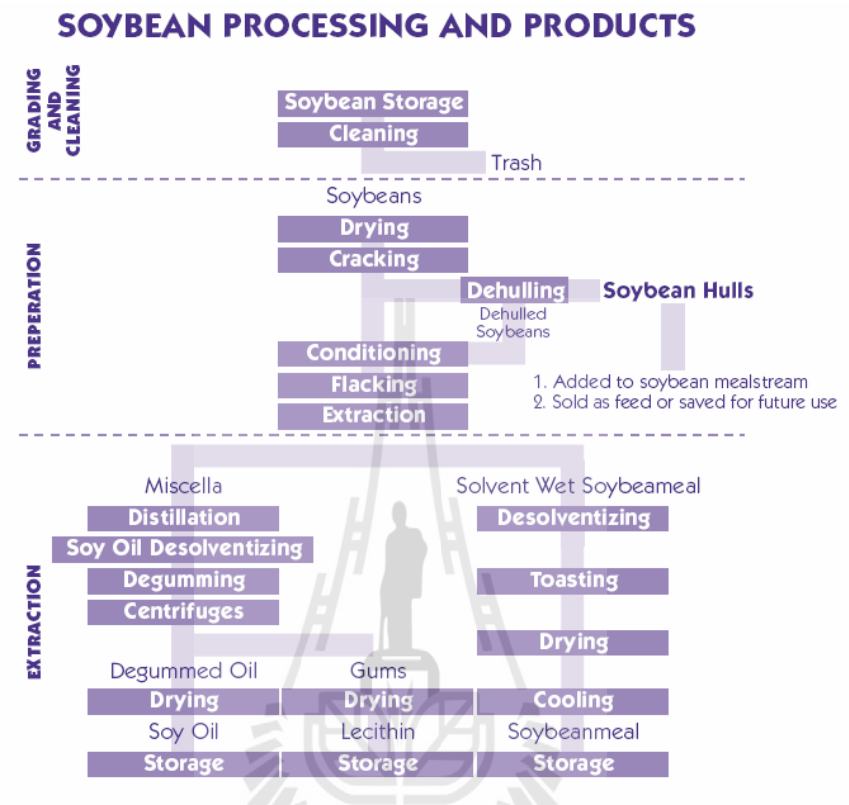
ซึ่งกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเมล็ดถั่วเหลืองในต่างประเทศ ได้มีการแยกเอาเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองออกจากกากถั่วเหลือง เพื่อให้โปรตีนในกากถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นจาก 49.9% เป็น 56.7 % (Gohl, 1981 อ้างโดย สุกัญญา, 2546) ส่งผลให้ราคาของกากถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน เนื่องจากมีโปรตีนสูงขึ้น อีกทั้งสัตว์กระเพาะเดี่ยวสามารถใช้ประโยชน์จากกากถั่วเหลืองได้ดียิ่งขึ้น เนื่องจากสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถย่อยองค์ประกอบของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่มีส่วนของเยื่อใยสูง (สุกัญญา, 2546)

ซึ่งเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้นั้น มาจาก 2 ทาง คือ

1. อุตสาหกรรมการทำอาหาร เช่น น้ำนมถั่วเหลือง เต้าหู้ เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว เทมเป้ (Tempeh) เมล็ดถั่วเหลืองป่น (Kinako) และอื่น ๆ เป็นต้น

2. โรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ซึ่งจากรายงานการทดลองของ สุกัญญา (2546) รายงานว่าในการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง 100 กิโลกรัม จะเหลือเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองประมาณ 8 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 8% ของปริมาณการผลิต ในปัจจุบันประเทศไทยมีโรงงานสกัดน้ำมันถั่วเหลืองจำนวน 11 ราย มีกำลังการผลิตเมล็ดถั่วเหลืองรวมปีละ 2.972 ล้านตัน (สกัดน้ำมันถั่วเหลือง 2.373 ล้านตันและผลิตถั่วเหลืองนึ่ง

0.599 ล้านตัน) ดังนั้นจะมีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองจากกระบวนการผลิตปริมาณ 237,760,000 กิโลกรัม/ปี ซึ่งถือว่ามีปริมาณมากพอที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารโคนมได้



ภาพที่ 2.1 กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง และผลิตภัณฑ์

ที่มา: Dale et al. (2000)

2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (Chemical composition Soybean hulls)

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากเมล็ดถั่วเหลือง องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองโดยส่วนใหญ่ พบว่ามีโภชนะโดยประมาณ คือ วัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ เยื่อใยหยาบ ไขมัน NDF ADF และเถ้า มีค่าเท่ากับ 90.58, 12.06, 3.77, 62.49, 46.02, 5.05 และ 74.05% ตามลำดับ (Arosemena et al., 1995; DePeters et al., 1997; Zervas et al., 1998; DeFrain et al., 2002) ดังตารางที่ 2.1 และตารางเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีระหว่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและข้าวโพด ตามตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

Composition	Source			
	Arosemena et al. (1995)	DePeters et al. (1997)	Zervas et al. (1998)	**DeFrain** et al. (2002)
Dry matter (DM)	89.83	NA	90.90	91.0
Crude protein (CP)	14.60	10.62	12.20	13.5
Ether extract (EE)	5.75	3.79	3.90	2.9
Neutral detergent fiber (NDF)	56.51	57.13	66.10	58.7
Acid detergent fiber (ADF)	43.39	49.11	47.30	43.30
Ash	5.52	5.05	4.50	5.4
TDN	NA	71.10	NA	NA

หมายเหตุ : NA = not available (ไม่มีข้อมูล)

ตารางที่ 2.2 เปรียบเทียบโภชนะระหว่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและข้าวโพด

Composition	**Soybean hulls**	**Corn**
Dry matter (DM)	91	88
Crude protein (CP)	12.1	10
Crude fiber (CF)	2.1	4.3
Ether extract (EE)	40.1	2.6
Neutral detergent fiber (NDF)	6.7	9
Acid detergent fiber (ADF)	50	9
Ash	5.1	1.6
TDN	77	85

ที่มา: NRC (1984)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.3 การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารโคนม

เปลือกหุ้มถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้ที่ได้จากการผลิตน้ำมันถั่วเหลืองและกากถั่วเหลือง ซึ่งมีส่วนของเยื่อใยสูงและเป็นแหล่งที่มีค่าของพลังงานการย่อยได้สูง

2.3.1 การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดในอาหารโคนมต่อการกินได้

Elliott et al. (1995) ได้ทำการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ 2 ระดับ คือ 0 และ 18 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร ในโครีดนมพันธุ์เจอร์ซี่ ที่ได้รับ alfalfa hay และ corn silage เป็นแหล่งอาหารหยาบ จำนวน 16 ตัว พบว่าปริมาณการกินได้รวมมีค่าเท่ากับ 19.8 และ 19.3 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ipharraguerre et al. (2002a) ที่ได้ศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ 0, 10, 20, 30 และ 40% ในสูตรอาหารโครีดนมพันธุ์โฮลส์ไตน์ฟรีเชียน พบว่าปริมาณการกินได้รวมมีค่าเท่ากับ 23.8, 24.8, 24.4, 22.9 และ 22.7 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในกลุ่มที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 5 ระดับ มีปริมาณการกินได้ทั้งหมดไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณการกินได้ของโคมีแนวโน้มลดลง ตามระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร

จากศึกษาของ Pantoja et al. (1994) ได้รายงานการศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในโคเจาะกระเพาะที่ระดับ 0 และ 20% ในสูตรอาหาร พบว่าปริมาณการกินได้รวมมีค่าเท่ากับ 19.3 และ 17.8 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับรายงานของ Mansfield and Stern (1994) ที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในโคเจาะกระเพาะ ที่ 0 และ 30% พบว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารไม่มีผลกระทบต่อการกินได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.3

2.3.2 การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดต่อผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

Elliott et al. (1995) ได้ทำการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ 2 ระดับ คือ 0 และ 18% ในสูตรอาหาร ในโครีดนมพันธุ์เจอร์ซี่ ที่ได้รับ alfalfa hay และ corn silage เป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม ของโคที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 2 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Ipharraguerre et al. (2002a) เกี่ยวกับการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ 0, 10, 20, 30 และ 40% ในสูตรอาหาร โดยให้ alfalfa silage และ corn silage เป็นแหล่งอาหารหยาบ พบว่าปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมัน และเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม ของโคที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม มีแนวโน้มสูงขึ้น

จากศึกษาของ Pantoja et al. (1994) ได้รายงานการศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในโคเจาะกระเพาะที่ระดับ 0 และ 20% ต่อปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม และเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม พบว่าปริมาณน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม และเปอร์เซ็นต์

โปรตีนในน้ำนม ของโคที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 2 ระดับไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของ Mansfield and Stern (1994) ดังแสดงในตารางที่ 2.3

2.3.3 การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดต่อการหมักย่อยในกระเพาะหมัก

2.3.3.1 ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

Elliott et al. (1995) ได้ทำการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ 2 ระดับ คือ 0 และ 18% ในสูตรอาหาร ต่อกระบวนการหมักโดยพบว่า pH มีค่าเท่ากับ 6.08 และ 6.01 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารทั้ง 2 ระดับ สอดคล้องกับรายงานของ Pantoja et al. (1994) และ Mansfield and Stern (1994) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

และจากการศึกษาของ Ipharraguerre et al. (2002b) ที่ได้ศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ 0, 10, 20, 30 และ 40% ในสูตรอาหาร ในโครีดนมพันธุ์โฮลส์ไตน์ฟรีเชียน พบว่า pH มีค่าเท่ากับ 6.11, 6.00, 6.09, 5.96 และ 6.09 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าในกลุ่มที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 5 ระดับ pH ในกระเพาะหมักไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ค่า pH ในกระเพาะหมักมีแนวโน้มลดลง ตามระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 2.4

2.3.3.2 แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N)

แอมโมเนียถือได้ว่าเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ในการนำไปใช้เพื่อสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน จากการศึกษาของ Elliott et al. (1995) ได้ทำการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด ต่อความเข้มข้นของ NH_3-N ในกระเพาะหมักพบว่าค่าความเข้มข้นของ NH_3-N ในกระเพาะหมัก ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารทั้ง 2 ระดับ คือ 0 และ 18% สอดคล้องกับรายงานของ Ipharraguerre et al. (2002b) แต่พบว่าเมื่อระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ระดับความเข้มข้นของ NH_3-N ในกระเพาะหมักสูงขึ้น แต่การศึกษาของ Mansfield and Stern (1994) พบว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารมีผลต่อค่าความเข้มข้นของ NH_3-N ในกระเพาะหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) วัดค่าได้ 20.3 และ 17.2 mg/dl ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2.4

2.3.3.3 กรดไขมันระเหยได้

ผลของการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดในอาหารโคนม ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะหมัก แสดงไว้ในตารางที่ 2.4 จากรายงาน Pantoja et al. (1994) ได้ทำการศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด ต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ พบว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้รวม กรดอะซิติก กรดโพรพิออนิก กรดบิวทีริก และอัตราส่วนกรดอะซิกติกต่อกรดโพรพิออนิก แต่พบว่ากรดอะซิติก และอัตราส่วนของกรดอะซิกติกต่อกรดโพรพิออนิก มีแนวโน้มสูงขึ้น และค่าความเข้มข้นของกรดโพรพิออนิก และกรดบิวทีริก มีแนวโน้มลดลงตามระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร เช่นเดียวกับรายงานของ Ipharraguerre et al. (2002b) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

Mansfield and Stern (1994) รายงานว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองไม่ส่งผลต่อกรดโพรพิออนิก แต่ส่งผลทำให้ปริมาณกรดไขมันระเหยได้รวม กรดอะซิติก และอัตราส่วนกรดอะซิกติกต่อกรดโพรพิออนิก เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และส่งผลทำให้ให้กรดบิวทีริกในกระเพาะหมักลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Elliott et al. (1995) ดังแสดงในตารางที่ 2.4

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.3 การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดในอาหารโคนม ต่อการกินได้ ผลผลิตน้ำนม และองค์ประกอบน้ำนม

		DMI	Milk	3.5%FCM	Fat	Protein
			(Kg/d)		(%)	
Pantoja et al. (1994)	Ct: 16% AS, 24% CS, 34% GC	19.3	29.5	23.6	2.65	2.97
	T: 16% AS, 24% CS, 16% GC, 20% SH	17.8	27.3	24.1	3.21	2.82
Mansfield and Stern	Ct: 14% AH, 6% GH, 32% CS, 28% GC	20.2	28.7	27.9	3.33	2.96
(1994)	T: 14% AH, 6% GH, 32% CS, 30% SH	20.7	27.7	26.9	3.33	2.90
Elliott et al. (1995)	Ct: 22% AS, 22% CS, 36% GC	19.8	23.8	25.9	4.61	3.93
	T: 22% AS, 22% CS, 18% GC, 18% SH	19.3	22.8	25.4	4.83	3.90
Ipharraguerre et al.	Ct: 23% AS, 23% CS, 40% GC	23.8	29.5	29.0	3.60	3.36
(2002a)	T1: 23% AS, 23% CS, 30% GC, 10% SH	24.8[I]	29.3	29.0	3.61[L]	3.28
	T2: 23% AS, 23% CS, 21% GC, 20% SH	24.4[I]	29.9	30.1	3.67[L]	3.33
	T3: 23% AS, 23% CS, 11% GC, 30% SH	22.9[I]	29.3	30.6	3.93[L]	3.30
	T4: 23% AS, 23% CS, 1% GC, 40% SH	22.7[I]	28.3	29.7	3.91[L]	3.31

หมายเหตุ : AH = alfalfa hay, AS = alfalfa silage, CS = corn silage, Ct = Control, GC = ground corn, GH = grass hay, HMC= high-moisture corn, SH = soy hulls, T = treatment.

[L] Significant linear effect ($P<0.05$), [I] Significant linear effect ($P< 0.01$)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดในอาหารโคนม ต่อนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

		pH	NH_3N	$TVFA_s$	C_2	C_3	C_4	Ac:Pr
			(mg/dl)	(mM/L)		(mol/100 mol)		
Pantoja et al. (1994)	Ct: 16% AS, 24% CS, 34% GC	6.05	NR	103	57.0 ^{L}	24.6 ^{L}	13.6	2.34 ^{L}
	T: 16% AS, 24% CS, 16% GC, 20% SH	5.96	NR	106	61.4 ^{L}	21.9 ^{L}	12.8	2.82 ^{L}
Mansfield and Stern	Ct: 14% AH, 6% GH, 32% CS, 28% GC	6.47	20.3 ^{a}	93 ^{a}	61.6 ^{a}	21.6	12.6 ^{a}	2.86 ^{a}
(1994)	T: 14% AH, 6% GH, 32% CS, 30% SH	6.36	17.2 ^{b}	100 ^{b}	64.9 ^{b}	20.9	11.0 ^{b}	3.11 ^{b}
Elliott et al. (1995)	Ct: 22% AS, 22% CS, 36% GC	6.08	14.5	97 ^{a}	61.6 ^{A}	23.1 ^{a}	11.7 ^{a}	2.74 ^{a}
	T: 22% AS, 22% CS, 18% GC, 18% SH	6.01	15.0	102 ^{b}	64.9 ^{B}	21.6 ^{b}	11.4 ^{b}	3.02 ^{b}
Ipharraguerre et al.	Ct: 23% AS, 23% CS, 40% GC	6.11	12.6	123	63.7	20.4	11.3	3.2 ^{L}
(2002b)	T1: 23% AS, 23% CS, 30% GC, 10% SH	6.00	15.8 ^{L}	125 ^{L}	65 ^{L}	19.6 ^{I}	11.1 ^{L}	3.38 ^{L}
	T2: 23% AS, 23% CS, 21% GC, 20% SH	6.09	15.7 ^{L}	127 ^{L}	64.5 ^{L}	20.2 ^{I}	10.6 ^{L}	3.32 ^{L}
	T3: 23% AS, 23% CS, 11% GC, 30% SH	5.96	16.3 ^{L}	131 ^{L}	65.5 ^{L}	19.6 ^{I}	10.6 ^{L}	3.44 ^{L}
	T4: 23% AS, 23% CS, 1% GC, 40% SH	6.09	17.8 ^{L}	131 ^{L}	66.2 ^{L}	19.3 ^{I}	10.3 ^{L}	3.48 ^{L}

หมายเหตุ : AH = alfalfa hay, AS = alfalfa silage, , CS = corn silage, Ct = Control, GC = ground corn, GH = grass hay, HMC= high-moisture corn, SH = soybean hulls, T = treatment, NH_3N = Ammonia nitrogen, C_2 =Acetate, C_3= Propionate, C_4 = Butyrate, Ac : Pr =Acetate-to-propionate ratio, NR = not $^{a, b}$ ($P < 0.05$) , $^{A, B}$ ($P < 0.01$), ^{L} Significant linear effect ($P < 0.05$), ^{I} Significant linear effect ($P < 0.01$)

2.4 การประเมินคุณค่าทางพลังงานตาม NRC (2001)

ถึงแม้ระบบการประเมินคุณค่าทางโภชนะโดยใช้ค่า NE จะเป็นระบบที่ดี แต่ทำการวัดโดยตรงได้ยากต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมากตลอดจนต้องใช้เครื่องมือที่ยุ่งยากซับซ้อน ประเทศต่าง ๆ จึงคิดค้นสมการมาใช้ในการคำนวณโดยใช้การประเมินค่าทางพลังงานจากองค์ประกอบทางเคมี เช่น ในประเทศเยอรมันคำนวณค่า NE_L จาก GE และ ME ประเทศสหรัฐอเมริกาคำนวณจาก TDN อย่างไรก็ตามการจะได้มาซึ่งค่าต่าง ๆ ในการทำนายคุณค่าทางพลังงานก็มีหลากหลายบางสมการใช้ได้เฉพาะอาหารบางชนิด เช่น อาหารข้น บางสมการใช้ได้เฉพาะกับอาหารหยาบจนกระทั่ง Weiss et al. (1992) ทำการปรับปรุงสมการที่สามารถนำมาใช้ทำนายค่าทางพลังงานกับอาหารหลายชนิดรวมทั้ง By-products และ Heat-damaged forages โดยหลักการของสมการนี้ยึดหลักที่ว่าโภชนะชนิดใดที่ให้พลังงานได้ต้องนำมาคำนวณด้วย ซึ่งโภชนะดังกล่าวประกอบด้วย โปรตีนหยาบ ไขมัน NFC และ NDF การคำนวณต้องอาศัย True digestibility (td) ของโภชนะนั้น ๆ จากนั้นจะได้ค่า TDN ซึ่งสามารถนำไปคำนวณหาค่า NE_{LL} ได้โดยอาศัยสมการต่าง ๆ ดังจะได้กล่าวต่อไป

การประเมินคุณค่าทางพลังงานในอาหารสัตว์ตามระบบ NRC (2001) คือ ส่วนประกอบของโภชนะใดๆ ในอาหารที่ให้พลังงานต้องนำมาคำนวณทั้งหมดโดยคำนวณออกมาในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN) ดังสมการ

$$TDN_{1X}\ (\%) = tdNFC + tdCP + (tdFA \times 2.25) + tdNDF - 7$$

เมื่อ td = Truly digestible

2.4.1 พลังงานจาก NFC

โดยปกติ NFC เป็น Uniform feed fraction ที่มีค่า td ประมาณ 0.98 ถ้าสัตว์ได้รับอาหารที่ระดับ Maintenance NFC คำนวณได้โดยการหักลบค่าเถ้า, โปรตีนหยาบ, NDF_N และ ไขมัน จาก 100 ที่ต้องใช้ ค่า NDF_N แทนค่า NDF ก็เพื่อไม่ให้โปรตีนหยาบ ถูกหักออกซ้ำกันถึง 2 ครั้งมิฉะนั้นจะทำให้ค่า NFC ต่ำไป การคำนวณพลังงานจาก NFC คำนวณได้ดังสมการ

$$tdNFC = 0.98\ (100-[(NDF - NDICP) + CP + EE + Ash]) \times PAF \text{ หรือ}$$

$$tdNFC = 0.98\ (100-[(NDFN + CP + EE + Ash]) \times PAF$$

$$NDF_N = NDF - NDICP$$

$$NDICP = NDIN \times 6.25$$

เมื่อ NFC = Non fiber carbohydrate

NDF = Neutral detergent fiber

NDIN = Neutral detergent insoluble nitrogen

PAF = Processing adjustment factor (ตาราง 2.5)

ตารางที่ 2.5 กระบวนการปรับปัจจัย (Processing adjustment factors, PAF) สำหรับ NFC (NRC, 2001)

Feedstuff	PAF
Bakery waste	1.04
Barley grain, rolled	1.04
Bread	1.04
Cereal meal	1.04
Chocolate meal	1.04
Cookie meal	1.04
Corn grain, cracked dry	0.95
Corn grain, ground	1.00
Corn grain, ground high moisture	1.04
Corn and cob meal, ground high moisture	1.04
Corn grain, steam flaked	1.04
Corn silage, normal	0.94
Corn silage, mature	0.87
Molasses	1.04
Oats grain	1.04
Sorghum grain, dry rolled	0.92
Sorghum grain, steam flaked	1.04
Wheat grain, rolled	1.04
All other feeds	1.00

For feeds not shown PAF = 1.0

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

2.4.2. พลังงานจากโปรตีน

โปรตีนเป็น Uniform feed fraction เพราะค่า True digestibility (td) ของ Crude protein (CP) เป็นค่าที่ค่อนข้างคงที่ในพืชมีค่าผันแปรระหว่าง 0.9-1.0 เฉลี่ย 0.93 สำหรับอาหารข้นที่ไม่ได้ผ่านความร้อน (Unheated concentrate) ค่า tdCP จะมีค่าประมาณ 1.0 (Fonnesbeck et al., 1984) อาหารที่ถูกความร้อนค่า tdCP จะมีค่าลดลง เนื่องจากการย่อยได้ของ CP และอัตราการถูกทำลายด้วยความร้อน (Heat damage) มีความสัมพันธ์กับ Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) ดังนั้นจึงคำนวณค่า tdCP ได้จากค่า ADIN แต่เนื่องจากความสัมพันธ์นี้ในอาหารข้นและอาหารหยาบมีไม่เท่ากันจึงต้องอาศัยสมการคำนวณที่แตกต่างกันดังนี้

Truly digestible CP for forages (tdCPf)

$$TdCPf = CP \times \exp^{[-1.2 \times (ADICP/CP)]}$$

Truly digestible CP for concentrates (tdCPc)

$$TdCPc = [1 - (0.4 \times (ADICP/CP))] \times CP$$

เมื่อ ADICP = Acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) x 6.25

2.4.3 พลังงานจากไขมัน

ค่า Ether extract (EE) ในอาหารประกอบด้วยกรดไขมัน (รวมทั้ง Triglycerides) Waxes, Pigments และอื่นๆ อีกเล็กน้อย Palmquist (1991) แนะนำว่าในการหาปริมาณไขมันควรวิเคราะห์ Fatty acids (FA) มากกว่าการวิเคราะห์ Ether extract (EE) ทั้งนี้เนื่องจาก FA เป็นค่าที่ Uniform ในขณะที่ EE ไม่ uniform แต่เครื่องมือในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เป็นเครื่องมือวิเคราะห์หา EE ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จึงยังคงนิยมวิเคราะห์ค่า EE อยู่ อย่างไรก็ตามการคำนวณหาค่า FA สามารถทำได้โดยการคำนวณจากค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช้ FA สามารถทำได้โดยการคำนวณจากค่า EE ทั้งนี้เพราะไขมันที่ไม่ใช่ FA มีประมาณ1.0 % ของ DM ในอาหารเท่านั้น

$$FA = EE - 1.0 \quad \text{(Allen, 2000)}$$

$$TdFA = FA$$ แต่ถ้าในกรณีที่ EE < 1, FA จะมีค่าเท่ากับ 0

2.4.4 พลังงานจาก NDF

NDF เป็นค่าที่ไม่ Uniform แต่ NDF ส่วนที่อาจย่อยได้ (Potential digestible NDF หรือ pdNDF) เป็นค่าที่ uniform โดยมีการย่อยได้เท่ากับ 1.0 นอกจากนี้ Conrad et al. (1984) ได้สร้างสมการประเมินค่า pdNDF โดยอาศย Lignified surface area ทั้งนี้เพราะ Lignin ย่อยไม่ได้จึงควรนำมาหักลบออกจาก NDF เพื่อให้ได้ค่า Lignin-free NDF นอกจากนี้ Lignin ยังไปขัดขวางการย่อยได้ของ Cellulose และ Hemicellulose จึงควรคำนวณหาค่าสัดส่วนของพื้นที่ผิว NDF ที่ถูกปกคลุมด้วย Lignin เพื่อนำมาหักลบออก ดังนี้ค่า pdNDF คำนวณได้จากสมการ

$$pdNDF = (NDF - Lignin)\,[1 - (Lignin/NDF)0.667]$$

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % ของ DM และ Lignin วิเคราะห์โดยวิธี ADF – Sulphuric สมการข้างต้นนี้ใช้ได้กับพืชแทบทุกชนิด แต่ใน By-product หลายชนิด อาจมีส่วนของ CP ปนมาในค่า NDF มาก ทำให้มีค่า NDF สูงเกินไปดังนั้นจึงควรวิเคราะห์ Neutral detergent insoluble nitrogen (NDIN) ด้วยเพื่อคำนวณหาค่า NDF ที่ปราศจาก N แล้ว (NDF_N) ดังนี้

$$NDF_N = NDF - NDICP$$

ค่าทุกตัวมีหน่วยเป็น % และ NDICP = NDIN x 6.25

พลังงานจาก NDF คำนวณโดยคูณค่า pdNDF ด้วยสัมประสิทธิ์การย่อยได้ ประมาณว่าการย่อยได้ของ pdNDF ในสัตว์ที่ได้รับอาหารในระดับ Maintenance มีค่าเท่ากับ 0.75

ฉะนั้น Truly digestible NDF (tdNDF) จะมีค่าดังสมการ

$$tdNDF = 0.75\,(NDF_N - Lignin)\,[1 - (Lignin/\,NDF_N)0.667]$$

อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่อาหารสัตว์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มากจากสัตว์ เช่น โปรตีนจากสัตว์ ซึ่งจะไม่มีส่วนของ Structural carbohydrates แต่จะมีส่วนของ Neutral detergent insoluble residue แต่ไม่ใช่เป็นส่วนของ Cellulose, Hemicelluloses หรือ Lignin ดังนั้นสมการข้างตนจะใช้ไม่ได้ในกรณีนี้ต้องใช้สมการดังนี้

TDN_{1X} = (CPdigest x CP) + (FA x 2.25) + 0.98(100 –CP – Ash – EE) –7

เมื่อ CP digest = estimated true digestibility of CP (ตารางที่2.6)

ตารางที่ 2.6 ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนหยาบเพื่อใช้ในการประมาณค่า TDN_{1X} สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ (NRC, 2001)

Feedstuff	True digestibility
Blood meal, batch dried	0.75
Blood meal, ring dried	0.86
Hydrolyzed feather meal	0.78
Hydrolyzed feather meal with viscera	0.81
Fish meal (Menhaden)	0.94
Fish meal (Anchovy)	0.95
Meat and bone meal	0.80
Meat meal	0.92
Whey	1.00

เช่นเดียวกันกับกรณีของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสัตว์ ถ้าเป็นอาหารสัตว์จำพวกไขมันจะคำนวณค่า TDN_{1X} จากการวัดค่า Fatty acid digestibility ดังแสดงไว้ในตารางที่ (2.7)

ตารางที่ 2.7 ประสิทธิภาพการย่อยได้เพื่อการดำรงชีพ (Assumed 8% increase in digestibility compared with 3X maintenance) สำหรับอาหารสัตว์จำพวกไขมัน (NRC, 2001)

Fat	Fat type	True digestibility
Calcium salts of fatty acids	Fatty acids	0.86
Hydrolyzed tallow fatty acids	Fatty acids	0.79
Partially hydrogenated tallow	Fat plus glycerol	0.43
Tallow	Fat plus glycerol	0.68
Vegetable oil	Fat plus glycerol	0.86

สำหรับแหล่งไขมันที่มีองค์ประกอบของGlycerol:

$$TDN_{1X}(\%) = (EE \times 0.1) + [FA\ digest \times (EE \times 0.9) \times 2.25]$$

สำหรับแหล่งไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ Glycerol:

$$TDN_{1X}(\%) = (EE \times FA\ digest) \times 2.25$$

2.4.5 การประมาณค่า DE

1. การประมาณค่า DE ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Maintenance

Crampton et al. (1957) และSwift (1957) คำนวณค่า GE value of TDN เท่ากับ 4.409 Mcal/kg อย่างไรก็ตามโภชนะแต่ละชนิดในอาหารมีค่า Heat of combustion ที่แตกต่างกัน เช่น 4.2 Mcal/kg for carbohydrate, 5.6 Mcal/kg for CP, 9.4 Mcal/kg for fatty acid และ4.3 Mcal/kg for glycerol (Manynard et al., 1979)

จากการที่ GE value of TDN ในอาหารแต่ละชนิดมีค่าไม่เท่ากัน อาหารที่มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ใน TDN จะมีค่า GE value of TDN มากกว่า 4.409 Mcal/kg ในทางกลับกันอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ใน TDN จะมีค่า GE value of TDN น้อยกว่า 4.409 Mcal/kg ดังนั้นการคำนวณค่า DE จาก 0.4409 x TDN (%) ตามที่แนะนำไว้ใน NRC (1988) นั้น ปัจจุบันได้ยกเลิกแล้ว NRC (2001) ได้พัฒนาการคำนวณคา DE โดยคำนวณจาก Estimated digestible nutrient concentration คูณด้วย Heat of combustion ของโภชนะนั้นๆและเนื่องจาก DE คำนวณจาก Apparent digestibility แต่สมการคำนวณ TDN จากโภชนะต่างๆ ใช้ค่า True digestibility ดังนั้นต้องใช้ค่า Metabolic fecal energy มาทำการปรับเมื่อต้องการคำนวณค่า DE จาก TDN โดยทั่วไปค่า Heat of combustion ของ Metabolic fecal TDN จะประมาณเท่ากับ 4.4 Mcal/kg ดังนั้น Metabolic fecal DE = 7 x 0.044 = 0.3 Mcal/kg

ดังนั้นสามารถคำนวณ DE_{1X} ได้จากสมการดังต่อไปนี้

สำหรับอาหารสัตว์ทั่ว ๆ ไป

$$DE_{1X}\ (Mcal/kg) = [(tdNFC/100) \times 4.2] + [(tdNDF/100) \times 4.2] + [(tdCP/100) \times 5.6] + [(FA/100) \times 9.4] - 0.3$$

สำหรับอาหารโปรตีนจากสัตว์

$$DE_{1X} \text{ (Mcal/kg)} = [(tdNFC/100) \times 4.2] + [(tdCP/100) \times 5.6] + [(FA/100) \times 9.4] - 0.3$$

สำหรับอาหารไขมันที่มีองค์ประกอบของ glycerol

$$DE_{1X} \text{ (Mcal/kg)} = [9.4 \times (FAdigest \times 0.9 \times (EE/100))] + [4.3 \times 0.1 \times (EE/100)]$$

สำหรับอาหารไขมันที่ไม่มีองค์ประกอบของ glycerol

$$DE_{1X} \text{ (Mcal/kg)} = [9.4 \times (FAdigest \times 0.9 \times (EE/100))]$$

tdNFC, tdNDF, tdCP และ FA มีหน่วยเป็น %

2. การประมาณค่า DE ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Actual Intake

การย่อยได้อาหารของโคนมจะลดลง เมื่อระดับการกินได้เพิ่มขึ้น (Tyrrell and Moe, 1975) ซึ่งจะมีผลทำให้ค่าพลังงานของอาหารนั้นๆ ลดลงเมื่อการกินได้เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในโครีดนมที่ให้น้ำนมมากๆ อย่างเช่นในปัจจุบัน ซึ่งอาจกินอาหารได้มากถึง 4 เท่าของการกินได้ที่ระดับMaintenance การลดลงของ Digestibility เมื่อ intake เพิ่มขึ้นจะมีความสัมพันธ์กับ Digestibility of diet at maintenance (Wagner and Loosli, 1967) เมื่อการกินได้อาหารเพิ่มขึ้น อาหารที่มีค่า Digestibility at maintenance สูงจะมีอัตราการลดลงของ Digestibility มากกว่าอาหารที่มีค่า Digestubility at maintenance ตาม NRC (1988) ใช้ค่าคงที่ 4% ในการปรับ Energy value at 1X to 3X maintenance ถ้าใช้วิธีการเดิมนี้ในการคำนวณ อาหารที่มี 75% TDN_{1X} จะมีค่า Discount 3% unitmultiple of 1X ในขณะที่ อาหารที่มี 60% TDN_{1X} จะมีค่า Discount เท่ากับ 2.4% ถ้าอาหารมีค่า TDN_{1X} เท่ากับ หรือน้อยกว่า 60% ค่า Discount จะมีค่าค่อนข้างน้อย NRC (2001) แนะนำให้ใช้สมการนี้ในการคำนวณ % Discount

$$\text{TDN percentage unit decline} = 0.18\ TDN_{1X} - 10.3\ (R^2 = 0.85)$$

ทั้งนี้เนื่องจากในการคำนวณค่า ME และ NE_L ใช้ค่า DE ไม่ได้ใช้ค่า TDN ฉะนั้นการคำนวณค่า DE_p จึงต้องใช้ Discount factor เป็นตัวคูณ

Discount = $[(TDN_{1X} – [(0.18 \times T\ TDN_{1X}) – 10.3]) \times Intake)]/ TDN_{1X}$

หน่วยของ TDN_{1X} เป็น %of DM และ Intake หมายถึงจำนวนเท่าของการกินได้ที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการกินได้ที่ระดับ Maintenance เช่น การกินได้เท่ากับ 3X maintenance, Intake above maintenance = 2

ตัวอย่างเช่น โครีดนมกินอาหารที่มี 74%TDN_{1X} ได้เป็น 3X maintenance ฉะนั้น Digestibility ควรจะเท่ากับ 0.918 เท่า ของ Digestibility ที่ 1X maintenance

3. การประมาณค่า ME ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Actual Intake

การประมาณค่า ME at production level of intake (ME_p) นั้นคำนวณจากค่า DE_p การคำนวณค่า ME จาก DE ใน NRC (1988) ใช้สมการ ME (Mcal/kg) = (1.01 x DE) – 0.45 อย่างไรก็ตาม สมการดังกล่าวประเมินจากอาหารที่มีไขมันประมาณ 3% และเนื่องจากประสิทธิภาพการเปลี่ยน DE จากไขมันเป็น ME นั้น มีค่าเกือบ 100% (Andrews et al., 1991; Romo et al., 1996) ดังนั้นสมการข้างต้นจะประมาณค่า ME ของอาหารที่มีไขมันสูงต่ำเกินไป NRC (2001) แนะนำให้ใช้สมการนี้แทน

$$ME_p = [1.01 \times (DE_p) – 0.45] + [0.0046 \times (EE – 3)]$$

เมื่อ DE_P มีหน่วยเป็น Mcal/kg และ EE มีหน่วยเป็น % of DM

ME_P ของอาหารที่ไขมันมากกว่า 3% จะเพิ่มขึ้น 0.0046 ทุก ๆ % unit increase in EE above 3% ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับหรือน้อยกว่า 3% ให้ใช้สมการเดิมที่แนะนำใน NRC (1988)

สำหรับ Fat supplements, ME_P(Mcal/kg) = DE_P (Mcal/kg)

2.4.6 การประมาณค่าพลังงานสุทธิ (Net energy, NE_L)

1. การประมาณค่า NE_L ของอาหารสัตว์ที่ระดับ Actual Intake

NRC (1988) ใช้สมการ NE_L (Mcal/kg) = 0.0245 x (%TDN) – 0.12 ในการประมาณค่า NE_L สมการนี้ได้วิจารณ์อย่างมากเพราะถ้าอาหารมี TDN 40% (DE = 1.76 Mcal/kg) มีค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยน DE เป็น NE_{L1X} เท่ากับ 0.49 แต่ถ้ามี TDN 90% (DE = 3.97 Mcal/kg) ประสิทธิภาพจะเป็น 0.53 ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวการประมาณค่า NE_{Lp} จาก ME_P NRC (2001) เลือกใช้สมการที่เสนอโดย Moe and Tyrrell (1972) แทนสมการเดิมที่ได้แนะนำไว้ใน NRC (1988)

$$NE_{Lp} = [0.703 \times ME_P \text{ (Mcal/kg)}] - 0.19 \text{ (Moe and Tyrrell, 1972)}$$

สมการนี้ใช้ในกรณีที่อาหารมีไขมันเท่ากับหรือน้อยกว่า 3% ถ้าอาหารมีไขมันมากกว่า 3% จะต้องทำการปรับค่า metabolic efficiency of fat โดยทั่วไปแล้วประสิทธิภาพการเปลี่ยน ME จากไขมันเป็น NE_L จะมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.80 (Andrews et al., 199; Romo et al., 1996) เช่นเดียวกับการปรับค่า ME_P ของไขมันที่กล่าวมาแล้ว เพื่อชดเชยการเพิ่มขึ้นของประสิทธิภาพในการเปลี่ยน ME จากไขมันเป็น NE_L จะได้ค่าเท่ากับ $[(0.097 \times ME_P) + 0.19]/97$ ในการเพิ่ม NE_L ต่อ % unit increase in feed EE content above 3% ฉะนั้นสมการที่ใช้ คือ

$$NE_{Lp} = ([0.703 \times ME_P \text{ (Mcal/kg)}] - 0.19) + ([(0.097 \times ME_P + 0.19)/97] \times [EE - 3])$$

เมื่อ ME_P มีหน่วยเป็น Mcal/kg และ EE มีหน่วยเป็น % of DM

สำหรับ fat supplements

$$NE_{Lp} \text{ (Mcal/kg)} = 0.8 \times ME_P \text{ (Mcal/kg)}]$$

2. การประมาณค่า Net Energy of Feeds for Maintenance and Gain

สมการในการประมาณค่า NE_M และ NE_G จะใช้สมการที่เสนอโดย Garrett (1980) สำหรับโคเนื้อที่แนะนำไว้ใน NRC (1996) NE_M และ NE_G ในอาหารนี้เป็นการประมาณที่ระดับการกินได้อาหาร 3X maintenance และคำนวณค่า ME เพื่อใช้ในสมการจากการคูณ DE_{1X} (ตามที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้) ด้วย 0.82 แทนค่า ME ตามสมการข้างล่างก็จะได้ค่า NE_M และ NE_G

$$NE_M = 1.37 \text{ ME} - 0.138 \text{ ME2} + 0.0105 \text{ ME3} - 1.12$$

$$NE_G = 1.42 \text{ ME} - 0.174 \text{ ME2} + 0.0122 \text{ ME3} - 1.65$$

เมื่อ ME, NE_M และ NE_G มีหน่วยเป็น Mcal/kg

อย่างไรก็ตามสมการข้างต้นไม่เหมาะสำหรับใช้คำนวณค่า NE_M และ NE_G ของ Fat supplements ควรใช้ $ME_P = DE_P$ และใช้ค่าประสิทธิภาพการเปลี่ยน ME เป็น NE_L เท่ากับ 0.80 เพื่อเปลี่ยน ME เป็น NE_M แต่ในการเปลี่ยน ME เป็น NE_G ใช้ค่าประสิทธิภาพในการเปลี่ยนเท่ากับ 0.55

2.5 ความต้องการโปรตีนในโคนม

สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความต้องการโปรตีนเพื่อเสริมสร้างส่วนต่างๆ ของร่างกายและเพื่อการเจริญเติบโต การให้ผลผลิตในรูปของเนื้อและนม ความต้องการโปรตีนเพื่อการต่างๆ มีลักษณะคล้ายกับความต้องการพลังงาน คือ ความต้องการโปรตีนเพื่อการดำรงชีพ ความต้องการโปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตและความต้องการโปรตีนเพื่อการผลิตน้ำนม

2.5.1 การคำนวณโปรตีนในอาหาร

การคำนวณโปรตีนในอาหารจะสามารถทำได้โดยการหาประสิทธิภาพการย่อยได้ของ อาหารโปรตีนจากวิธีการ Nylon bag technique

2.5.2 การคำนวณความต้องการโปรตีนในตัวโคนม

NRC (2001) ได้ปรับเปลี่ยนการประเมินความต้องการโปรตีนของโคนมโดยนำเสนอใหม่ ในรูปของ Metabolizable protein (MP_R)

ดังสมการ $MP_R = MP_M + MP_G + MP_L$

โดย
- MP_R (g/d) = Metabolizable protein requirement
- MP_M (g/d) = Metabolizable protein requirement for maintenance
- MP_G (g/d) = Metabolizable protein requirement for growth
- MP_L (g/d) = Metabolizable protein requirement for lactation

1. Metabolizable Protein requirements for maintenance (MP_M)

$$MP_M\ (g) = MP_U + MP_{SH} + MP_{MFP}$$

MP_U คือ ความต้องการ MP สำหรับ Endogenous urinary protein (UPN)

$$MP_U = UPN/0.67$$

$$UPN\ (g/day) = 2.75 \times (Live\ weight)^{0.5}$$

$$MP_U = 4.1 \times (Live\ weight)^{0.5}$$

MP_{SH} คือ ความต้องการMP สำหรับ Scurf and hair (SPN; skin, skin secretion, hair)

$$MP_{SH} = SPN/0.67$$

$$SBW = 0.96BW$$

$$SPN = 0.2 \times (\text{Live weight})^{0.60}$$

$$MP_{SH} = 0.3 \times (\text{Live weight})^{0.60}$$

MP_{MFP} คือ ความต้องการ MP สำหรับ metabolic fecal protein

MP_{MFP} = MFP - (bacteria + bacterial debris in cecum, large intestine + keratinized cell + others)

MFP (g/day) = 30 x Dry Matter Intake (kg.)

MP_{MFP} = [(DMI x 30) - 0.50((Bact MP/0.8) - Bact MP)] + Endogenous MP/0.67

2. Metabolizable Protein requirements for growth (MP_G)

$$MP_G = NPG/EffMP_NP_G$$

เมื่อ

$NP_G = SWG \times (268-(29.4 \times (RE/SWG)))$

$RE = 0.0635 \times EQEBW^{0.75} \times EQEBG^{1.097}$

$EQEBW = 0.891 \times EQSBW$

$EQEBG = 0.956 \times SWG$

$EQSBW = SBW \times (478/MSBW)$

$MSBW = 500$ kg

ถ้าน้ำหนักโค EQSBW (Equivalent shrunk BW) น้อยกว่าหรือเท่ากับ 478 kg ใช้

$$EffMP_NP_G = (83.4-(0.114 \times EQSBW))/100$$

ถ้าน้ำหนักโค EQSBW (Equivalent shrunk BW) มากกว่า478 kg ใช้

$$EffMP_NP_G = 0.28908$$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3. Metabolizable Protein requirements for lactation (MP_L)

$$MP_L \text{ (g/d)} = (\text{Y Protein}/0.67) \times 1000$$

การคำนวณความต้องการโปรตีนในรูปของ Metabolizable protein (MP_R) ไม่สะดวกในการจัดการด้านอาหารจึงได้มีการแสดงในรูปของ Crude protein requirement (CP_R) ฉะนั้นจึงต้องคำนวณจาก MP_R เป็น CP_R

MP_R จะได้จากโปรตีนที่โคนมได้รับซึ่งโปรตีนที่ได้รับนั้นประกอบด้วยโปรตีนที่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP)

นั้นคือ $MP_R = MP_{RUP} + MP_{Bact} + MP_{Endo}$

ส่วนของ RDP โดยประมาณว่าจะถูกนำไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (Microbial crude protein, MCP) 85% ของ RDP และ MCP ที่จะเป็นโปรตีนแท้ (Microbial true protein, MTP) 80% ของ MCP และจะสามารถย่อยและดูดซึมได้ (Digestible microbial true protein, DMTP) 80% ของ MTP

$MCP = 0.85 \text{ RDP (NRC, 2001)}$

$MTP = 0.8 \text{ MCP}$

DMTP หรือ $MP_{RDP} = 0.8 \text{ MTP}$

$MP_{Bact} = 0.64 \text{ MCP}$

การคำนวณหาความต้องการ MCP ในโคนมสามารถหาได้จากสมการ NRC (2001)

โดยที่ $MCP = 0.85 \text{ RDP (NRC, 2001)}$

$RDP_R = MCP/0.85$

$RDP_R = 0.15294 \times TDN_{Actual}$

จากสมการ $MP_R = MP_{RUP} + MP_{Bact} + MP_{Endo}$

หรือ $MP_{Bact} = MP_R - MP_{RUP} - MP_{Endo}$

$MP_{Bact} = 0.64 \text{ MCP}$

$MP_{Endo} = 0.4 \times 1.9 \times \text{DMI} \times 6.25$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

การคำนวณหาความต้องการ RUP

$$MP_{RUP} = MP_R - (MP_{Bact} + MP_{Endo})$$

$$0.8\ RU = \text{total digest RUP}$$

$$0.66 \times \text{total digest RUP} = MP_{RUP}$$

$$\text{total digest RUP} = MP_{RUP}/0.66$$

$$RUP_R = MP_{RUP}/0.528$$

ดังนั้นจะสามารถคำนวณ CP requirement จาก RDP และ RUP จากสมการ

$$CP_R = RDP_R + RUP_R$$

เมื่อ NP_G = Net protein requirement for growth

$EffMP_NP_G$ = Efficiency of use of microbial protein for growth

SWG = Shrunk weight gain

RE = Retain energy

EQEBG .= Equivalent empty body weight gain

EQSBW = Equivalent shrunk body weight

EQEBW = Equivalent empty body weight

SBW = Shrunk body weight

WG = Weight gain

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 3
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การประเมินคุณค่าทางพลังงานและการศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

3.1 บทนำ

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันถั่วเหลือง ถึงแม้จะมีองค์ประกอบของเยื่อใยอยู่สูง สัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ แกะ และกวาง สามารถใช้ประโยชน์จากเยื่อใยในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองโดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก อย่างไรก็ตาม ข้อมูลทางโภชนะและการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้องยังมีอยู่น้อย การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการศึกษาโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี หลังจากนั้นประเมินคุณค่าทางพลังงาน และศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยใช้วิธีการใช้ถุงไนล่อน

3.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ประเมินคุณค่าทางพลังงาน และศึกษาการย่อยสลายในกระเพาะหมักของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 ทำการสุ่มตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม กากถั่วเหลือง) นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°Cเป็นเวลา 36 ชั่วโมง เพื่อหาวัตถุแห้ง (Dry matter, DM) (AOAC, 1990)

3.3.2 นำตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม กากถั่วเหลือง) มาทำการบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 1.0 มิลลิเมตร แล้วนำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ในภาชนะที่ปิดสนิท เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและการย่อยสลายในกระเพาะหมักต่อไป

3.3.3 นำตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม กากถั่วเหลือง) มาวิเคราะห์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) (AOAC, 1990) ซึ่งวิเคราะห์วัตถุแห้งโดยเครื่อง Hot air oven โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP) โดยเครื่อง Kjeltec auto analyzer ไขมัน (Ether extract) โดยเครื่อง Soxhlet auto analyser เถ้า (Ash) โดยการเผาที่อุณหภูมิ 550°C

เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ส่วนเยื่อใยหยาบ (Crude fiber, CF) และการวิเคราะห์เยื่อใยโดย Detergent analysis (Goering and VanSoest, 1970) ได้แก่ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (Neutral detergent fiber, NDF) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด (Acid detergent fiber, ADF) และAcid detergent lignin, ADL โดยเครื่อง Fibertec auto analyser

3.3.4 นำตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด มันเส้น กากมันสำปะหลัง กากปาล์ม และกากถั่วเหลือง) ที่ได้เก็บไว้ในข้อ 3.3.2 มาศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักโดยวิธีถุงไนล่อน (Nylon bag technique) บ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ (∅rskov et al., 1980) โดยการนำตัวอย่างวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่างๆ มาบดด้วยเครื่องบดผ่านตะแกรงขนาด 2.0 มิลลิเมตร และถุงไนล่อนที่ใช้ในการทดลองมีขนาดรูพรุนของถุง 47 μm นำไปอบที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 1 – 2 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้น ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบประมาณ 5 – 6 กรัม ใส่ลงในถุงไนล่อน ทำการชั่งและบันทึกน้ำหนักไว้ แล้วหลังจากนั้นนำถุงไนล่อนที่ใส่ตัวอย่างวัตถุดิบแล้วนำมาร้อยติดกับสายพลาสติกยาวประมาณ 90 เซนติเมตร นำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคเจาะกระเพาะ โดยให้สายพลาสติกอยู่ในส่วนที่ลึกที่สุดของกระเพาะหมัก และให้แต่ละถุงมีระยะเวลาการบ่มอยู่ในกระเพาะหมักต่างกันดังนี้ คือ 0, 2, 4, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง โดยในแต่ละตัวอย่างทำ 2 ซ้ำ ใช้โคเจาะกระเพาะจำนวน 3 ตัว และให้ถุงที่ใส่ในโคแต่ละตัวเป็น 1 ซ้ำ

เมื่อบ่มถุงไนล่อนในกระเพาะหมักของโคได้ตามเวลาที่กำหนดแล้วนำถุงทั้งหมดออกจากกระเพาะหมักนำมาล้าง เพื่อเอาเศษอาหารที่ติดจากกระเพาะหมักออกแล้วนำไปแช่แข็งเพื่อหยุดการทำงานของจุลินทรีย์ เมื่อได้ตัวอย่างครบตามเวลานำถุงไนล่อนทั้งหมดมาล้างผ่านน้ำจนสะอาดหลังจากนั้นนำถุงไนล่อนทั้งหมดมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 36 ชั่วโมงและนำไปชั่งเพื่อวิเคราะห์หาวัตถุแห้ง และนำอาหารที่เหลือจากการย่อยสลายในถุงไนล่อนไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน โดยทำการรวมตัวอย่างจากโคตัวที่ 1, 2 และ 3 เข้าไว้ด้วยกันจาก นั้นนำค่าสัดส่วนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่างๆของวัตถุแห้งและไนโตรเจนมาคำนวณหาอัตราการย่อยสลายได้ต่อไป

นำค่าสัดส่วนโปรตีนที่สูญหายไปในระยะเวลาต่าง ๆ ที่นำถุงออกมาจากกระเพาะหมักมาคำนวณโดยใช้สมการที่แนะนำโดย (∅rskov and Mehrez, 1979)

$$dg = a + b(1-exp^{-ct})$$

เมื่อ dg = effective rumen degradability

a = water soluble N extracted by cold water rinsing (0 hr bag)

b = potentially degrade N, other than water soluble N

c = fraction rate of degradation of feed N per hour

t = hour

การคำนวณค่าปริมาณการย่อยสลายของโปรตีนที่ทิ้งไว้ในช่วงระยะเวลาต่างๆ มาคำนวณอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY EXCEL (Chan, 2003) ตาม สมการดังนี้

$$dg = a + bc/ (c + k)$$

เมื่อ dg = Effective protein degradability

a = water soluble N extracted by cold water rinsing (0 hr bag)

b = potentially degrade N, other than water soluble N

c = fraction rate of degradation of feed N per hour

k = Fractional outflow rate of digesta per hour

เมื่อคำนวณได้ค่า dg แล้วสามารถนำไปประมาณค่าโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen degradable protein, RDP) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (Rumen undegradable protein, RUP) ได้ตามสมการดังนี้

$$RDP = CP \times dg$$

$$CP = RDP + RUP \text{ หรือ } RUP = CP - RDP$$

นำผลการวิเคราะห์ตัวอย่างเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหาร (ข้าวโพดบด, มันเส้น, กากมันสำปะหลัง, กากปาล์ม, กากถั่วเหลือง) และการย่อยสลายในกระเพาะหมักมาหาค่าเฉลี่ยและนำเสนอในรูป Mean $\pm SE$

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.4.1 องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ ด้วยวิธีการ Proximate analysis และ detergent Analysis ในห้องปฏิบัติการ ดังแสดงในตารางที่ 3.1 พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนใกล้เคียงกับข้าวโพด แต่เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง มีองค์ประกอบของเยื่อใย NDF และ ADF ในปริมาณที่สูง เช่นเดียวกับกากปาล์ม และในกากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์ไขมันค่อนข้างสูง (8.50 เปอร์เซ็นต์) แต่มันสำปะหลังและกากมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์ไขมันค่อนข้างต่ำ (0.46 และ 0.16 %ตามลำดับ) และในกากถั่วเหลือง มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง (48.95%)

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีองค์ประกอบทางเคมี คือ เปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่ารายงานของ DePeters et al. (1997); Arosemena et al. (1995); Zervas et al. (1998) และ DeFrain et al. (2002) (1.26, 3.79, 5.75, 3.90 และ 2.90% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าใกล้เคียงกับ DePeters et al. (1997) แต่ต่ำกว่าที่ Arosemena et al. (1995); Zervas et al. (1998) และ DeFrain et al. (2002) (10.25, 10.62, 14.60, 12.20 และ 13.50% ตามลำดับ) ในส่วนของเปอร์เซ็นต์เยื่อใยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของเยื่อใยต่ำกว่า NRC (1984) (34.14 และ 40.1% ตามลำดับ) และ NDF ที่วิเคราะห์ได้มีค่าใกล้เคียงกับ Zervas et al. (1998) (64.86 และ 66.10% ตามลำดับ) แต่สูงกว่า Arosemena et al. (1995) ส่วนADF พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับที่รายงานโดย Arosemena et al. (1995); DePeters et al. (1997); Zervas et al. (1998) และ DeFrain et al. (2002) (46.41, 43.39, 49.11, 47.30 และ 43.30% ตามลำดับ) ทั้งนี้องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่วิเคราะห์ได้นั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุ์ อายุ และฤดูกาลในการเก็บเกี่ยว ฤดูกาลในการเพาะปลูกเพราะว่าเมื่อพืชอาหารสัตว์มีอายุมากขึ้นเท่าใด การสะสมของปริมาณเยื่อใยจะมากขึ้นนั้น ในขณะเดียวกันเปอร์เซ็นต์โปรตีน และการย่อยได้จะลดต่ำลงด้วย (เมธา, 2533)

ข้าวโพดบดมีโปรตีนใกล้เคียงกับรายงานของ Preston (2002) และ อุทัย (2537) (9.21, 9.00 และ 8.00% ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันพบว่าต่ำกว่าที่ Preston (2002) และ อุทัย (2537) รายงาน (2.65, 4.30 และ4.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบใกล้เคียงกับรายงานของ Preston (2002) และ อุทัย (2537) รายงาน (2.69, 2.00 และ 2.50% ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้า พบว่าต่ำกว่า Preston (2002) (1.61 และ2.00%ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์ NDF สูงกว่าที่Preston (2002) รายงานไว้ (11.48 และ 9.00%) และ ADF ใกล้เคียงกับ Preston (2002) รายงานไว้ (2.76 และ 3.00%) ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากถั่วเหลือง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง (48.95 %) และมีค่าใกล้เคียงกับ NRC (1988) และ McDonald et al. (1995) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีน (49.9 และ 50.3%) ส่วนเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงกว่า NRC (1988) และ McDonald et al. (1995) (2.03, 1.5 และ1.7%

ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบมีค่าใกล้เคียงกับ Preston (2002) รายงานไว้ (6.42 และ 6.00% ตามลำดับ) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการสกัดน้ำมันและพันธุ์ของถั่วเหลือง

มันสำปะหลังหรือมันเส้น มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าที่รายงานโดย สุขสันต์ (2540) และ McDonald et al. (1995) (3.38, 2.52 และ 3.00% ตามลำดับ) แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันใกล้เคียงกับรายงาน (0.46, 0.47 และ 0.90 % ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้าในมันสำปะหลัง พบว่าใกล้เคียงกับ McDonald et al. (1995) (2.35 และ 3.00% ตามลำดับ) แต่ สุขสันต์ (2540) พบว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงถึง 5.03 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ปริมาณเถ้าจะขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการผลิตมันเส้น ซึ่งอาจมีการปลอมปนของดินที่ติดมากับหัวมันสำปะหลังสด ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใยหยาบใกล้เคียงกับ สุขสันต์ (2540) และ McDonald et al. (1995) (3.62, 3.50 และ 4.30% ตามลำดับ) และ NDF สูงกว่ารายงานของ McDonald et al. (1995) (20.86 และ 11.4% ตามลำดับ) เช่นเดียวกับ ADF ที่พบว่ามีค่าสูงกว่า (11.50 และ 6.3% ตามลำดับ) จากผลดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามันสำปะหลังมีคุณค่าทางโภชนะประเภทโปรตีนต่ำ มันสำปะหลังยังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรทที่ละลายได้ง่ายสูง มีความสามารถในการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูง (77.50%) หรือพลังงาน 3.24 Mcal/kg (โอภาส และคณะ, 2539)

กากมันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 89.40% มีค่าใกล้เคียงกับ Lim (1967) และ Khang et al. (2000) ได้รายงานไว้ที่ 88.8 และ 91.2% ตามลำดับ แต่เปอร์เซ็นต์ไขมันต่ำกว่าที่ Lim (1967) และ Khang et al. (2000) รายงาน (0.16, 0.55 และ 2.24% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์โปรตีนพบว่าสูงกว่าที่ Preston (2002) และ Khang et al. (2000) รายงาน (4.25, 2.0 และ1.08% ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามเปอร์เซ็นต์ ไขมัน และโปรตีน ขึ้นอยู่กับกรรมวิธีการสกัดแป้งของโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลังและอายุของมันสำปะหลัง ส่วนเปอร์เซ็นต์เยื่อใยพบว่าสูงกว่าที่ Preston (2002) รายงาน (13.32 และ5.00% ตามลำดับ) NDF ที่วิเคราะห์ได้สูงกว่า Preston (2002) (37.31 และ 34.00% ตามลำดับ) ส่วนเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงกว่าที่ Preston (2002) รายงาน (8.06 และ3.0% ตามลำดับ) ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของดินในขณะตากกากมันสำปะหลัง ส่วน ADF พบว่าสูงกว่าที่ Preston (2002) และ Khang et al. (2000) (19.58, 8.0 และ 3.42% ตามลำดับ) ซึ่งจะเห็นว่ากากมันสำปะหลังมีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนะที่ค่อนข้างต่ำโดยเฉพาะโปรตีนซึ่งคุณค่าทางโภชนะในกากมันสำปะหลังนั้นขึ้นอยู่กับอายุของมันสำปะหลังที่ส่งเข้าโรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง พันธุ์มันสำปะหลัง การใส่ปุ๋ยทั้งปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยวิทยาศาสตร์ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่ในการเพาะปลูก ฤดูกาลในการปลูกมันสำปะหลัง นอกจากนี้กรรมวิธีกระบวนการสกัดแป้งออกก็ยังส่งผลถึงองค์ประกอบทางโภชนะของกากมันสำปะหลังอีกด้วย (เจริญศักดิ์, 2519)

กากปาล์มเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันปาล์ม จากการศึกษาพบว่ากากปาล์มมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 94.84 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย NDF และ ADF เท่ากับ 14.71, 8.50, 23.40, 77.16 และ 34.64% ตามลำดับ ค่าโปรตีนที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าและมีไขมันและเยื่อใยสูงกว่าที่ จินดา

และคณะ (nd) รายงานว่ากากปาล์มมีโปรตีน ไขมัน เยื่อใย NDF และ ADF เท่ากับ 16.15, 0.72, 16.03, 75.84 และ 47% ตามลำดับ ซึ่งอาจเนื่องจากความแตกต่างกันในกรรมวิธีการผลิตและขบวนการสกัดน้ำมันปาล์ม รวมทั้งฤดูกาลในการเก็บเกี่ยวผลผลิตปาล์ม

3.4.2 การประเมินค่าพลังงานในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์จากตารางที่ 3.1 มาคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) จะได้ค่าพลังงานของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ดังตารางที่ 3.2 พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{1X}) ค่าพลังงานการย่อยได้ (DE_p) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และค่าพลังงานสุทธิ (NE_p) มีค่าต่ำกว่าข้าวโพด, กากถั่วเหลือง, มันสำปะหลัง, กากมันสำปะหลัง และกากปาล์ม แต่มีค่าพลังงานการย่อยได้สูงกว่ากากปาล์ม

เมื่อนำผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีไปคำนวณหาค่าพลังงานประเภทต่างๆ ตามสมการของ NRC (2001) พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีพลังงานในรูปของโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrient, TDN_{1X}) เท่ากับ 62.33% ซึ่งต่ำกว่าที่ NRC (1984) รายงานไว้ที่ 77% ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอายุในการเก็บเกี่ยวและขึ้นอยู่กับพันธุ์ของเมล็ดถั่วเหลือง แต่จากการใช้ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีประเมินค่าพลังงานของวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทต่างๆ พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดต่ำกว่าข้าวโพด กากถั่วเหลือง และมันสำปะหลัง แต่มีโภชนะที่ย่อยได้ใกล้เคียงกับกากมันสำปะหลังและกากปาล์ม ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (structure carbohydrate) อยู่สูง จึงทำให้มีค่าโภชนะที่ย่อยได้ต่ำกว่าข้าวโพดซึ่งมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non structure carbohydrate) อยู่สูง จึงทำให้มีค่าโภชนะที่ย่อยได้สูง

3.4.3 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายของวัตถุแห้งของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยวิธีการใช้ถุงไนลอนพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยสลายไปดังแสดงในตารางที่ 3.3 ณ ชั่วโมงต่าง ๆ เมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคทดลอง พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น วัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดมีอัตราการย่อยสลายในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา โดยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (*dg*DM) ใกล้เคียงกับกากปาล์ม แต่มีอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งต่ำกว่าข้าวโพด กากถั่วเหลือง มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลัง

มันสำปะหลังมีค่า Effective degradability of DM (*dg*DM) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มวัตถุดิบที่ศึกษาเพราะมันสำปะหลังมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายสูง ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ดี แต่มีปริมาณโปรตีนต่ำ ในกรณีที่ใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถแก้ปัญหาได้โดยการปรับปรุงใช้ร่วมกับสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) ในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีค่า Effective

degradability of DM (*dg*DM) ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกากมันสำปะหลัง, ข้าวโพด และกากถั่วเหลือง แต่มีค่าใกล้เคียงกับกากปาล์ม ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง และกากปาล์มประกอบด้วยเยื่อใยในปริมาณสูง ซึ่งเป็นผลให้ การย่อยสลายวัตถุแห้งที่เวลาต่างๆ ต่ำกว่าวัตถุดิบอื่น ๆ ส่วนการย่อยสลายวัตถุแห้งของกากถั่วเหลืองเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองของ ปิตุนาถ (2547) พบว่ามีค่า Effective degradability of DM (*dg*DM) สูงกว่า (68.10 และ 62.30% ตามลำดับ)

3.4.4 การย่อยสลายของโปรตีนรวม

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบการย่อยสลายของโปรตีนของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์โดยวิธีการใช้ถุงไนลอนพบว่าปริมาณโปรตีนที่สลายตัวไปดังแสดงในตารางที่ 4.4 ณ ชั่วโมงต่าง ๆ เมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคทดลอง พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้น วัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดมีอัตราการย่อยสลายโปรตีน (*dg*CP) ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา โดยที่วัตถุดิบอาหารสัตว์ มีอัตราการย่อยสลายโปรตีนใกล้เคียงกัน

จากการศึกษาการย่อยสลายของโปรตีนของวัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิด พบว่ากากถั่วเหลือง มีค่า Effective degradability of CP (*dg*CP) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มวัตถุดิบที่ศึกษา แต่พบว่า Effective degradability of CP (*dg*CP) ปิตุนาถ (2547) รายงานไว้ (59.3 และ 64.0% ตามลำดับ) เช่นเดียวกับข้าวโพด พบว่ามีค่า Effective degradability of CP (*dg*CP) ต่ำกว่าที่ ปิตุนาถ (2547) รายงานไว้ (55.9 และ 60.0% ตามลำดับ) มันสำปะหลัง และกากมันสำปะหลังเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนค่อนข้างต่ำจึงไม่สามารถหาค่า Effective degradability of CP (*dg*CP) ในกระเพาะหมักได้

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

3.5 สรุปผลการทดลอง

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ 10.25% CP, 1.29% Fat, 4.64% Ash, 64.86% NDF, 46.41% ADF, 62.23% TDN_{1X}, 2.25 Mcal ME_P, 1.39 Mcal NE_{LP} และมีค่าการย่อยสลายได้ 45.5% dgDM และ 56.1% dgCP นับได้ว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดีพอสมควร โดยเฉพาะการใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง อย่างไรก็ตาม สามารถใช้เป็นอาหารสุกรได้เช่นเดียวกัน เพียงแต่การใช้เป็นอาหารสุกรนั้นจะถูกจำกัดด้วยเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ซึ่งมีอยู่ค่อนข้างสูง

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Mean ± *SE*)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง	วัตถุดิบ					
	เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	ข้าวโพด	กากมันสำปะหลัง	กากถั่วเหลือง	มันสำปะหลัง	กากปาล์ม
วัตถุแห้ง	95.89 ±*0.03*	89.43 ±*0.70*	89.40 ±*0.07*	88.32 ±*0.01*	89.00 ±*0.10*	94.84 ±*0.09*
โปรตีน	10.25 ±*0.03*	9.21 ±*0.13*	4.25 ±*0.25*	48.95 ±*0.00*	3.38 ±*0.23*	14.62 ±*0.20*
ไขมัน	1.29 ±*0.01*	2.65 ±*0.01*	0.16 ±*0.01*	2.03 ±*0.03*	0.46 ±*0.00*	8.50 ±*0.06*
เถ้า	4.64 ±*0.04*	1.61±*0.05*	8.07 ±*.0.06*	6.50 ±*0023*	2.35 ±*0.00*	4.08 ±*0.03*
เยื่อใย	34.14 ±*0.07*	2.69 ±*0.13*	13.32 ±*0.45*	6.42 ±*0.28*	3.62 ±*0.13*	23.40 ± *0.73*
NDF	64.86 ±*0.05*	11.48±*0.32*	37.31 ±*0.21*	16.62 ±*0.03*	20.86 ±*0.26*	61.92 ±*0.20*
ADF	46.41 ±*0.13*	2.76 ± *0.15*	19.58 ±*0.09*	10.47±*0.56*	11.50 ±*0.42*	34.64 ±*0.30*
ADL	3.63 ±*0.00*	1.60 ± *0.60*	3.70 ±*0.10*	0.75 ±*0.07*	1.17 ±*0.04*	12.67 ±*0.30*
NFC	18.97 ±*0.07*	75.05 ± 0.06	50.22 ±*0.63*	25.91 ±*0.00*	72.95 ±*0.50*	10.87 ±*0.04*
NDIN	0.61 ±*0.02*	1.10± 0.01	0.13 ±*0.01*	1.31 ±*0.07*	1.30 ±*0.10*	1.30 ±*0.17*
NDICP	3.79 ±*0.00*	6.96 ±0.04	0.79 ±*0.06*	8.16 ±*0.47*	8.35 ±*0.60*	8.13 ±*1.03*
ADIN	0.16 ±*0.13*	0.88 ±0.00	0.11 ±*0.01*	0.88 ±*0.02*	0.84 ±*0.02*	0.74 ±*0.02*
ADICP	0.99 ±*0.01*	5.48 ±0.10	0.70 ±*0.01*	5.51 ±*0.10*	5.24 ±*0.12*	4.62 ±*0.09*

หมายเหตุ : ADF = Acid-detergent fiber, ADL = Acid-detergent lignin, ADIN = Acid- detergent insoluble nitrogen, ADINCP = Acid- detergent insoluble crude protein, NDF = Neutral-detergent fiber, NDIN = Neutral-detergent insoluble nitrogen, NDICP = neutral detergent insoluble crude protein, NFC = non-fiber carbohydrate

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.2 คุณค่าทางพลังงานของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ (Mean $\pm SE$)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง	วัตถุดิบ					
	เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	ข้าวโพด	กากมันสำปะหลัง	กากถั่วเหลือง	มันสำปะหลัง	กากปาล์ม
TDN_{1X} (%)[1/]	62.33 ± 0.06	82.94 ± 0.54	66.22 ± 0.40	80.02 ± 0.10	80.71 ± 0.20	60.36 ± 0.70
DE_{1X} (Mcal/kg)[2/]	2.75 ± 0.003	3.58 ± 0.02	2.83 ± 0.12	4.01 ± 0.00	3.41 ± 0.01	2.70 ± 0.03
DE_P (Mcal/kg)[3/]	2.67 ± 0.00	3.18 ± 0.01	2.69 ± 0.00	3.60 ± 0.00	3.05 ± 0.00	2.65 ± 0.02
ME_P (Mcal/kg)[4/]	2.25 ± 0.00	2.76 ± 0.01	2.27 ± 0.00	3.18 ± 0.00	2.63 ± 0.00	2.26 ± 0.02
NE_{LP} (Mcal/kg)[5/]	1.39 ± 0.00	1.75 ± 0.00	1.41 ± 0.00	2.05 ± 0.00	1.66 ± 0.00	1.41 ± 0.02

หมายเหตุ :

[1/] TDN_{1X} (%) = tdNFC + tdCP + (tdFA x 25.25) + tdNDF – 7)

[2/] DE_{1X} (Mcal/kg) = [(tdNFC/100) x 4.2]+[(tdNDF/100) x 4.2] x [(tdCP/100) x 5.6]+[(FA/100) x 9.4] –0.3

[3/] DE_P (Mcal/kg) = $\{[(TDN_{1X} – [(0.18 \times TDN_{1X}) – 10.3]) \times Intake]/ TDN_{1X}\} \times DE_{1X}$

[4/] ME_P (Mcal/kg) = $[1.01 \times (DE_p) – 0.45] + [0.0046 \times (EE – 3)]$

[5/] NE_{LP} (Mcal/kg) = $[0.703 \times ME_p] – 0.19$ (Moe and Tyrrell, 1972), (EE < 3%)

[5/] NE_{LP} (Mcal/kg) = $([0.703 \times ME_p] – 0.19) + [(0.097 \times ME_p)/97] \times [(EE – 30]$, (EE > 3%)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.3 แสดงการย่อยสลายวัตถุแห้งของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง							
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	*dg*[/1]
Degradability of DM	----------(%)----------							
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	17.1	24.9	26.8	27.1	36.5	58.8	74.0	45.5
ข้าวโพด	25.7	32.1	33.1	34.7	46.4	58.5	75.3	50.2
กากถั่วเหลือง	24.9	41.8	44.8	49.3	65.5	85.2	93.9	68.1
มันสำปะหลัง	48.0	61.8	65.6	69.2	81.3	84.9	93.0	78.7
กากมันสำปะหลัง	20.7	27.8	30.9	35.3	47.1	65.6	79.6	52.1
กากปาล์ม	20.2	23.4	28.4	33.2	40.4	47.0	66.5	43.0

หมายเหตุ : [/1]Effective degradability of Dry matter

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.4 แสดงการย่อยสลายโปรตีนของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและวัตถุดิบอาหารสัตว์ในกระเพาะหมัก

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง							
	0	2	4	6	12	24	48	*dg*[1]
	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	ชั่วโมง	
Degradability of CP	----------(%)----------							
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่ว	29.8	38.6	39.5	41.6	56.3	63.2	78.1	56.1
เหลือง	39.1	40.9	42.2	44.4	52.2	61.7	76.7	55.9
ข้าวโพด	21.8	26.3	31.6	41.3	51.8	79.5	89.9	59.3
กากถั่วเหลือง	39.7	41.1	43.2	46.4	49.1	66.3	76.5	56.8
กากปาล์ม								

หมายเหตุ : [1]Effective degradability of Crude protein

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 3.5 แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของวัตถุดิบอาหารสัตว์

Disappearance (%)	**วัตถุดิบ**					
	เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	**ข้าวโพด**	**กากถั่วเหลือง**	**มันสำปะหลัง**	**กากมันสำปะหลัง**	**กากปาล์ม**
DM Disappearance (%)						
A	17.1	25.7	24.9	48.0	20.7	20.2
B	81.0	69.4	74.0	44.9	68.5	69.4
c	0.026	0.026	0.059	0.079	0.042	0.021
A + B	98.1	95.1	98.9	92.9	89.2	89.6
Effective Disappearance (%)*	45.5	50.2	68.1	78.7	52.1	43.0
CP Disappearance (%)						
A	29.8	39.1	21.8	-	-	39.7
B	56.6	60.7	74.8	-	-	52.2
c	0.038	0.021	0.056	-	-	0.027
A + B	86.4	99.8	96.6	-	-	91.9
Effective Disappearance (%)*	56.1	55.9	59.3	-	-	56.8

หมายเหตุ :*Outflow rate (fraction/h) = 0.05

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 4
การศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตโคนม

4.1 บทนำ

ปัจจุบันราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเฉพาะวัตถุดิบประเภทที่ให้พลังงานนั้นมีราคาสูง เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลังตากแห้ง รำข้าว และอื่นๆ อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองในปัจจุบันนั้น หลังจากการใช้เทคนิค screw press ในการรีดน้ำมันออกแล้ว ยังตามด้วยการใช้ solvent เช่น hexane ในการละลายน้ำมันออกมา จนเหลือน้ำมันในกากถั่วเหลืองต่ำกว่า 1% ประกอบกับราคากากถั่วเหลืองได้เพิ่มสูงขึ้นในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมา และความต้องการในการใช้วัตถุดิบประเภทโปรตีนสูงในไก่และสุกรเพิ่มมากขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมสกัดน้ำมันถั่วเหลืองจึงมีการกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองออกก่อนที่จะนำเนื้อในถั่วเหลืองไปสกัดน้ำมันต่อไป จึงทำให้มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่จัดเป็นผลิตภัณฑ์ร่วม (co-products) ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ อย่างไรก็ตาม การนำเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมาใช้เป็นอาหารสัตว์ต้องคำนึงถึงปริมาณเยื่อใยที่มีอยู่สูงในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง แต่โคนมสามารถอาศัยจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในกระเพาะหมักช่วยในการหลั่งเอนไซม์มาช่วยเพิ่มการย่อยได้เยื่อใย ทำให้โคนมได้รับสารอาหารเพิ่มขึ้นและน่าจะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นด้วย ประกอบกับในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีไขมันอยู่บ้าง เมื่อโคนมกินเข้าไป ไขมันในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองอาจทำให้กรดไขมันในน้ำนมเปลี่ยนไป การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม และกรดไขมันในน้ำนม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อผลผลิตน้ำนม องค์ประกอบน้ำนม และกรดไขมันในน้ำนม

4.3 วิธีดำเนินการทดลอง

การศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตของน้ำนม คุณภาพของน้ำนม น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลงของโคนม ลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชียน (Crossbred Holstein Friesian) ซึ่งอยู่ในระยะต้นของการให้นม (Early lactation)

4.3.1 อาหารทดลอง

อาหารทดลองที่ 1 (T1) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 0% ในสูตรอาหารข้น

อาหารทดลองที่ 2 (T2) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 10% ในสูตรอาหารข้น

อาหารทดลองที่ 3 (T3) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 20% ในสูตรอาหารข้น

4.3.2 แผนการทดลองและการจัดการให้อาหาร

จัดแผนการทดลองแบบ Completely randomized design (CRD) โดยจัดโคนม ลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชียนออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองและทำการจัดกลุ่มแบบ Stratified random balance group โดยให้มีค่าใกล้เคียงกันตามปริมาณการให้น้ำนม ระยะเวลาในการให้น้ำนม อายุ (เดือน) และ น้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ในระยะต้นของการให้นม จำนวน 24 ตัว (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณสมบัติของกลุ่มโครีดนมที่ใช้ในการทดลอง

รายละเอียด	**กลุ่มที่ 1**	**กลุ่มที่ 2**	**กลุ่มที่ 3**
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัม/วัน)	16.3 $\pm$*3.3*	16.2 $\pm$*4.2*	16.3 $\pm$*4.4*
ระยะเวลาการให้นม (วัน)	82 $\pm$*44.3*	85 $\pm$*39.4*	86 $\pm$*42.5*
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)	417 $\pm$*53.2*	417 $\pm$*67.5*	410 $\pm$*49.7*
อายุ (เดือน)	41.25 $\pm$*15.8*	44.5 $\pm$*14.4*	39.6 $\pm$*12.7*

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงอยู่ในรูป (Mean$\pm$*SD*)

โคนมทุกตัวถูกขังคอกเดี่ยวมีอ่างสำหรับใส่น้ำให้กินตลอดเวลา ในการทดลองครั้งนี้ได้ทำการผสมอาหารข้นทั้งสิ้น 3 สูตรด้วยเครื่องผสมอาหาร ในการให้อาหารกับโคนมจะให้เป็นรายตัวโดยจ่ายอาหารแยกเป็นอาหารข้น (Concentrate) และอาหารหยาบ (Roughage) ให้อาหารข้น จำนวน 9 กก./ตัว/วัน ให้วันละ 3 ครั้ง คือ เวลา 08.00 น.11.00 น.และ 16.00 น. โดยทุกกลุ่มการทดลองจะได้รับแหล่งของอาหารหยาบชนิดเดียวกัน คือ หญ้าหมัก ของทุกวันตลอดการทดลองโดยโคนมในแต่ละกลุ่มจะได้รับอาหารข้นตามสูตรอาหารดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงชนิด และปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

วัตถุดิบ/100 กิโลกรัม (น้ำหนักสด)	สูตรที่ 1 (0 % SH)	สูตรที่ 2 (10 % SH)	สูตรที่ 3 (20 % SH)
เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง	0	10	20
ข้าวโพด	20	10	0
มันเส้น	15.5	15.5	15.5
กากมันสำปะหลัง	14	14	14
กากถั่วเหลือง	14.9	14.9	14.9
กากปาล์ม	25	25	25
กากน้ำตาล	5	5	5
ยูเรีย	2.6	2.6	2.6
แร่ธาตุ	2.5	2.5	2.5
พรีมิกซ์	0.5	0.5	0.5

หมายเหตุ : SH = Soybean Hulls

กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารสูตร 0%SH และอาหารหยาบ

กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหารสูตร 10%SH และอาหารหยาบ

กลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับอาหารสูตร 20%SH และอาหารหยาบ

4.3.3 การเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ตัวอย่าง

เมื่อทำการสุ่มโคนมตามกลุ่มแผนการทดลองแล้ว ทำอาหารให้อาหาร และใช้ระยะเวลาในการปรับตัวของโคทดลองประมาณ 1 สัปดาห์ และช่วงการเก็บข้อมูล 30 วัน ซึ่งแบ่งออกเป็น6 ช่วงการทดลอง ช่วงละ 5 วันโดยทำการบันทึกและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

4.3.3.1 การกินได้

ชั่งและบันทึกปริมาณอาหารที่กิน รวมถึงเก็บตัวอย่างอาหารก่อนกินและหลังกินเป็นรายตัว เก็บทุกๆ 5 วัน (สุ่มเก็บ 2 วันติดต่อกัน) โดยสุ่มเก็บอาหารแต่ละชนิด (อาหารข้นกลุ่มควบคุม อาหารข้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบ) เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีโดยวิธี Proximate Analysis ดังต่อไปนี้ คือ วัตถุแห้ง (Dry matter, DM) โปรตีน (Crud protein, CP) ไขมัน (Ether extract, EE) และ เถ้า (ash) ตามวิธีของ A.O.A.C. (1990) ส่วนการวิเคราะห์เยื่อใย (crude fiber, CF) และการวิเคราะห์เยื่อใย (detergent

analysis) ตามวิธีของ Goering and Van Sorest (1970) ได้แก่ neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF) และ acid detergent lignin (ADL)

4.3.3.2 น้ำหนักตัว

ทำการชั่งน้ำหนักตัวก่อนและหลังการทดลองของโคนมทุกตัวทั้ง 3 กลุ่มการทดลองโดยชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่ง ในช่วงเช้าหลังจากรีดนมเสร็จ

4.3.3.3 ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม

ทำการบันทึกการให้ผลผลิตน้ำนมของโคนมทุกวันตลอดระยะเวลาของการทดลอง และสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบรายตัวทุกๆ 5 วัน (สุมเก็บ 2 วันติดต่อกัน) โดยแบ่งเป็นนมช่วงเย็นและช่วงเช้า นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม ได้แก่ ไขมันนม โปรตีนนม แล็คโตส ของแข็งพร่องไขมัน (solid not fat) และของแข็งรวมในน้ำนม (Total solid) และFatty acid ในน้ำนม

4.3.3.4 การศึกษาองค์ประกอบและปริมาณของ Fatty acid

1. อาหารสัตว์

สุ่มเก็บอาหารแต่ละชนิด (อาหารข้นกลุ่มควบคุม , อาหารข้นกลุ่มทดลอง และอาหารหยาบ) ตัวอย่างอาหารนำมาสกัดน้ำมัน ดัดแปลงตามวิธีของ Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยนำตัวอย่างที่ได้จากการทดลอง ตัวอย่างละ 15 กรัม สกัดด้วย Chloroform – methanol (2 :1 v/v) ปริมาณ 90 ml นำไปปั่น (homogenize) เป็นเวลา 2 นาที แล้วเติม Chloroform ปริมาณ 30 ml และ 0.58 NaCl ปริมาณ 5 ml เขย่าให้เข้ากันและทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน ปล่อยสารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการแยกตัวทำละลายออก จากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40°C ด้วย Rotary Evaporator บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้ จากนั้นเก็บไว้ภายใต้แก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ -20°C จนกว่าจะนำมา Methylation

2. น้ำนม

สุ่มเก็บน้ำนมดิบช่วงสุดท้ายของการทดลองทั้งช่วงเย็นและเช้า (รวมกัน) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 3000 rpm ที่อุณหภูมิ 4°C เป็นเวลา 15 นาที ชั้นของไขมัน (Fat cake) จะแยกอยู่ชั้นบนของน้ำนม แยกชั้นของไขมันออกมาเพื่อนำไปสกัดไขมันต่อไปตามวิธีการของ Kelly et al. (1998) โดยนำชั้นของไขมันมาสกัดด้วย hexane – isopropanol (3:2 v/v) 18 ml/ g Fat cake นำไปเขย่า (votex) จากนั้นเติม Sodium sulfate solution (6.7 % Na_2SO_4) ปริมาตร 12 ml/ g fat cake จากนั้นชั้นของ hexane จะแยกออกมาด้านบน ให้แยก hexane ให้แยกออกมาจากหลอดทดลองที่เติม Na_2SO_4 1 กรัม ทิ้งไว้ 30 นาที ย้ายและเก็บไว้ภายใต้แก๊สไนโตรเจน ที่อุณหภูมิ –20°C จนกระทั่งทำการ Methylation หลังจากนั้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นำตัวอย่าง Fatty acid methyl ether (FAME) ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ Fatty acid ในน้ำนมโดยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

การทำ Methylation ดัดแปลงตามวิธีของ Ostrowska et al. (2000) ดังนี้ชั่งตัวอย่างน้ำหนักแน่นอน ประมาณ 30 mg ใส่หลอดทดลองฝาเกลียวขนาด 15 ml จากนั้นเติม 1.5 ml ของ 0.5 N NaOH/MeOH ใส่ในหลอด แล้วไล่อากาศในหลอดด้วยด้วยแก๊สไนโตรเจน ปิดฝาหลอดทดลองให้สนิท และให้ความร้อนที่ 100°C ใน Water bath นาน 5 นาที ระหว่างนั้นควรเขย่าอย่างแรง 1 – 2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องปกติ การทำ Saponification ที่สมบูรณ์สังเกตจากการได้สารละลายใสไม่มีหยดน้ำมันเหลืออยู่ จากนั้นเติม 14 % BF_3/MeOH ปริมาตร 2 ml ใส่ในหลอดทดลอง แล้วไล่อากาศภายในหลอดด้วยแก๊สไนโตรเจนและให้ความร้อนที่ 100°C Water bath นาน 5 นาที ระหว่างนั้นควรเขย่าอย่างแรง 1 – 2 ครั้ง แล้วทำให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องปกติ หลังจากนั้นเติมน้ำกลั่น 10 ml แล้วย้าย Solution ที่ได้จากการทำ Methylation ลงในหลอดเซนตริฟิวซ์ฝาเกลียวขนาด 50 ml นำไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ความเร็ว 5000 rpm ที่อุณหภูมิ 10°C เป็นเวลา 15 นาที เพื่อทำให้ liquid – liquid phase แยกได้ดีขึ้นแล้วทำการย้ายชั้น Hexane (ชั้นบน) และ Dry น้ำที่อาจติดออกมาด้วย Na_2SO_4 จากนั้นเก็บสารละลายในขวดสีชา ไล่อากาศออกด้วยแก๊สไนโตรเจน หลังจากนั้นนำตัวอย่าง Fatty acid methyl ether ที่ได้ไปวิเคราะห์ปริมาณ fatty acid โดยเครื่อง Gas Chromatography (GC)

นำข้อมูลปริมาณการกินได้ ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบของน้ำนม น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ความต้องการพลังงานและโปรตีน พลังงานและโปรตีนที่ได้รับจากอาหาร ที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Orthogonal polynomial วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1988)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.4.1 องค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและการประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการ NRC (2001) ที่โคนมได้รับจากสูตรอาหารและอาหารหยาบ

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ในการทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่าอาหารทดลองสูตรที่ 1 คือสูตรอาหารที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร อาหารทดลองสูตรที่ 2 คือสูตรอาหารที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร และ อาหารทดลองสูตรที่ 3 คือ สูตรอาหารที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองสูตรที่ 1 มีค่าวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า

และพวกโครงสร้างพืช ได้แก่ปริมาณของเยื่อใย NDF ADF และADL มีค่าเท่ากับ 91.48, 19.70, 2.69, 6.00, 12.23, 31.43, 18.16 และ 3.48 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนอาหารทดลองสูตรที่ 2 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า และพวกโครงสร้างพืช ได้แก่ ระดับของเยื่อใย NDF ADF และADL มีค่าเท่ากับ 91.65, 22.38, 2.67, 6.22, 13.94, 31.85, 20.9 และ 3.21 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ส่วนอาหารทดลองสูตรที่ 3 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุแห้ง โปรตีนหยาบ ไขมัน เถ้า และพวกโครงสร้างพืช ได้แก่ ระดับของเยื่อใย NDF ADF และADL มีค่าเท่า 91.83, 20.5, 2.43, 6.37, 16.15, 35.74, 25.12 และ 3.43 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.3

เมื่อนำค่าองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรมาคำนวณหาค่าโภชนะย่อยได้ (TDN) พลังงานย่อยได้ (DE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิ (NE) ตามสมการ NRC (2001) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ค่าโภชนะย่อยได้ ของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรมีค่าเท่ากับ 74.72, 75.44 และ 72.56%ตามลำดับเช่นเดียวกับพลังงานย่อยได้ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.09, 3.12 และ 3.04 Mcal/kgDM ตามลำดับ ส่วนพลังงานใช้ประโยชน์ได้ มีค่าเท่ากับ 2.67, 2.73 และ 2.63 Mcal/kgDM ตามลำดับ และพลังงานสุทธิ มีค่าเท่ากับ 1.69, 1.73 และ 1.66 Mcal/kgDM ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ผลการเพิ่มระดับการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองจาก 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร ไม่ทำให้ปริมาณของวัตถุแห้ง ไขมัน และเถ้า ของแต่ละกลุ่มการทดลองเปลี่ยนแปลง กล่าวคือ โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.7, 22.38 และ 20.50% ตามลำดับ ไขมันมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.69, 2.67 และ 2.43% ตามลำดับ ต่ำกว่าระดับที่ NRC (2001) แนะนำเล็กน้อย คือแนะนำที่ระดับ 3 % แต่ไม่สูงเกิน 5 % ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ส่งผลกระทบต่อการย่อยเซลลูโลสในกระเพาะหมัก Church (1979) อ้างโดย เมธา (2533) แต่มีผลทำให้ NFC ลดลงและปริมาณเยื่อใยหยาบ NDF ADF และ ADL มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ใช้ทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารทดลอง (ตารางที่ 4.6) สอดคล้องกับรายงานของ กับรายงานของ Mansfield and Stern (1994); Elliott et al. (1995) และ Ipharraguerre et al. (2002a) ทั้งนี้เนื่องจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของเยื่อใยอยู่ในระดับที่สูงกว่าข้าวโพด

สำหรับอาหารหยาบคือข้าวโพดหมัก พบว่าวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.89% ใกล้เคียงกับรายงานของ ชิดชนก (2548) รายงานว่ามีเท่ากับ 29.89 เปอร์เซ็นต์ แต่ต่ำกว่า เพลิน (2545) ซึ่งรายงานวัตถุแห้งของข้าวโพดหมักเท่ากับ 35.84% โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.76% มีค่าต่ำกว่า ชิดชนก (2548) ซึ่งรายงานที่ระดับ 9.91 % แต่สูงกว่า ชุติมา (2544) และเพลิน (2545) ซึ่งรายงานที่ระดับ 6.97 และ 7.55% ตามลำดับ ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 1.30% อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับ ชิดชนก (2548) ซึ่งรายงานที่ระดับ 1.39% แต่พบว่าต่ำกว่า ชุติมา (2544) ซึ่งรายงานที่ระดับ 3.42% เถ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 14.12% พบว่าสูงกว่า ชิดชนก (2548) ซึ่งรายงานที่ระดับ 12.81% แต่พบว่าต่ำกว่ารายงานของชุติมา (2544) และเพลิน (2545) ซึ่งรายงานที่ระดับ

15.73 และ 15.14 % ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าในข้าวโดพหมักมีค่าค่อนข้างสูงทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมีการปนเปื้อนของเศษดินและทราย ในระหว่างการทำข้าวโพดหมัก เยื่อใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.27% พบว่ามีค่าสูงกว่า ชิดชนก (2548) และเพลิน (2545) ที่รายงานที่ระดับ 24.51 และ 22.81% ตามลำดับ NFC มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.05 % พบว่ามีค่าต่ำกว่า ชิดชนก (2548) รายงานที่ระดับ 23.92% ซึ่ง NRC (2001) และ Mertens (1987) แนะนำที่ระดับ 36-44% และ 30% ทั้งนี้โคที่ได้รับ NFC ในระดับต่ำอาจส่งผลกระทบต่อพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักได้ NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.09% พบว่ามีค่าสูงกว่า ชิดชนก (2548) และชุติมา (2544) รายงานที่ระดับ 51.97 และ 62.28% ตามลำดับ, ADF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.09% พบว่ามีค่าสูงกว่า ชิดชนก (2548) รายงานที่ระดับ 37.01% ADL ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.74% พบว่ามีค่าต่ำกว่า ชิดชนก (2548) เพลิน (2545) ซึ่งรายงานที่ระดับ 4.59 และ 5.30% ตามลำดับ ทั้งนี้เปอร์เซ็นต์เยื่อใย และ NFC ในข้าวโพดหมักที่ได้มีค่าแตกต่างกันออกไปอาจเนื่องมาจากระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวข้าวโพด เพื่อนำมาทำข้าวโพดหมักอาจจะแตกต่างกันออกไป

หญ้าหมักพบว่าวัตถุแห้งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.49% โปรตีนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.51% มีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 6.40% ไขมันเฉลี่ยเท่ากับ 1.07% พบว่าต่ำกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 2.40% เถ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.57% พบว่าต่ำกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 11.50% เยื่อใยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.60% พบว่ามีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) ที่รายงานที่ระดับ 39.90% NDF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 73.37% ว่ามีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) รายงานที่ระดับ 55.40% ADF มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 43.59% พบว่ามีค่าสูงกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 35.0% ADL ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.17% พบว่ามีค่าต่ำกว่า ปิตุนาถ (2547) ซึ่งรายงานที่ระดับ 5.2% ตามลำดับ

การประเมินพลังงานโดยการคำนวณจากสมการจากสมการNRC (2001) ที่โคนมได้รับจากอาหารข้นสูตรทดลองที่ 1 อาหารข้นสูตรทดลองที่ 2 อาหารข้นสูตรทดลองที่ 3 และองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารที่ใช้ในการเลี้ยงโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 4.7 และ 4.6 กล่าวคือ พลังงาน TDN (%TDN) พลังงานย่อยได้ (DE_p) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME_p) และพลังงานสุทธิ (NE_{Lp}) ที่ได้จากอาหารข้นทดลองในแต่ละสูตรจะให้พลังงานแต่ละประเภทใกล้เคียงกัน ทั้งนี้ในการคำนวณสูตรอาหารจะคำนึงถึงค่าของโภชนะโปรตีนและพลังงานเป็นหลัก

ตารางที่ 4.3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของสูตรอาหารและอาหารหยาบ (Mean ± *SE*)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง	หญ้าหมัก	ข้าวโพดหมัก	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง		
			0%	10%	20%
วัตถุแห้ง	26.49 ± *1.30*	29.41 ± *0.40*	91.48 ±*0.05*	91.65 ± *0.05*	91.83 ± *0.04*
โปรตีน	7.51 ± *0.03*	7.76 ± *0.15*	19.70 ± *0.004*	22.38 ± *0.10*	20.50 ± *0.20*
ไขมัน	1.07 ± *0.04*	1.30 ± *0.03*	2.69 ± *0.07*	2.67 ± *0.02*	2.43 ± *0.06*
เยื่อใย	41.6 ± *0.20*	65.27 ± *0.20*	12.23 ± *0.50*	13.94 ± *0.40*	16.15 ± *0.40*
เถ้า	9.57 ±*0.00*	14.12 ± *0.20*	6.00± *0.03*	6.22 ± *0.01*	6.37 ± *0.10*
NFC	8.49 ± *0.10*	12.05 ±*0.10*	40.19 ± *0.20*	36.89 ± *0.60*	34.98 ± *0.20*
NDF	73.37 ± *0.04*	66.09 ± *0.02*	31.43 ± *0.20*	31.85 ± *0.40*	35.74 ± *0.07*
ADF	43.59 ±*0.01*	40.09 ± *0.30*	18.16 ± *0.20*	20.90 ± *0.30*	25.12 ± *0.60*
ADL	4.17 ± *0.45*	3.74 ± *0.20*	3.48 ± *0.00*	3.21 ± *0.07*	3.43 ±*0.10*
NDIN	0.71 ± *0.00*	0.66 ± *0.00*	2.37 ± *0.35*	2.72 ± *0.30*	2.21 ± *0.03*
NDICP	4.44 ± *0.02*	4.14± *0.03*	14.83 ±*0.22*	16.79 ±*0.40*	13.83 ± *0.20*
ADIN	0.53 ± *0.03*	0.56 ± *0.04*	0.82 ± *0.00*	0.85 ± *0.00*	0.73 ± *0.203*
ADICP	4.53 ± *0.20*	3.49 ± *0.260*	5.15 ± *0.06*	5.34 ± *0.15*	4.53 ± *0.20*

หมายเหตุ : ADF = Acid-detergent fiber, ADL = Acid-detergent lignin, ADIN = Acid- detergent insoluble nitrogen, ADINCP = Acid- detergent insoluble crude protein, NDF = Neutral-detergent fiber, NDIN = Neutral-detergent insoluble nitrogen, NDICP = neutral detergent insoluble crude protein, NFC = non-fiber carbohydrate,

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.4 แสดงการจำแนกพลังงานโดยการคำนวณสมการของ NRC (2001) ที่โคได้รับจากสูตรอาหารและอาหารหยาบ (Mean $\pm SE$)

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง	หญ้าหมัก	ข้าวโพดหมัก	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 0%	10%	20%
พลังงาน TDN (%TDN) [/1]	52.97 ± 0.80	51.58 ± 0.25	74.72 ± 0.30	75.44 ± 0.70	72.56 ± 0.04
พลังงานย่อยได้ DE (DE_P) Mcal/kgDM [/2]	2.31 ± 0.03	2.25 ± 0.01	3.38 ± 0.001	3.45 ± 0.00	3.30 ± 0.00
พลังงานใช้ประโยชน์ ME (ME_P) Mcal/kgDM [/3]	1.95 ± 0.02	1.90 ± 0.01	2.67 ± 0.01	2.73 ± 0.01	2.63 ± 0.00
พลังงานสุทธิ NE (NE_{LP}) Mcal/kgDM [/4]	1.18 ± 0.01	1.14 ± 0.01	1.69 ± 0.01	1.73 ± 0.00	1.66 ± 0.00

หมายเหตุ :

[/1] $TDN_{1X}(\%)$ = tdNFC + tdCP + (tdFA x 2.25) + tdNDF – 7

[/2] DE_P (Mcal/kg) = DE_{1X} x Discount

DE_{1X} (Mcal/kg) = (tdNFC/100) x 4.2 + (tdNDF/100) x 4.2 + (tdCP/100) x 5.6 + (FA/100) x 9.4 – 0.3

Discount = $[TDN_{1X} + ([0.18 \times TDN_{1X}) - 10.3] \times Intake)]/ TDN_{1X})$

[/3] ME_P (Mcal/kg) = [1.01 x (DE_P) – 0.45] + 0.0046 x (EE – 3) (กรณี EE > 3%)

ME_P (Mcal/kg) = 1.01 x DE (Mcal/kg) – 0.45 (กรณี EE < 3%)

[4] NE_P (Mcal/kg) = 0.703 x ME_P – 0.19 + ([0.0097 x ME_P + 0.19)/97] x [EE – 3] (กรณี EE > 3%)

NE_P (Mcal/kg) = [0.703 x ME_P (Mcal/kg)] – 0.19 (กรณี EE < 3%)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.2 ปริมาณการกินได้ของโคนม

จากการทดลองปริมาณการกินได้โภชนะของโคนม เมื่อเปรียบเทียบตามกลุ่มการทดลองที่มีการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร แสดงดังตารางที่ 4.5 ดังนี้ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง/ตัว/วัน พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารข้นมีค่าเฉลี่ยเท่า 8.23, 8.25 และ 8.26 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อ/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.87, 6.76 และ 6.95 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วันตามลำดับ และปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15.10, 15.01 และ 15.21 กิโลกรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วันตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สำหรับปริมาณการกินได้วัตถุแห้งต่อน้ำหนักตัว (g/kgW$^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 166, 163 และ 172 g/kgW$^{0.75}$ ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น

ปริมาณการกินได้โปรตีนต่อตัวต่อวัน พบว่าปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารหยาบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 514, 501 และ 526 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วันตามลำดับ ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารข้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1620, 1846 และ 1693 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วันตามลำดับ ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารรวมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2134, 2347 และ 2219 กรัมวัตถุแห้ง/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้โปรตีนต่อน้ำหนักตัว (g/kgW$^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.40, 25.57 และ 25.09 g/kgW$^{0.75}$ ตามลำดับ) พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สำหรับปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารหยาบ ปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารข้น และปริมาณการกินได้โปรตีนต่อน้ำหนักตัว (g/kgW$^{0.75}$) แต่พบว่าปริมาณการกินได้โปรตีนจากอาหารรวมทั้งหมด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic contrast)

ปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิต่อตัวต่อวัน พบว่าปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารหยาบ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.11, 7.89 และ 8.20 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารข้น มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.92, 14.72 และ 13.72 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณการกินได้พลังงานจากอาหารรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 22.03, 22.25 และ 21.92 Mcal/ตัว/วัน ตามลำดับ และปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิต่อน้ำหนักตัว (g/kgW$^{0.75}$) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.24, 0.24 และ 0.25 g/kgW$^{0.75}$ ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ปริมาณการกินได้ของโคนมเป็นปัจจัยหนึ่งที่อาจส่งผลต่อการให้ผลผลิตของโคนมซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการได้รับโภชนะในอาหาร จากการทดลองวัดการกินได้ แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง ปริมาณการกินได้โปรตีน และปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ โดยเปรียบเทียบอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่าปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อระดับการ

ทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้อาจเมื่อระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทำให้มีส่วนของ NDF ในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้นตาม วิโรจน์ (2546) กล่าวว่า NDF จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอัตราการกินได้ของโค ถ้าค่า NDF สูงจะมีสัดส่วนกับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้มากขึ้นและอาหารจะมีความฟ่ามมากขึ้นหรืออาหารจะใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมากและอาหารมีระยะเวลาหมักในกระเพาะนานขึ้นส่งผลทำให้การกินได้ลดลง ทั้งนี้ปริมาณการกินได้รวมจะส่งผลถึงการให้ผลผลิตน้ำนม และการดำรงชีพอื่นๆ ดังนั้นปริมาณการกินได้จึงมีความสำคัญต่อการนำมาพิจารณาร่วมกับการให้ผลผลิตเพราะหากโคได้รับปริมาณโภชนะที่ไม่เพียงพอจะส่งผลทำให้โคนมไปสลายเอาไขมันมาใช้ประโยชน์เป็นพลังงานทำให้โคผอมลงได้ และจากการศึกษาปริมาณการกินได้โปรตีน พบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีปริมาณการกินได้โปรตีนรวมสูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 และ 3 ทั้งนี้เนื่องจากสูตรอาหารทดลองที่ 2 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าในอาหารสูตรทดลองที่ 1 และ 3 ส่วนปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อพิจารณาในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน และกรัมต่อกิโลกรัมเมธาบอลิก ทั้งนี้เนื่องมาจากโคนมทั้งสามกลุ่มได้รับอาหารข้นในปริมาณเท่ากัน ซึ่งในอาหารข้นมีพลังงาน TDN ใกล้เคียงกันทั้ง 3 สูตรและในอาหารข้นมีพลังงาน TDN สูงกว่าอาหารหยาบมาก ดังนั้นปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบจึงเป็นตัวแปรที่จะทำให้ได้รับพลังงานต่างกันเนื่องจากการได้รับอาหารหยาบในการทดลองเป็นแบบ ad libitum

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการกินได้ของโคนมที่ได้อาหารสูตรทดลอง

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[a]	
ปริมาณการกินได้	**0%**	**10%**	**20%**	**SEM**	**P value**	**L**	**Q**
ปริมาณการกินได้วัตถุแห้ง	----------(kgDM/d)----------						
- อาหารหยาบ	6.87	6.76	6.95	0.35	0.5454	0.5882	0.3418
- อาหารข้น	8.23	8.25	8.26	0.01	0.8476	0.5768	0.9142
- รวม	15.10	15.01	15.21	0.35	0.5491	0.5939	0.3432
g / kg $W^{0.75}$	166	163	172	4.71	0.3577	0.1802	0.6307
ปริมาณการกินได้โปรตีน	----------(g/d)----------						
- อาหารหยาบ	514	501	526	26.82	0.5240	0.5920	0.3202
- อาหารข้น	1620	1846	1693	0.01	0.8476	0.8571	0.5896
- รวม	2134	2347	2219	18.20	0.0924	0.7374	0.0327
g / kg $W^{0.75}$	23.40	25.57	25.09	0.74	0.5910	0.3197	0.8436
ปริมาณการกินได้พลังงานสุทธิ	----------(Mcal/d)----------						
- อาหารหยาบ	8.11	7.89	8.20	0.42	0.8476	0.8377	0.5957
- อาหารข้น	13.92	14.27	13.72	0.85	0.5457	0.5904	0.3413
- รวม	22.03	22.25	21.92	0.42	0.5916	0.5637	0.4017
g / kg $W^{0.75}$	0.24	0.24	0.25	0.01	0.3542	0.1615	0.7856

หมายเหตุ : [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.3 ปริมาณน้ำนมและปริมาณองค์ประกอบของน้ำนม

จากการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดต่อปริมาณน้ำนม พบว่าเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร ปริมาณน้ำนม มีค่าเท่ากับ 14.77, 15.47 และ 14.16 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อปรับปริมาณน้ำนมตามเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมที่ 4% (4 %FCM) ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน มีค่าเป็น 14.82, 16.47 และ 15.67 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาไขมันในน้ำนมเป็นหน่วยกรัมต่อวัน มีค่าเท่ากับ 594, 686 และ 667 กรัม/วัน ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณโปรตีนในน้ำนม (476, 513 และ 472 กรัมต่อวัน ตามลำดับ) และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม (1859, 2069 และ 1930 กรัม/วัน ตามลำดับ) มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนของ ปริมาณแล็คโตสในน้ำนม (697, 763 และ 692 กรัม/วัน ตามลำดับ) ปริมาณของแข็งพร่องไขมันในน้ำนม (1275, 1383 และ 1263 กรัม/วัน ตามลำดับ) พบว่าทั้งปริมาณแล็คโตส และของแข็งพร่องไขมัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast) แสดงไว้ในตารางที่ 4.5

เปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบน้ำนมในสูตรอาหารทดลองที่มีการทดแทนแหล่งพลังงานข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร แสดงไว้ใน ตารางที่ 4.6 พบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม มีค่าเท่ากับ 4.04, 4.51 และ 4.87% ตามลำดับ เช่นเดียวกับปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม (3.22, 3.33 และ 3.36% ตามลำดับ) เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน (8.63, 8.91 และ 8.90% ตามลำดับ) และเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในน้ำนม (12.59, 13.42 และ 13.77% ตามลำดับ) ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥ 0.05) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ส่วนเปอร์เซ็นต์แล็คโตสมีค่าเท่ากับ 4.71, 4.89 และ 4.84% ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast)

จากการทดลองการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด พบว่าเมื่อระดับการทดแทนเพิ่มจาก 0, 10 และ 2% มีผลทำให้ปริมาณน้ำนม ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4% (4% FCM) ปริมาณไขมันในน้ำนม และปริมาณของแข็งรวมในน้ำนม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) สอดคล้องกับรายงานของ Elliott et al. (1995); Pantoja et al. (1994); Mansfield and Stern (1994) และ Ipharraguerre et al. (2002a) ที่รายงานว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงาน ปริมาณน้ำนม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) เมื่อเปรียบเทียบโคที่ได้รับข้าวโพดเป็นแหล่งพลังงาน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการกินได้ของวัตถุแห้ง และการกินได้พลังงานไม่มีความแตกต่างกัน

Gaynor et al. (1995) พบว่าโคที่ได้รับพลังงานสูง จะมีปริมาณผลผลิตน้ำนมเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโคที่ได้รับอาหารที่มีพลังงานมากขึ้น จะเกิดการย่อยสลายพลังงานในกระเพาะหมักมากขึ้น ทำให้สามารถผลิตกรดไขมันได้มากขึ้น และส่งผลให้การผลิตน้ำนมได้เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณโปรตีนนม ปริมาณแล็คโตส และปริมาณของแข็งพร่องไขมันในน้ำนม มีแนวโน้มลดลง เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโคนมที่อยู่ในช่วงต้นของการให้น้ำนมนั้นโคจะให้ผลผลิตน้ำนมในปริมาณที่มากดังนั้นโคนมจึงมีความต้องการพลังงานในการสร้างน้ำนมในปริมาณที่สูงเช่นเดียวกัน ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2 จะเห็นได้ว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวโพดบด แต่มีส่วนของคาร์โบไฮเดรตส่วนที่เป็นโครงสร้างอยู่สูง เช่นเดียวกับค่าพลังงานการย่อยได้ร่วมที่พบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีส่วนของค่าพลังงานย่อยได้ร่วมต่ำกว่าข้าวโพด ดังนั้นเมื่อระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นอาจจะส่งผลทำให้โคนมได้รับพลังงานไม่พอเพียงต่อการให้ผลผลิตน้ำนม

โดยทั่วไปแล้วการลดสัดส่วนของอาหารหยาบลง หรือการเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นขึ้นโคจะให้ผลผลิตนม ไขมัน และโปรตีนเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออาหารข้นเพิ่มขึ้นเกินกว่า 60% การผลิตไขมันในน้ำนมจะลดลง (Aldrich et al., 1993; Grant, 2000; Kennelly, 2000) ทั้งนี้เนื่องมาจากสารอาหารหลักที่ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม คือ กรดอะซิติค (acetic acid, C_2) ซึ่งเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (volatile fatty acid, VFAs) ที่ได้จากการหมักย่อยอาหารหยาบโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน NRC (1988) แนะนำว่าเพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อปริมาณไขมันในน้ำนม ควรมีอาหารหยาบอย่างน้อย 40% ในสูตรอาหารทั้งหมดหรือควรมีเยื่อใย หรือ ADF ไม่น้อยกว่า 17 และ 21% ตามลำดับ ทั้งนี้เพื่อให้ขบวนการหมักของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนดำเนินไปได้ตามปกติ และรักษาสภาพความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนไม่ให้ต่ำเกินไป นอกจากนั้นเยื่อใยในอาหารควรมีคุณสมบัติที่มีความเหมาะสมต่อประสิทธิภาพในขบวนการหมักย่อย (effective fiber) ของจุลินทรีย์โดยควรมีลักษณะเป็นเส้นใยที่ยาว (long form fiber) ซึ่งจะช่วยขบวนการเคี้ยวเอื้อง และการหลั่งน้ำลายเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะให้เหมาะสม (กังวาน, 2546)

4.4.4 น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

น้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงของโคนมที่ได้รับอาหารข้นทดลองที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 พบว่าน้ำหนักตัวของโคนมก่อนการทดลอง มีค่าเท่ากับ 417, 417 และ 410 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักตัวหลังสิ้นสุดการทดลอง มีค่าเท่ากับ415, 419 และ 398 กิโลกรัม ตามลำดับ และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงมีค่าเท่ากับ-63, 50 และ 83 กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

จากการทดลองการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด พบว่าเมื่อระดับการทดแทนเพิ่มจาก 0, 10 และ 20% มีผลทำให้น้ำหนักตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่จะเห็นได้ว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 มีการสูญเสียน้ำหนักตัว (-62.50 กรัม/ วัน) ซึ่งสาเหตุอาจจะเกิดจากโภชนะที่โคได้รับนั้นไม่เพียงพอแก่ความต้องการทำให้ตัวโคต้องใช้พลังงานจากการสลาย ไขมันที่สะสมในตัวออกมาใช้เป็นผลทำให้น้ำหนักโคลดลง ทั้งนี้ กังวาน (2546) กล่าวว่า โดยธรรมชาติแล้วโคจะสูญเสียน้ำหนักตัวมากในช่วงหลังคลอดใหม่ (0-3 เดือน) หรืออยู่ในช่วงแรกของการให้นม (early lactation) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นระยะที่โคผลิตนมได้สูงสุด ประกอบกับการกินอาหารได้น้อยจึงมักจะขาดพลังงานหรือที่เรียกว่าสภาวะการขาดความสมดุลของพลังงาน(negative energy balance) ดังนั้นโคจะดึงพลังงานสำรองที่สะสมในร่างกาย (adipose tissue) มาใช้ส่งผลให้น้ำหนักตัวลดลง อย่างไรก็ตาม การวัดลักษณะการเจริญเติบโตในโครีดนมโดยการชั่งน้ำหนักโคที่ไม่ได้อดอาหาร อาจเกิดความคลาดเคลื่อนได้ง่าย เนื่องจากความผันแปรของน้ำหนักอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารซึ่งมีสูงถึง 10-20% ของน้ำหนักตัว (กังวาน, 2546)

4.4.5 องค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหารและในน้ำนม

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของกรดไขมันในอาหารหยาบและในอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่ากรดไขมันบางตัวในสูตรอาหารในแต่ละสูตรจะแตกต่างกัน เพราะในแต่ละสูตรมีการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองและข้าวโพดในระดับที่แตกต่างกัน

องค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนมของอาหารทั้ง 3 สูตร แสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เช่นเดียวกับปริมาณ CLA เมื่อระดับของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณ C14:1 และ C16:1 ในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณ C18:0 และ C20:2n6 ในน้ำนมมีแนวโน้มลดลงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast)

ปริมาณขององค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม ดังแสดงในตารางที่ 4.13 C14:1 และ C16:1 ในน้ำนมมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณ C18:0 และ C20:2n6 ในน้ำนมมีแนวโน้มลดลง จากรายงาน วิโรจน์ (2546) การสังเคราะห์ไขมันนมในสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องจะผลิตกรดไขมัน โดยใช้กลูโคสเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการไกลโคไลซีส (glycolysis) ได้เป็นสารตัวกลางอะซิติลโคเอ (acetyl CoA) และออกซิโลอาซิเตท (Oxaloacetate) แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะไม่สามารถใช้อะซิติลโคเอ ที่มาจากกลูโคสในไมโตรคอนเดรีย (mitohcodria) ได้ดังนั้นสารตั้งต้นจึงมาจาก 2 แหล่งคือ จากอาหารที่โคกินเข้าไป แล้วย่อยสลายสารอาหารดังกล่าวให้กลายเป็นกรดไขมันระเหยได้ ที่สำคัญสองตัว คือ อะซิเตท และเบต้า-ไฮรดกซิบิวทีเรท โดยเบต้า-ไฮรดกซิบิวทีเรทจะนำมาสังเคราะห์กรดไขมันสายสั้น (C4 – C14) แหล่งที่สองเป็นไขมันโดยตรงที่มาจากอาหารหรือมาจากจุลินทรีย์สร้างขึ้น ซึ่งจะได้รับการดูดซึมที่ลำไส้ในรูปไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride)

ตารางที่ 4.6 แสดงปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนม

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[/a]	
	0%	**10%**	**20%**	**SEM**	**P value**	**L**	**Q**
ปริมาณน้ำนม	**----------(กิโลกรัม/วัน)----------**						
- ปริมาณน้ำนม	14.77	15.47	14.16	0.95	0.1710	0.0635	0.9317
- ปริมาณน้ำนมปรับไขมัน 4 %	14.82	16.47	15.67	0.82	0.2898	0.1339	0.6612
องค์ประกอบของน้ำนม	**----------(กรัม/วัน)----------**						
- ปริมาณไขมันนม	594	686	667	34.65	0.4719	0.3000	0.5205
- โปรตีนนม	476	513	472	27.56	0.1428	0.0513	0.9574
- ปริมาณแล๊คโตส	697	763	692	52.34	0.1015	0.0346	0.9360
- ปริมาณของแข็งพร่องไขมัน	1275	1383	1263	85.96	0.1145	0.0397	0.9444
- ปริมาณของแข็งรวมในนม	1859	2069	1930	114.07	0.1692	0.0640	0.8242

หมายเหตุ : [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.7 แสดงองค์ประกอบของน้ำนม

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[/a]	
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
เปอร์เซ็นต์	----------(%)----------						
- ไขมันนม	4.04	4.51	4.87	0.25	0.3360	0.1746	0.5750
- โปรตีนนม	3.22	3.33	3.36	0.06	0.8827	0.6217	0.9931
- แล๊คโตส	4.71	4.89	4.84	0.09	0.1087	0.0375	0.9648
- ของแข็งพร่องไขมัน	8.63	8.91	8.90	0.34	0.2887	0.1194	0.9737
- ของแข็งรวมในนม	12.59	13.42	13.77	0.11	0.7665	0.5366	0.7082

หมายเหตุ : [a/] เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

ตารางที่ 4.8 แสดงน้ำหนักตัวและน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[/a]	
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
น้ำหนักตัว (กิโลกรัม)							
- ก่อนการทดลอง	417	417	410	18.59	0.4082	0.2068	0.6808
- หลังการทดลอง	415	419	398	18.08	0.6530	0.3709	0.8562
น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง (กรัม/วัน)	-63	50	83	177.09	0.2695	0.1625	0.4128

หมายเหตุ : [a/] เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.9 แสดงองค์ประกอบของกรดไขมันในสูตรอาหาร

Fatty acid profile	ข้าวโพดหมัก	หญ้าหมัก	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง		
			0%	10%	20%
	----------(% of total fatty acid)----------				
C8:0	-	-	1.39	1.30	1.39
C10:0	-	-	1.52	1.53	1.57
C12:0	1.35	2.25	26.24	27.17	26.07
C14:0	1.38	1.33	9.67	10.02	9.45
C15:0	1.95	2.55	-	-	-
C16:0	26.45	24.13	18.53	20.33	18.46
C18:0	5.41	3.81	3.83	4.23	3.98
C18:1n9c	7.64	3.67	22.57	23.65	20.88
C18:2n6c	21.04	20.32	14.96	17.03	15.84
C20:0	1.78	2.14	0.33	0.00	0.00
C18:3n3	24.50	35.03	0.97	1.80	2.37
C22:0	2.30	1.60	-	-	-
C24:0	6.20	3.81	-	-	-

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.10 ผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำนม

Fatty acid profile	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast [/a]	
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
	------(mg/g milk fat)-------						
C4:0	8.04	8.89	9.69	0.11	0.7513	0.6318	0.5664
C6:0	6.69	8.09	7.87	0.74	0.6912	0.4995	0.6056
C8:0	4.23	5.21	5.01	0.46	0.7054	0.4856	0.6585
C10:0	10.07	12.56	11.48	1.10	0.7945	0.5832	0.7014
C11:0	1.31	1.47	1.52	0.15	0.2213	0.0936	0.7169
C12:0	29.39	33.74	31.94	2.30	0.8824	0.9683	0.6238
C13:0	0.85	1.16	1.12	0.13	0.2193	0.0884	0.8378
C14:0	72.71	80.13	78.39	0.78	0.6132	0.9622	0.3312
C14:1	7.50	7.80	9.25	0.93	0.6609	0.0335	0.2710
C15:0	5.11	5.93	5.85	0.33	0.8222	0.8641	0.5541
C16:0	204.64	207.02	226.73	11.16	0.2497	0.5834	0.1190
C16:1	10.54	10.60	16.76	2.09	0.0672	0.0224	0.8877
C18:0	44.17	47.45	46.83	4.25	0.1114	0.0456	0.5644
C18:1n9t	6.99	4.83	8.32	1.39	0.8471	0.9343	0.5750
C18:1n9c	103.92	116.63	126.06	9.37	0.2787	0.9621	0.1160
C18:2n6t	0.30	0.53	0.54	0.08	0.5817	0.4632	0.4671
C18:2n6c	5.90	7.11	7.36	0.64	0.2749	0.3382	0.1951
C18:3n3	0.74	1.06	1.16	0.13	0.3801	0.4536	0.2437
C20:0	0.76	0.75	0.71	0.07	0.1514	0.0559	0.9925
CLAa	2.89	2.50	2.63	0.35	0.1285	0.3056	0.0774
C20:2n6	0.20	0.49	0.45	0.05	0.0849	0.0360	0.4750
C22:4n6	0.75	1.08	0.97	0.10	0.3289	0.4580	0.1977
C24:0	0.72	1.09	0.55	0.22	0.4666	0.3128	0.4845

หมายเหตุ: [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean; CLAa = cis-9, trans-11octadecadienoic acid

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.6 การประมาณค่าโปรตีนและพลังงานของโคนมที่ได้รับอาหารข้นสูตรทดลอง

ผลของโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับจากอาหารข้นสูตรทดลองทั้ง 3 สูตร ร่วมกับอาหารหยาบ แสดงไวในตารางที่ 4.14 โดยที่สามารถวิเคราะห์ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของโปรตีนโดยวิธี Nylon bag technique พบว่า RDP_{sup} มีค่าเท่ากับ 1325, 1541 และ 1410 กรัม/วัน ตามลำดับ และ RUP_{sup} มีค่าเท่ากับ 828, 829 และ 823 กรัม/วัน ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง3 กลุ่มการทดลอง

ความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) ที่สามารถคำนวณได้จากสมการของ NRC (2001) แสดงไว้ดังตารางที่ 4.14 พบว่าความต้องการโปรตีนย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{req}) ของโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 1498 กรัม/วัน โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 1500 กรัม/วัน และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 1480 กรัม/วัน ซึ่งกลุ่มการทดลองที่ 1 และกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับ RDP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการเท่ากับ –172 และ -70 กรัม/วัน ตามลำดับ ในส่วนของความต้องการโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RUP_{req}) พบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 1 โคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 และโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับ RUP_{req} เท่ากับ 759, 854 และ 772 กรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งพบว่าโคนมในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับ RUP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการเท่ากับ –25 กรัม/วัน ตามลำดับจากผลการศึกษา แต่พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

นอกจากนี้โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน เท่ากับ 1273, 1275 และ1258 กรัม/วัน ตามลำดับ และความต้องการโปรตีนทั้งหมด มีค่าเท่ากับ 1287, 1338 และ1285 กรัม/วัน ตามลำดับ พบว่าโปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีนและความต้องการโปรตีนทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

การจำแนกพลังงานใช้ประโยชน์เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ของโคนมที่ได้รับอาหารที่ใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดทั้ง 3 ระดับ ตามสมการ NRC (2001) ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.16 พบว่าการกินได้ของพลังงานสุทธิ (NE_L intake) มีค่าเท่ากับ 22.02, 22.25 และ 21.92 Mcal/วัน ตามลำดับ ในส่วนของพลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM}) ของอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 7.36, 7.38 และ 7.20 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL}) มีค่าเท่ากับ 10.96, 12.13 และ11.51 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG}) มีค่าเท่ากับ 0.99, 0.68 และ1.43 Mcal/วัน ตามลำดับ พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR}) มีค่าเท่ากับ 19.30, 20.18 และ 20.13 Mcal/วัน ตามลำดับ และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน มีค่าเท่ากับ 0.82, 0.86 และ 0.88 ตามลำดับ จากผลการศึกษาพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

ผลของโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup}) ของโคนมที่ได้รับจากอาหารข้นสูตรทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่า RDP_{sup} และ RUP_{sup} ที่ศึกษาไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ทั้งนี้ผลเนื่องมาจากการกินได้ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้ได้รับ RDP_{sup} และ RUP_{sup} ทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่แตกต่างกัน

ความต้องการโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{reg}) และโปรตีนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{reg}) ที่คำนวณตามสมการ NRC (2001) แสดงไว้ในตารางที่ 4.13 พบว่าโคนม กลุ่มการทดลองที่ 1 และ 3 ได้รับโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP_{sup}) ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งอาจแก้ไขปัญหาได้โดยการเสริมแหล่งโปรตีนในอาหาร เช่น ยูเรีย เพื่อเป็นแหล่งของแอมโมเนียไนโตรเจนสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เพราะทั้งนี้โปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมัก (RDP) มีผลต่อปริมาณการกินได้ ซึ่งพบว่าโคได้ที่รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักสูงกว่าจะส่งผลให้ปริมาณการกินได้สูงกว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนที่สามารถย่อยสลายได้น้อยในกระเพาะหมัก Claypool et al. (1980) พบว่าสาเหตุที่โปรตีนไปมีผลต่อปริมาณการกินได้เป็นเพราะว่าโคที่ได้รับอาหารที่มีโปรตีนสูงกว่าจะทำให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักได้รับไนโตรเจนเพียงพอต่อการเจริญเติบโต ซึ่งจะส่งผลให้การย่อยได้สูงขึ้น การไหลผ่านของอาหารจากกระเพาะหมักก็เพิ่มสูงขึ้นทำให้โคสามารถกินอาหารได้มากขึ้น แต่ทั้งนี้การใช้ยูเรียต้องใช้ในระดับที่พอเพียงสำหรับจุลินทรีย์เท่านั้น ไม่ควรใช้ในระดับที่เกินความต้องการของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก เนื่องจากโคจะได้รับอันตรายจากความเป็นพิษของแอมโมเนีย (วิโรจน์, 2546) และระดับที่ปลอดภัยคือควรใช้ยูเรียไม่เกิน 3% ของอาหารข้นหรือ 1% ของอาหารทั้งหมดในโครีดนม (ฉลอง, 2541) นอกจากนี้ยังพบว่าในกลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับโปรตีนที่ไม่ย่อยสลาย ในกระเพาะหมัก RUP_{sup} ไม่เพียงพอต่อความต้องการ ซึ่งอาจแก้ไขปัญหาได้โดยการ ใช้ by pass protein เพื่อให้สัตว์ได้รับโปรตีนตามที่ต้องการ ทั้งนี้ส่วนของโปรตีนที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักจะมีผลต่อสมดุลกรดอะมิโนในสัตว์ ซึ่งมีผลต่อการควบคุมกลไกการควบคุมการกินได้ (Egan and Moir, 1965) ถ้ากรดอะมิโนไม่สมดุลจะไปมีผลต่อวิถีเมตาโบไลต์ในสัตว์ลดการใช้ประโยชน์ของสารตั้งต้น เนื่องจากการขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นจะมีผลทำให้การทำงานของเอนไซม์ในวิถีเมตาโบไลต์ ซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนย้ายสารอาหารในวัฏจักร ดังนั้นอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการกระตุ้นเคโมรีเซพเตอร์ ไปมีผลต่อสมองที่ควบคุมการกินได้ของสัตว์ (Forbes, 1986)

ตารางที่ 4.11 แสดงการได้รับโปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RDP) โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP)

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[/a]	
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
	----------(กรัม/ตัว/วัน)----------						
โปรตีนย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RDP_{sup})	1325	1541	1410	36.47	0.9916	0.9869	0.8981
โปรตีนไม่ย่อยสลายในกระเพาะหมัก (RUP_{sup})	828	829	823	13.44	0.5639	0.5527	0.3773

หมายเหตุ : [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.12 แสดงปริมาณของโปรตีนที่ได้รับจากอาหารและโคนมต้องการ

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[a/]	
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
	----------(กรัม/ตัว/วัน)----------						
ความต้องการ RDP_{reg}	1498	1500	1480	28.78	0.5660	0.5421	0.3854
RDP_{sup} จากอาหาร	1325	1541	1410	36.47	0.9916	0.9869	0.8981
ขาด/เกิน	-172	42	-70	35.46	0.633	0.6297	0.4033
โปรตีนที่ได้รับจากจุลินทรีย์โปรตีน(MCP)	1273	1275	1258	24.46	0.5660	0.5422	0.3854
ความต้องการโปรตีนทั้งหมด (MP_R)	1287	1338	1285	50.39	0.2297	0.0939	0.7801
ความต้องการ RUP_{reg}	759	854	773	74.58	0.1673	0.0617	0.9747
RUP_{sup} จากอาหาร	828	829	823	13.44	0.5639	0.5527	0.3773
ขาด/เกิน	70	-25	50	68.85	0.1515	0.0560	0.8350

หมายเหตุ : [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.13 แสดงพลังงานที่โคนมต้องการเพื่อกิจกรรมต่างๆ และที่โคนมได้รับจากอาหาร

	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast/[a]	
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
	----------(Mcal/วัน)----------						
การกินได้พลังงานสุทธิ (NE_L intake)	22.02	22.25	21.92	0.42	0.5916	0.5637	0.4017
พลังงานสุทธิเพื่อการดำรงชีพ (NE_{LM})	7.36	7.38	7.20	0.24	0.5077	0.2655	0.7652
พลังงานสุทธิเพื่อการผลิตน้ำนม (NE_{LL})	10.96	12.13	11.51	0.33	0.2562	0.1117	0.7009
พลังงานสุทธิเพื่อการเพิ่มน้ำหนักตัว (NE_{LG})	0.99	0.68	1.43	0.57	0.8127	0.5590	0.7996
พลังงานสุทธิสะสม (NE_{LR})	19.30	20.18	20.13	0.80	0.7089	0.5093	0.6232
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (Efficiency)	0.82	0.86	0.88	0.04	0.8006	0.5175	0.9004

หมายเหตุ : [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.7 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง

การศึกษาการย่อยสลายของวัตถุแห้ง และอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่มการทดลองและอาหารหยาบ พบว่าเมื่อมีระยะเวลาอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้นอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง และอาหารหยาบมีอัตราการย่อยสลายได้ในกระเพาะหมักเพิ่มขึ้นตามเวลา โดย *dg*DM ของอาหารข้นทั้ง 3 กลุ่มมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 60.0, 61.6 และ 60.6% ตามลำดับ และอาหารหยาบ คือ ข้าวโพดหมัก และหญ้าหมัก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 38.4 และ 38.5% ตามลำดับ

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆ นี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย ∅rskov and Mcdonald (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 4.17 ค่าการละลาย (A) ของวัตถุของสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 37.7, 34.8 และ 33.8 ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้ง ของอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 44.4, 54.8 และ 51.7 ตามลำดับ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 82.1, 89.6 และ 85.5 ตามลำดับ และอัตราการสลายตัว (c) ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 0.031, 0.027 และ 0.033 ตามลำดับ

4.4.8 การสลายตัวของโปรตีนรวม

ปริมาณโปรตีนรวมที่สลายตัวไปของอาหารทดลองที่ผสมด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทั้ง 3 ระดับ ณ ชั่วโมงต่าง ๆ เมื่อนำไปบ่มในกระเพาะหมักของโคทดลอง แสดงในตารางที่ 4.18 พบว่าอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร มีอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนรวม (*dg*CP) มีค่าเท่ากับ 65.3, 68.9 และ 67.2% ตามลำดับ

เมื่อนำค่าโปรตีนรวมที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่าง ๆนี้ไปคำนวณโดยโปรแกรม NEWAY ตามสมการที่เสนอโดย ∅rskov and Mcdonald (1979) พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่แสดงในตารางที่ 4.17 ค่าการละลาย (A) ของโปรตีนรวมของสูตรอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 36.2, 44.8 และ 50.0 ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของโปรตีนรวมของอาหารทั้ง 3 สูตร มีค่าเท่ากับ 40.0, 34.0 และ 29.0 ตามลำดับ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของโปรตีนรวม มีค่าเท่ากับ 76.2, 78.8 และ 79.2 ตามลำดับ และอัตราการสลายตัว (c) ของวัตถุแห้ง มีค่าเท่ากับ 0.060, 0.069 และ 0.057 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.14 แสดงการย่อยสลายได้วัตถุแห้งและอัตราการย่อยสลายได้วัตถุแห้งของอาหารหยาบและอาหารผสม 3 สูตร

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง									$dg^{/1}$
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	
Degradability of DM	----------(%)----------									
ข้าวโพดหมัก	19.9	-	-	27.5	36.5	42.1	51.2	66.4	71.6	38.4
หญ้าหมัก	15.4	-	-	27.9	37.8	42.6	56.3	60.3	67.5	38.5
0 % SH	37.7	48.5	50.1	52.0	58.2	64.7	74.2	-	-	60.0
10 % SH	34.8	47.2	50.2	52.7	59.9	64.8	78.0	-	-	61.1
20 % SH	33.8	47.0	49.8	50.5	58.5	66.4	77.0	-	-	60.6

หมายเหตุ: /1Effective degradability of DM

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.15 แสดงการย่อยสลายได้โปรตีนและอัตราการย่อยสลายได้โปรตีนของอาหารหยาบและอาหารผสม 3 สูตร

วัตถุดิบ	วัตถุแห้ง									
	0 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	$dg^{/1}$
Degradability of CP	----------(%)----------									
ข้าวโพดหมัก	35.2	-	-	44.5	49.9	57.4	62.8	73.5	74.3	52.2
หญ้าหมัก	26.0	-	-	48.9	49.2	51.9	56.3	60.5	62.9	51.1
0%SH	36.2	51.1	60.7	61.9	63.1	69.0	75.6	-	-	65.3
10%SH	44.8	54.8	62.9	66.4	68.5	70.8	79.6	-	-	68.9
20%SH	50.0	53.3	60.2	64.2	65.1	71.2	78.3	-	-	67.2

หมายเหตุ /1 Effective degradability of CP

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 4.16 แสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายวัตถุแห้งและการย่อยสลายโปรตีนของอาหารหยาบและอาหารผสม 3 สูตร

	วัตถุดิบ				
Disappearance (%)	**ข้าวโพดหมัก**	**หญ้าหมัก**	**0%SH**	**10%SH**	**20%SH**
DM Disappearance (%)					
A	19.9	15.4	37.7	34.8	33.8
B	70.4	56.4	44.4	54.8	51.7
c	0.013	0.023	0.031	0.027	0.033
A + B	90.4	71.9	82.1	89.6	85.5
Effective Disappearance (%)*	38.4	38.5	60.0	61.0	60.6
CP Disappearance (%)					
A	35.2	26.0	36.2	44.8	50.0
B	45.6	56.2	40.0	34.0	29.2
c	0.020	0.006	0.060	0.069	0.057
A + B	80.8	82.3	76.2	78.8	79.2
Effective Disappearance (%)*	52.2	51.1	65.3	68.9	67.2

หมายเหตุ: * Outflow rate (fraction/h) = 0.05

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.4.9 ผลตอบแทนทางการเงิน

จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน พบว่า โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 10% ให้ผลตอบแทนทางการเงินมากที่สุด กล่าวคือ มีรายได้มากกว่ารายจ่าย สูงกว่ากลุ่มควบคุม เท่ากับ 156.35 – 141.50 = 14.85 บาท/ตัว/วัน ส่วนโครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 20% ให้ผลตอบแทนทางการเงินน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ดังนี้จึงสรุปได้ว่า ระดับการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 10% ในสูตรอาหารข้นสำหรับโคนมเหมาะสมที่สุด

ตารางที่ 4.17 ผลตอบแทนทางการเงินเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับต่างๆ

รายการ (บาท/ตัว/วัน)	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง		
	0%	**10%**	**20%**
- รายได้จากน้ำนมดิบ	251.09	262.99	240.72
- ต้นทุนอาหารข้น	71.42	69.08	66.74
- ต้นทุนอาหารหยาบ	38.17	37.56	38.61
- รวมต้นทุนค่าอาหาร	109.59	106.64	105.36
- รายได้มากกว่ารายจ่าย	141.50	156.35	135.36

ราคาน้ำนมดิบที่เกษตรกรขายได้ 17.00 บาท/กิโลกรัม

ต้นทุนอาหารข้นต่อกิโลกรัม 0% SH = 7.94 บาท; 10% SH = 7.68 บาท; 20% SH = 7.42 บาท

ต้นทุนอาหารหยาบต่อกิโลกรัมน้ำหนักสด 1.50 บาท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

บทที่ 5
การศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารข้นต่อการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

5.1 บทนำ

การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารข้นของโคนมอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักเนื่องจากการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารโคนม

5.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดในอาหารข้นต่อการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก

5.3 วิธีดำเนินการทดลอง

5.3.1 สัตว์ทดลอง

จัดแผนการทดลองแบบ 3x3 Latin square โดยใช้โคเจาะกระเพาะ (fistulated non-lactating dairy cows) ลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชียน จำนวน 3 ตัว เพื่อศึกษาการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งวัตถุดิบพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้น ต่อการเปลี่ยนแปลงของนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก ที่ระดับทดแทน 3 ระดับ คือ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร โคจะได้รับหญ้าหมักเป็นอาหารหยาบ

5.3.2 อาหารทดลอง

อาหารทดลองที่ 1 (T1) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 0%SH ในสูตรอาหารข้น

อาหารทดลองที่ 2 (T2) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 10%SH ในสูตรอาหารข้น

อาหารทดลองที่ 3 (T3) เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 20%SH ในสูตรอาหารข้น

5.3.3 เก็บข้อมูล และวิเคราะห์ตัวอย่าง

โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ช่วงการทดลอง ๆ ละ 14 วัน และสุ่มเก็บตัวอย่างในช่วง 2 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง โดยทำการบันทึกและเก็บข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

5.3.3.1 ความเป็นกรด - ด่าง (Rumen pH)

สุมเก็บตัวอย่าง Rumen fluid 50 ml บีกเกอร์ขนาด 100 ml วัดการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ของกระเพาะหมักทันทีหลังจากเก็บตัวอย่างโดยใช้เครื่อง pH/Temperature meter

5.3.3.2 แอมโมเนีย – ไนโตรเจน (NH_3N)

สุ่มเก็บตัวอย่าง rumen fluid ปริมาตร 20 ml ใส่หลอดทดลองชนิดมีฝาจุกขนาด 25 ml บรรจุด้วย 6 N HCl ปริมาตร 5 ml จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 3000 รอบ/เวลา เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนของเหลวใส (Supernatant) ลงในขวดขนาด 25 ml ปิดด้วยฝาจุกเกลียวเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ –20°C เพื่อนำไปวิเคราะห์หาแอมโมเนีย – ไนโตรเจน

5.3.3.3 กรดไขมันระเหยได้ Volatile fatty acids (VFA_s)

สุ่มเก็บตัวอย่าง rumen fluid ปริมาตร 20 ml ใส่หลอดทดลองชนิดมีฝาจุกขนาด 25 ml บรรจุด้วย 6 N HCl ปริมาตร 5 ml จากนั้นนำหลอดตัวอย่างไปปั่นเหวี่ยง (Centrifuge) ที่ 3000 รอบ/เวลา เป็นเวลา 15 นาที เก็บเอาเฉพาะส่วนของเหลวใส (Supernatant) ลงในขวดขนาด 25 ml ปิดด้วยฝาจุกเกลียว เก็บรักษาไว้ที่ อุณหภูมิ –20°C จนกว่าจะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณกรดไขมันระเหยได้ ที่สำคัญ ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิออนิก และกรดบิวทีริก ด้วยเครื่อง Gas Chromatographic (GC)

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี F-test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Orthogonal polynomial วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1988)

5.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.4.1 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหาร มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของของเหลวในกระเพาะหมัก ที่เวลาต่าง ๆ หลังให้อาหาร 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง ในกลุ่มการทดลองที่ 1 มีค่าเท่ากับ 6.99, 6.92, 6.76 และ 6.71 ตามลำดับ กลุ่มการทดลองที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.01, 6.94, 6.82 และ 6.77 ตามลำดับ และในกลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่าเท่ากับ 6.94, 6.99, 6.79 และ 6.77 ที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังให้อาหาร ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดทั้ง 3 ระดับ พบว่าการเปลี่ยนแปลงในระดับค่าเฉลี่ยของ pH ภายในกระเพาะหมักที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมงหลังให้อาหาร พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ปัจจัยหนึ่งที่สำคัญซึ่งมีผลต่อระบบนิเวศวิทยาในกระเพาะหมัก คือ ค่า pH (Power of H^+ gradient; pH) โดยค่า pH จะมีผลกระทบต่อทั้งสปีชีส์ และจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ เนื่องจากมีความสัมพันธ์ต่อการทำงานของเอนไซม์ภายในเซลล์ของแบคทีเรีย (Moat and Foster, 1995) และมีผลต่อการดูดซึมโภชนะต่าง ๆ ผ่านผนังกระเพาะหมักด้วย (Church, 1979) สภาพภายในกระเพาะหมักที่มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตมากของจุลินทรีย์มาก คือ มี pH อยู่ระหว่าง 5.5 – 7.0 อุณหภูมิเฉลี่ย 39 – 40°C (ฉลอง, 2544) จากการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด ที่ระดับ 0, 10 และ 20% พบว่าค่าเฉลี่ยของ pH ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับ Pantoja et al. (1994) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง

เป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด พบว่าค่าเฉลี่ยของ pH มีค่าเท่ากับ 6.05 และ 5.96 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับ Mansfield and Stern (1994) และเช่นเดียวกับ Elliott et al. (1995) พบว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด มีค่า pH ไม่แตกต่างกัน และจากการทดลองเมื่อพิจารณาความเป็นกรด-ด่างตามเวลาหลังการให้อาหารที่ 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง พบว่าค่า pH มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากมีการผลิตกรดไขมันระเหยได้ เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และเนื่องจากกรดไขมันระเหยได้เป็นกรดไขมันที่ละลายในน้ำได้ (lipid soluble compounds) มีคุณสมบัติในการจับปล่อยโปรตอน (H^+) ได้ (Forbes and France, 1993) ดังนั้นเมื่อกรดไขมันระเหยได้ทั้งหมดมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ระดับ pH จึงค่อย ๆ ลดลงด้วย ซึ่ง Russell (1991) และ Russell and Dombrowski (1980) ได้สรุปว่า pH เป็นปัจจัยแรกในการเปลี่ยนแปลงสปีชีส์ และจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก กล่าวคือ ถ้า pH ต่ำจะทำให้มี amylolytic และ acid tolerant bacteria เพิ่มขึ้นแต่ถ้า pH สูงกว่า 6 จะทำให้จำนวน Cellulolytic bacteria เพิ่มขึ้นโดยให้เหตุผลว่า pH มีความสัมพันธ์กับ proton motive force ในปฏิกิริยา Uncoupler action ที่เซลล์เมมเบรนของแบคทีเรีย (Moat and Foster, 1995) ซึ่งมีผลต่อการแลกเปลี่ยนประจุ cation และ anion compounds ภายนอกและภายในเซลล์แบคทีเรีย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน แต่อย่างไรก็ตามจากการทดลองค่าเฉลี่ยของความเป็นกรดด่างของของเหลวในกระพาะหมักก็อยู่ในระดับที่ปกติและเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

5.4.2 ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

จากการศึกษาทดลองการเปลี่ยนแปลงระดับแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะหมักในโคเจาะกระเพาะที่ได้รับอาหารสูตรทดลองโดยใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 10 และ 20%ในสูตรอาหาร เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมักที่เวลา 0, 2 และ 6 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่พบว่าที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบเส้นโค้งกำลังสอง (Quadratic contrast) และชั่วโมงที่ 6 หลังการให้อาหาร พบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจน ที่สามารถวิเคราะห์ในกระเพาะหมักนั้นมีความผันแปรมาก ซึ่งอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เมธา (2533) รายงานความเข้มข้นไว้ดังนี้ กรดอะมิโนอิสระ 0.1 – 1.5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (mg%) แอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) อยู่ระหว่าง 0-13 mg% และมีโปรตีนไนโตรเจน (protein-N) อยู่ระหว่าง 100-400 mg% จากการทดลองใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพด ที่ระดับ 0, 10 และ 20% พบว่าเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนของของเหลว

ในกระเพาะหมัก ที่เวลา 0 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กลุ่มการทดลองที่มีการทดแทนเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 30% มีความเข้มข้นของสารประกอบไนโตรเจนมากที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก กลุ่มการทดลองที่มีการทดแทนเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 30% มีอัตราการย่อยสลาย (ค่า c) หรือความเร็วในการย่อยสลายอาหารส่วนที่ไม่ละลายน้ำแต่สามารถถูกหมักย่อยได้ ซึ่งคิดเป็นส่วนต่อชั่วโมง (fraction/hour) สูงกว่า กลุ่มการทดลองที่มีการทดแทนเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 0% และ 10% โดยสรุปแล้วมีความเข้มข้นสูงขึ้น ณ เวลา 2 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร แล้วลดลง ณ เวลา 4 และ 6 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร ทั้งนี้เนื่องจากถูกใช้โดยจุลินทรีย์และยังถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมน ซึ่งการดูดซึมแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะหมักนั้นอัตราการเกิดจะเกิดได้เร็วเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะหมักมากกว่า 7.5 และเมื่อระดับความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 6.5 –7.5 นั้นอัตราการดูดซึมแอมโมเนียจะช้าลง และแอมโมเนียจะถูกนำไปใช้สังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีนมากกว่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมจากกระเพาะหมักเข้าสู่กระแสเลือด และผ่านเข้าสู่ตับสู่วัฏจักรยูเรีย

อย่างไรก็ตามระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ โดย Satter and Slyter (1974) รายงานระดับที่เหมะสมคือ 5-8 mg/dl ส่วน Windschitl (1991) รายงานระดับแอมโมเนียไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน คือ 11.8-18.3 mg/dl ขณะที่ Mehrez et al. (1977) รายงานระดับเหมาะสมอยู่ระหว่าง 15-20 mg/dl ซึ่งค่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจน จากการทดลองในครั้งนี้ก็อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตหรือการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน (7.98 – 13.96 mg/dl) แต่อย่างไรก็ตาม เมธา (2533) กล่าวว่าความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนต่อการสังเคราะห์จุลินทรีย์โปรตีน ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารโดยเฉพาะแหล่งคาร์โบไฮเดรต ความสามารถในการละลายได้ของโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และสภาพนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักที่เหมาะสม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่าง (pH) และแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร

ที่เวลาหลังการให้อาหาร (ชั่วโมง)	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[a/]	
	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
pH							
Hour 0	6.99	7.01	6.94	0.07	0.2593	0.7600	0.6550
Hour 2	6.92	6.94	6.99	0.05	0.1676	0.4523	0.3970
Hour 4	6.76	6.82	6.79	0.15	0.6575	0.8818	0.8456
Hour 6	6.71	6.77	6.77	0.10	0.2249	0.8293	0.9005
NH_3N	----------(mg/dl)----------						
Hour 0	7.98	8.14	10.16	0.58	0.3192	0.1178	0.3119
Hour 2	13.47	12.56	13.96	0.87	0.6356	0.7243	0.3941
Hour 4	11.82	9.13	12.71	0.43	0.0971	0.2675	0.0276
Hour 6	8.93	8.16	9.24	0.18	0.0188	0.2934	0.0552

หมายเหตุ : [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

4.3.3 ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (Volatile fatty acid; VFA_s) ของของเหลวในกระเพาะหมัก

ระดับความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ของของเหลวในกระเพาะหมัก ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณของกรดอะซิติก กรดโพรพิออนิก กรดบิวทีริก และอัตราส่วนอะซิติกต่อโพรพิออนิก ที่เวลาต่าง ๆ เมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในระดับ 0, 10 และ 20% แสดงไว้ในตารางที่ 5.2 พบว่าระดับความเข้มข้นของกรดอะซิติก กรดโพรพิออนิก กรดบิวทีริก และอัตราส่วนอะซิติกต่อโพรพิออนิก ที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ของทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

แต่ระดับความเข้มข้นของกรดโพรพิโอนิก และอัตราส่วนของกรดอะซิติกต่อโพรพิออนิก ที่ชั่วโมงที่ 6 หลังการให้อาหาร มีแนวโน้มลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast)

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของกรดไขมันระเหย คือ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก และอัตราส่วนกรดอะซิติกต่อโพรพิโอนิก เมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงาน

ทดแทนข้าวโพด ที่ชั่วโมง 0, 2, 4 และ 6 หลังการให้อาหาร ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยมีรูปแบบที่มีความเข้มข้นสูงขึ้น ณ เวลา 4 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร แล้วลดลง ณ เวลา 6 ชั่วโมง หลังการให้อาหาร ทั้งนี้เนื่องจากถูกดูดซึมผ่านผนังรูเมน Forbes and France (1993) รายงานว่า ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ขึ้นอยู่กับปริมาณการกินได้ทั้งหมด นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณจุลินทรีย์โปรตีนที่ผลิตได้ กล่าวคือถ้ามีการเจริญของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสูงก็จะสามารถผลิตกรดไขมันที่ระเหยได้ในสัดส่วนที่สูง (Preston and Lean, 1987) ทั้งนี้เนื่องจากมีกระบวนการหมักที่มีประสิทธิภาพ และความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้นั้นมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ของอาหารหยาบ ซึ่งสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกจะมีอิทธิพลมาจากอาหารที่สัตว์ได้รับ โดยสัตว์ที่กินอาหารหยาบได้มากก็จะผลิตกรดอะซิติกสูง และสัตว์ที่กินอาหารข้นที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบสูงก็จะมีการผลิตกรดโพรพิออนิกได้สูงเช่นกัน (Dado and Allen, 1995) อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของกรดไขมันที่ระเหยได้ในกระเพาะหมักขึ้นอยู่กับอัตราในการผลิต และการดูดซึมผ่านผนังกระเพาะหมัก ซึ่งหากอัตราในการผลิตมีมากกว่าอัตราการดูดซึมก็จะมีการสะสมอยู่ในกระเพาะหมักมากขึ้น

โดยปกติแล้วกรดไขมันระเหยได้ถือเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยเฉพาะกรดโพรพิออนิก จะมีผลต่อการให้ผลผลิต (Aiello et al., 1989) และสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกที่เพิ่มขึ้นจะมีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตน้ำนมเป็นอย่างมาก ซึ่งสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิออนิกจะมีอิทธิพลจากอาหารที่สัตว์กิน โดยสัตว์ที่กินอาหารหยาบสูงจะผลิตกรดอะซิติกสูง ส่วนสัตว์ที่กินอาหารข้นที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบสูงก็จะมีผลผลิตของกรดโพรพิออนิกสูง (Dado and Allen, 1995) จึงมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตน้ำนม นอกจากนี้กรดไขมันระเหยได้ยังมีผลต่อองค์ประกอบในน้ำนมด้วย ซึ่งกรดอะซิติกและกรดบิวทีริก จะเป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์ไขมันในน้ำนม (Gransworthy, 1988) โดยไขมันในน้ำนมจะมีส่วนประกอบเป็นกรดไขมันสายยาว ซึ่งได้จากการสังเคราะห์ในเยื่อบุไขมันของต่อมน้ำนม และจากอาหาร โดยความยาวของกรดไขมันสายยาวในน้ำนม ได้จากกรดไขมันระเหยได้ ที่เป็น primer ได้แก่ เบต้าไฮดรอกซิบิวทิเรท และอะซิเตท โดยกรดบิวทีริก จะเพิ่มความยาวโดยการเพิ่มคาร์บอนทีละสองตัว (elongation) ทำให้ได้กรดไขมันสายยาวในน้ำนม (เมธา, 2533; ฉลอง, 2541)

ตารางที่ 5.2 แสดงผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid; VFA_s) ของของเหลวในกระเพาะหมักที่เวลาต่าง ๆ หลังการให้อาหาร

ที่เวลาหลังการให้อาหาร (ชั่วโมง)	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง			SEM	P value	Contrast[/a]	
	0%	10%	20%			L	Q
Acetate; C_2	--------(mol/100mol)--------						
Hour 0	76.17	76.62	77.45	0.67	0.1331	0.3112	0.8420
Hour 2	75.19	74.87	76.40	0.56	0.2114	0.2635	0.4376
Hour 4	76.16	73.75	75.39	0.74	0.1935	0.5408	0.6008
Hour 6	77.23	75.55	76.07	0.48	0.1706	0.2258	0.3957
Propionate; C_3	--------(mol/100mol)---------						
Hour 0	15.14	16.01	15.61	0.59	0.6086	0.6300	0.4720
Hour 2	16.77	16.59	16.98	0.12	0.0548	0.7073	0.5602
Hour 4	15.13	16.61	16.26	0.61	0.4589	0.3229	0.3433
Hour 6	13.76	15.30	15.09	0.19	0.0928	0.0377	0.0633
Butyrate; C_4	--------(mol/100mol)---------						
Hour 0	8.94	8.51	7.36	0.61	0.1749	0.2104	0.0872
Hour 2	9.43	9.19	8.07	0.55	0.2420	0.2254	0.3882
Hour 4	9.17	9.52	8.55	0.12	0.6595	0.7313	0.6817
Hour 6	8.70	8.34	9.09	0.29	0.0507	0.4376	0.2568
C_2:C_3							
Hour 0	5.04	4.99	5.27	0.39	0.7024	0.7063	0.5406
Hour 2	4.54	4.95	4.53	0.14	0.117	0.9863	0.6785
Hour 4	5.07	4.48	4.64	0.24	0.4908	0.3394	0.4042
Hour 6	5.63	5.00	5.04	0.06	0.0609	0.0222	0.0412

หมายเหตุ : [a/]เปรียบเทียบความแตกต่างตามความสัมพันธ์แบบ Orthogonal contrast; L = linear; Q = quadratic; SEM = standard error of the mean

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

4.3.4 การกินได้วัตถุแห้งของโคทดลอง

โคทดลองทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีการกินได้วัตถุแห้งอาหารข้น อาหารหยาบ และอาหารรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5.3) ทั้งนี้เนื่องจากการให้อาหารโคทดลองเจาะกระเพาะนี้ให้ในระดับดำรงชีพ ซึ่งโดยปกติแล้วโคจะกินอาหารหมด อย่างไรก็ตาม ได้จัดสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นในสัดส่วนเดียวกันกับที่โครีดนมในการทดลองก่อนหน้าได้รับ กล่าวคือ อาหารหยาบต่ออาหารข้น เท่ากับ 45:55

ตารางที่ 5.3 ผลการทดแทนข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อการกินได้วัตถุแห้ง

การกินได้วัตถุแห้ง	ระดับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง					Contrast[/a]	
(กิโลกรัม/ตัว/วัน)	0%	10%	20%	SEM	P value	L	Q
อาหารข้น	2.70	2.70	2.70	0.07	-	-	-
อาหารหยาบ	2.23	2.18	2.21	0.05	0.9564	0.8532	0.7903
รวม	4.93	4.88	4.91	0.05	0.9387	0.8911	0.8645

5.5 สรุปผลการทดลอง

1. การทดแทนพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหารต่อผลผลิตน้ำนมและผลผลิตองค์ประกอบของน้ำนม พบว่าปริมาณน้ำนม และปริมาณน้ำนมปรับไขมันที่ 4% (4 %FCM) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และเมื่อพิจารณาผลผลิตไขมันในน้ำนม ผลผลิตโปรตีนในน้ำนม และผลผลิตของแข็งรวมในน้ำนม มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ส่วนผลผลิตแล็คโตสในน้ำนม และผลผลิตของแข็งพร่องไขมันในน้ำนม มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงโดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast)

2. การทดแทนพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ 20% ในสูตรอาหารต่อองค์ประกอบของน้ำนมพบว่าเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนม เปอร์เซ็นต์โปรตีนในน้ำนม เปอร์เซ็นต์ของแข็งพร่องไขมัน และเปอร์เซ็นต์ของแข็งรวมในไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P> 0.05) ทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง ส่วนเปอร์เซ็นต์แล็คโตมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีแนวโน้มลดลงโดยมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast)

3. การทดแทนพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ20 เปอร์เซ็นต์ต่อการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ซึ่งจากการทดลองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ของโคนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลอง

4. การทดแทนพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ20 เปอร์เซ็นต์ต่อการเปลี่ยนแปลงระดับ pH ภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆ หลังการให้อาหารพบว่า pH ในกระเพาะหมักไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) และอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมัก

5. การทดแทนพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ20 เปอร์เซ็นต์ต่อระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมักที่เวลาต่างๆ หลังการให้อาหารพบว่า ระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าที่ชั่วโมงที่ 6 หลังการให้อาหาร ระดับแอมโมเนียไนโตรเจนภายในกระเพาะหมัก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

6. การทดแทนพลังงานจากข้าวโพดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 0, 10 และ20 เปอร์เซ็นต์ต่อระดับความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ภายในกระเพาะหมัก คือ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดบิวทีริก และสัดส่วนกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก ที่เวลา 0, 2, 4 และ 6 หลังการให้อาหาร พบว่ามีระดับความเข้มข้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) แต่พบว่าที่ชั่วโมงที่ 6 หลังการให้อาหารระดับความเข้มข้นของกรด โพรพิโอนิก และสัดส่วนกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก มีแนวโน้มลดลง ซึ่งค่าความแตกต่างดังกล่าวมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง (Linear contrast) เมื่อระดับการทดแทนด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารเพิ่มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นส่วนของเยื่อใย

ดังนั้นจากการทดลองในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดในสูตรอาหารโคนมโดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณการกินได้ สมรรถนะภาพการผลิตน้ำนมในโคนม และกระบวนการหมักในกระเพาะหมัก แต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารนั้นพบว่าเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีโภชนะที่ย่อยได้ทั้งหมดต่ำกว่าข้าวโพดมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทพลังงานเช่นเดียวกัน ดังนั้นในสูตรอาหารจึงควรใช้ข้าวโพด หรือ มันสำปะหลัง เป็นแหล่งของพลังงานในสูตรอาหารร่วมด้วยซึ่งน่าจะมีส่วนช่วยให้โคนมได้รับพลังงานที่ย่อยได้ทั้งหมดสูงกว่าจะใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวในสูตรอาหาร โดยเฉพาะโคนมที่อยู่ในช่วงต้นของการให้ผลผลิลและโคนมที่ให้ผลผลิตสูง เนื่องจากโคนมกลุ่มดังกล่าวต้องการพลังงานงานสูงเพื่อใช้ในการสร้างน้ำนม ถ้าโคนมได้รับพลังงานไม่เพียงพอต่อความต้องการ อาจส่งผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบของน้ำนมได้

บทที่ 6
การศึกษาผลของการทดแทนข้าวโพดบดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง ต่อสมรรถภาพการผลิต และคุณภาพซากของสุกรขุน

6.1 บทนำ

อุตสาหกรรมการผลิตสุกรในประเทศไทยได้รับการพัฒนาเป็นอย่างมากในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา จนกระทั่งปัจจุบันการผลิตทางการค้าจะใช้สายพันธุ์สุกรที่มีศักยภาพทางการผลิตสูง ในขณะเดียวกันสุกรที่ให้ผลผลิตสูงๆ มักจะประสบกับสภาวะเครียดประกอบกับมีความสามารถในการย่อยได้อาหารที่มีคุณภาพต่ำได้น้อย สุกรเหล่านี้มีความต้องการอาหารที่มีความเข้มข้นของโภชนะสูง และย่อยได้มาก มีเยื่อใยต่ำ ผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง ได้แก่ กากถั่วเหลือง ถั่วเหลืองไขมันเต็มผ่านกระบวนการเอ็กทรูชั่น เป็นแหล่งโปรตีนหลักในอาหารสุกร เพราะว่าผลิตภัณฑ์เหล่านี้มีโปรตีนและกรดอะมิโนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง มีเยื่อใยต่ำ และหาง่าย อย่างไรก็ตาม กากถั่วเหลืองที่มีจำหน่ายในประเทศไทยไม่ได้มีการกะเทาะเอาเปลือกหุ้มเมล็ดออก มีองค์ประกอบเยื่อใยประมาณ 7% ทำให้เมื่อนำไปประกอบสูตรอาหารสุกรจะทำให้มีระดับเยื่อใยในอาหารค่อนข้างสูง แต่ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการสกัดน้ำมันในประเทศไทยเริ่มมีการกะเทาะเปลือกหุ้มเมล็ดพืชน้ำมันก่อนการสกัดน้ำมัน เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองจะถูกกะเทาะออกก่อนกระบวนการสกัดน้ำมัน ทำให้มีผลิตภัณฑ์กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก และเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองจำหน่ายให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงสุกร

ข้าวโพดบดและกากถั่วเหลืองที่มีราคาสูงขึ้นในปัจจุบันทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรต้องพยายามหาวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นมาแทน เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ได้จากกระบวนการกะเทาะเปลือกถั่วเหลืองอาจเป็นทางเลือกหนึ่งที่เกษตรกรผู้เลี้ยงสุกรนำมาประกอบในสูตรอาหารสุกรแม่พันธุ์และสุกรขุนได้ในปริมาณถึง 15% โดยไม่มีผลกระทบในเชิงลบต่อสมรรถนะการผลิต (Kornegay, 1981) อย่างไรก็ตาม เนื่องจากในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองมีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบอยู่สูง การย่อยได้พลังงานและโภชนะอื่นๆ จะลดลง ถ้าใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหาร (Dilger et al., 2004; Kornegay, 1981) ดังนั้นการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารสุกรต้องมีการเพิ่มพลังงานในสูตรอาหารโดยใช้ไขมัน หรือน้ำมัน วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพของเนื้อสุกรในสุกรขุน

6.2 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลของการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดในอาหารสุกรขุนต่อสมรรถนะการผลิตและคุณภาพเนื้อของสุกรขุน

6.3 วิธีดำเนินการทดลอง

6.3.1 นำวัตถุดิบที่จะใช้ในการประกอบสูตรอาหารมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ได้แก่ โปรตีน เยื่อใย ไขมัน เถ้า และความชื้น โดยวิธี proximate analysis (AOAC, 1990) และนำมาคำนวณความต้องการพลังงานตาม NRC, (1998) เพื่อทำการประกอบสูตรอาหาร รายละเอียดสูตรอาหารทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6.1

6.3.2 ใช้สุกรขุนผสมสามสายพันธุ์ [Duroc x (Landrace x Large White)] จำนวน 96 ตัว โดยแบ่งเป็นสุกรเพศผู้ตอน 48 ตัว และสุกรเพศเมีย 48 ตัว น้ำหนักเริ่มต้นเฉลี่ย 60 กิโลกรัม ทำการบล็อกสุกรโดยใช้น้ำหนักตัวและเพศ (6 ตัว/คอก; 0.85 ตารางเมตร/ตัว) ทำการสุ่มกลุ่มการทดลอง 1 จาก 4 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะได้ 1 คอก ภายในบล็อก (กลุ่มการทดลองละ 4 บล็อก รวมจำนวนสุกร 24 ตัว/กลุ่มการทดลอง)

6.3.3 สุกรทุกตัวเลี้ยงอยู่ภายใต้โรงเรือนเดียวกัน และภายในคอกมีถังกลเพื่อใส่อาหาร ระบบน้ำเป็นแบบ nipple และสุกรทุกตัวได้รับการเลี้ยงดูอย่างดีเหมือนกัน

6.3.4 การให้อาหารเป็นการให้แบบกินได้เต็มที่ (ad libitum) ภาชนะที่ให้อาหารจะเป็นแบบถังกล โดยกลุ่มการทดลองที่ 1 เป็นกลุ่มควบคุมไม่ทำการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง กลุ่มการทดลองที่ 2 ทำการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดบด 3 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มการทดลองที่ 3 ทำการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดบด 6 เปอร์เซ็นต์ และ กลุ่มการทดลองที่ 3 ทำการเสริม เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดบด 9 เปอร์เซ็นต์ การคำนวณความต้องการโภชนะอ้างอิงจาก NRC (1998)

6.3.5 ทำการบันทึกน้ำหนักของสุกรแรกเข้าโดยทำการเก็บน้ำหนักของสุกรทุก 2 สัปดาห์ ปริมาณการกินจะทำการเก็บทุกสัปดาห์ สัปดาห์ละ 2 วันติดต่อกัน โดยการทำความสะอาดที่ให้อาหารแล้วใส่อาหารที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว เมื่อครบ 24 ชั่วโมง ทำการเก็บอาหารที่เหลือชั่งน้ำหนัก การวัดปริมาณการกินโดยจะต้องนำอาหารก่อนกินและหลังกินไปอบเพื่อไล่ความชื้นออกเสียก่อน แล้วทำการปรับความชื้นของอาหารหลังกินให้เท่ากับอาหารก่อนกิน แล้วจึงค่อยนำปริมาณอาหารก่อนกินลบด้วยปริมาณอาหารที่เหลือหลังกิน เป็นจำนวนอาหารที่กินได้ต่อวัน ในการวัดสมรรถภาพการผลิตจะใช้ค่า ADG, ADFI และ G/F เป็นดัชนีในการวัด

6.3.6 ทำการสุ่มสุกรมาชำแหละกลุ่มการทดลองละ 12 ตัว (3 ตัว/บล็อก) โดยมีทั้งเพศผู้และเพศเมีย จำนวนทั้งหมด 48 ตัว

6.3.7 ทำการชั่งน้ำหนักซาก (Carcass weight) หลังจากการชำแหละ ตัดส่วนหัวและนำอวัยวะภายในออกทั้งหมด

6.3.8 หลังจากนั้นนำซากซีกขวา เพื่อใช้ในการวัดความหนาของไขมันสันหลัง (Back fat thickness) พื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) เปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (lean percent) ความแน่น (firmness) ไขมันแทรก (marbling) และสี (color)

6.3.9 ทำการวัดความหนาของไขมันสันหลัง (Back fat thickness) ที่ตำแหน่งซี่โครงซี่แรก (1st rib) ซี่โครงซี่ที่ 10 (10th rib) ซี่โครงซี่สุดท้าย (last rib) และกระดูกเอวข้อสุดท้าย (last lumbar) โดยใช้ swine back fat gauge (Warrie et al., www, 2001)

6.3.10 การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (Loin eye area) วัดที่เนื้อสันนอกบริเวณกระดูกซี่โครงคู่ที่ 10 โดยใช้ Leaf area (บริษัท Delta-t Devices LTD. England) และใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล ทำการ calibrate เครื่องโดยใช้ไม้บรรทัด ว่าจะวัดออกมาเป็นหน่วยตารางเซนติเมตร หลังจากนั้นนำเนื้อสันนอกส่วนที่จะวัดไปวางบนเครื่องโดยที่มีแผ่นใสรองเพื่อวัดพื้นที่หน้าตัด ซึ่งค่าที่ได้จะแสดงที่หน้าจอคอมพิวเตอร์

6.3.11 การวัดเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง (Lean percent) โดยใช้ตามวิธีของ NPPC,(1991)

$$\text{Lean percent} = \frac{[7.231 + (0.437 \times \text{carcass weight}) - (18.746 \times \text{tenth rib fat}) + (3.877 \times \text{LEA})] \times 100}{\text{Carcass weight}}$$

เมื่อ LEA คือ loin eye area

6.3.12 การประเมินสี (color) ในเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพก ทำการประเมินหลังจากทำการแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาประเมินสี โดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus จะใช้การสะท้อนแสงด้วยเครื่องวัดสี CR-300 MINOLTA (Minolta Camera Co., Ltd., Osaka, Japan) รายงานผลในหน่วยของสีตามระบบของ Hunter เป็นค่า L, a และ b แหล่งแสงที่ใช้เป็นแบบ Daylight (D65) โดยใช้เครื่องมือวัดสีที่เรียกว่า Minolta colorimeter แล้วรายงานผลเป็นค่า L, a, b ตามระบบของ Hunter การประเมินทำได้โดยการห่อหุ้มตัวอย่างเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกด้วยฟิล์มยืดห่อหุ้มอาหารชนิดโพลิไวนิลคลอไรด์ (m WRAP, บริษัท เอ็ม เอ็ม พี แพ็คเกจจิ้ง กรุ๊พ จำกัด, กทม.) โดยทำการวัดเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกจำนวน 12 ครั้งต่อตัวอย่างและทำการวัดทั่วบริเวณชิ้นเนื้อ

6.3.13 การวัดความคงตัวหรือความแน่น (firmness) ของเนื้อสันนอกและเนื้อสะโพกทำการประเมินหลังจากทำการแช่เย็นที่ 5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาประเมินความคงตัวหรือความแน่นโดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus โดยใช้ หัววัดแบบ warner bratzler blade attachment ซึ่งต่อกับเครื่อง Texture Analyzer (TA-TX2 Texture Analyzer, stable Micro Systems, UK) โดยที่ตัวอย่างที่ใช้วัดมีขนาด 1 x 3 x1 (กว้าง x ยาว x สูง) ซึ่งขณะรอการวัดตัวอย่างจะถูกเก็บไว้ในถุงพลาสติกปกมิดชิดที่อุณหภูมิ 5-10 °C (Harris and Shorthose, 1988; Lyon and Lyon, 1998) บันทึกค่าแรงสูงสุดที่ใช้ในการตัดตัวอย่างในหน่วยเป็นกรัม แล้วรายงานค่าเป็นแรงสูงสุดต่อความหนาของตัวอย่าง (Force/Distance) (Lyon and Lyon, 1998) และทำการวัด 12 ครั้งในแต่ละตัวอย่าง

6.3.14 การวัดไขมันแทรก (marbling) ในเนื้อสันนอกและสะโพก โดยที่เนื้อสันนอกจะทำการประเมินที่เนื้อสันนอกระหว่างกระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และ 11 และเนื้อสะโพกจะทำการประเมินที่กล้ามเนื้อส่วน semimembranosus โดยการประเมินเป็น score (1 = devoid to practically devoid, 2 = trace to slight, 3 = small to modest, 4 = moderate to slightly abundant และ 5 = moderately abundant or greater) ตามวิธีของ NPPC, (1991)

6.3.15 ทำการบดตัวอย่างเนื้อสุกร ซึ่งประกอบด้วย เนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอก ให้ละเอียดด้วยเครื่องบดละเอียด (Super blender, National) และหลังจากนั้นจะทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อทั้งสองส่วน ซึ่งประกอบไปด้วย โปรตีน ความชื้น และเถ้า โดยใช้วิธี proximate analysis (AOAC, 1990)

6.3.16 การวิเคราะห์ปริมาณของไขมันในเนื้อส่วนสะโพกและเนื้อสันนอก (percentage of lipid) ซึ่งดัดแปลงจากวิธี Folch et al. (1957) และ Metcalfe et al. (1966) โดยการชั่งตัวอย่าง 15 กรัมใส่ลงไปในโถปั่น เติมสารผสมระหว่าง chloroform-methanol (2:1 v/v) ปริมาณ 90 มิลลิลิตร และปั่นให้ละเอียดเป็นเวลา 2 นาทีด้วยเครื่อง homoginizer (Nissei AM-8 Homoginizer, Nihonseiki kaisha, LTD., Japan) แล้วเติม chloroform ปริมาณ 30 มิลลิลิตรและปั่นอีกครั้งเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นกรองตัวอย่างใส่ separating funnel แล้วเติมน้ำกำจัดไอออน (deionizer water) ปริมาณ 30 มิลลิลิตร และ 0.58% NaCl ปริมาณ 5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วทิ้งไว้จนสารละลายแยกชั้นอย่างชัดเจน ปล่อยสารละลายส่วนล่างใส่ evaporating flask ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน ทำการแยกตัวทำสารละลายออกจากไขมันโดยระเหยที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ด้วย Rotary Evaporator (BUCHI Rotavapor R-200, BUCHI Labortecnnik AG, Switzerland) บันทึกน้ำหนักไขมันที่ได้

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) และทำการวิเคราะห์แนวโน้มของข้อมูลโดยวิธี orthogonal polynomial. ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 1985)

6.4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

ADFI ($p < 0.001$) และ ADG ($p < 0.001$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (linear และ quadratic) เมื่อระดับการทดแทนข้าวโพดบดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น ในขณะที่ gain: feed ($p > 0.05$) และน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ($p > 0.05$) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6.2) ในทางตรงกันข้าม Radar Matrix (1996); Van Oeckel (1998) และ Stewart et al. (2008) ไม่พบความแตกต่างของสมรรถนะการผลิตของสุกรเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารสุกรขุนที่ระดับ 5%, 15% และ 30% ในทำนองเดียวกัน Kornegay (1981) รายงานว่าการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารสุกรขุนไม่มีผลกระทบต่อสมรรถนะการผลิตของสุกร งานวิจัยในปัจจุบัน Yan et al. (2010) ยังพบว่าไม่มีผลกระทบต่อสุกรขุนเมื่อเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารสุกรขุน

อย่างไรก็ตาม Bowers et al. (2000) รายงานว่า ADG และ ADFI เพิ่มขึ้นเมื่อเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง 3% ในอาหารสุกรขุน หลังจากการเสริมที่ระดับนี้ ADG และ ADFI จะลดลงเมื่อการเสริมยิ่งเพิ่มขึ้น (ADG: linear $p < 0.04$, cubic $p < 0.01$; ADFI: cubic $p < 0.04$) ในขณะที่ G: F มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นที่ระดับการเสริม 3% หลังจากระดับนี้ G:F จะลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง (quadratic $p < 0.11$; cubic $p < 0.11$) ทำนองเดียวกัน การศึกษาที่ดำเนินการโดย DeCamp et al. (2001) แนะนำว่าการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 10% ในอาหารสุกรขุนสามารถเพิ่ม ADG และ G:F สำหรับเหตุผลที่การเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทำให้ ADG และ G:F เพิ่มขึ้นนั้น เกิดจากการเพิ่มไขมันในอาหารสุกร ไม่ใช่เพราะการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง การเพิ่ม ADG ในสุกรขุนที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองในการศึกษาครั้งนี้ น่าจะเกิดจากการเติมไขมันในอาหารสุกรเพื่อปรับสมดุลพลังงานในอาหารให้ได้ตามคำแนะนำของ NRC (1998)

การเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองไม่มีผลต่อความหนาของไขมันสันหลัง ($p > 0.05$) ที่กระดูกซี่โครงซี่ที่ 10 และที่ตำแหน่ง last lumbar, LEA และเปอร์เซ็นต์เนื้อแดง ในขณะที่ความหนาไขมันกระดูกซี่โครงซี่ที่ 1 เพิ่มขึ้น แต่ที่ซี่สุดท้ายลดลง (linear และ quadratic) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6.2) การเพิ่มขึ้นของความหนาไขมันที่ซี่โครงซี่ที่ 1 ของสุกรที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองนั้นอาจเกิดจากการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นของสุกรที่ได้รับเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง และอาจเกิดจากในอาหารสุกรขุนที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบมีไขมันสูง การศึกษาที่ดำเนินการโดย Bowers et al. (2000) พบว่าความหนาของไขมันสันหลังลดลงเมื่อเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 3% หลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นตามระดับการเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง และลดลงกลับมาเท่ากับกลุ่มควบคุม ในขณะที่ LEA เพิ่มขึ้นที่ระดับการเสริม 3% หลังจากนั้นลดลงตามการเพิ่มขึ้นของเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง และเพิ่มขึ้นกลับมาเท่ากับกลุ่มควบคุม

การศึกษาคุณภาพของกล้ามเนื้อส่วน Semimembranosus และ Longissimus ในสุกรขุน (firmness, marbling, and color) พบว่า firmness ($p < 0.01$) ลดลง ในขณะที่ marbling ($p < 0.001$) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (linear)(Table 6.3) ค่า L* ของกล้ามเนื้อทั้งสองส่วน ไม่มีผลกระทบจากเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง ค่า b* ในกล้ามเนื้อทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (linear และ quadratic) ในขณะที่ค่า a* ของกล้ามเนื้อส่วน semimembranosus เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (linear และ quadratic) เมื่อทำการทดแทนข้าวโพดบดด้วยเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลือง อาหารที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบอยู่ 6% สามารถเพิ่มค่า a* ของกล้ามเนื้อส่วน longissimus อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับงานวิจัยอื่นๆ ที่ศึกษาถึงผลการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองต่อสีของเนื้อสุกรนั้นไม่พบ อย่างไรก็ตาม การเสริมเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองให้กับโคเนื้อที่ได้รับพืชอาหารสัตว์สดสามารถปรับปรุงสีของกล้ามเนื้อโดยไม่มีผลระทบต่อสีของไขมัน (Baublitz et al., 2004) อาหารที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบไม่มีผลกระทบต่อองค์ประกอบความชื้นและโปรตีนของกล้ามเนื้อส่วน semimembranosus และ longissimus อย่างไรก็ตาม องค์ประกอบของไขมันในกล้ามเนื้อ

ทั้งสองชนิดเพิ่มขึ้น ($p<0.001$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบด (Table 6.4) ผลการศึกษาทำนองเดียวกันได้มีการรายงานก่อนหน้านี้ (Stewart et al., 2008)

Table 6.1 Ingredients, analyzed and calculated nutrient composition of basal diets (as-fed basis).

Feed ingredients	0% Soyhull	3% Soyhull	6% Soyhull	9% Soyhull
Ingredients, %				
Ground corn	66.80	62.80	58.80	54.80
Soybean hull	0.00	3.00	6.00	9.00
Rice bran	11.30	11.30	11.30	11.30
Soy bean meal (44% CP)	15.20	15.20	15.20	15.20
Fish meal (58% CP)	3.00	3.00	3.00	3.00
Dicalcium phosphate (18% P)	1.20	1.20	1.20	1.20
Palm oil	2.00	3.00	4.00	5.00
Premix[1]	0.50	0.50	0.50	0.50
Total	100	100	100	100
Analyzed composition, unit				
Crude protein, %	15.73	15.75	15.76	15.74
Ether extract, %	3.21	3.17	3.14	3.06
Crude fiber, %	2.23	3.26	4.28	5.31
Calculated composition, unit				
Metabolizable energy, kcal/kg	3,295	3,295	3,295	3,295
Ca, %	0.50	0.50	0.50	0.50
Available P, %	0.67	0.67	0.67	0.67
Lysine, %	0.81	0.81	0.81	0.81
Methionine + Cystine, %	0.51	0.51	0.51	0.51

[1] Provided per kg of diet: vitamin A, 6,000 IU; vitamin D_3, 1,200 IU; vitamin E, 11 IU; vitamin K_3, 1 mg; vitamin B_1 1 mg; vitamin B_2 2.1 mg; vitamin B_6 1.2 mg; vitamin B_{12} 15 mg; pantotinic acid 7 mg; niacin 13.2 mg; choline 300 mg; Co 0.3 mg; Cu 100 mg; I 0.6 mg; Mn 35 mg; Zn 60 mg; Fe 60 mg; Se 0.15 mg.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 6.2 Effects of dietary treatment on growth and carcass composition

Soybean Hull	0%	3%	6%	9%	SEM	Linear	Quadratic	Cubic
ADFI[1], kg/d	2.07[c]	2.09b[c]	2.15[a]	2.10[b]	0.009	0.0001	0.0002	0.0003
ADG[2], g/d	651[b]	677[a]	670[a]	674[a]	3.593	0.0005	0.0142	0.7940
Gain:Feed	0.315	0.324	0.312	0.321	0.005	0.3680	0.9080	0.3320
Initial wt., kg	60.7	60.7	60.8	60.7	0.414	0.9481	0.8842	0.8450
Final wt., kg	97.2	98.6	98.3	98.4	0.456	0.1102	0.3402	0.9513
Back fat , cm								
1st rib	3.06[d]	3.43[b]	3.49[a]	3.33[c]	0.020	0.0001	0.0001	0.4393
10th rib	2.54	2.48	2.54	2.52	0.015	0.9517	0.2070	0.0064
Last rib	2.48[a]	2.29[b]	2.04[c]	2.27[b]	0.036	0.0001	0.0001	0.0019
Last-lumbar	2.23	2.16	2.17	2.18	0.032	0.3492	0.2091	0.6531
LEA[3], cm^2	41.21	39.90	39.58	39.89	0.653	0.4442	0.1516	0.4126
Lean, %	51.80	50.02	50.49	50.77	0.677	0.4121	0.1487	0.4341

[1]ADFI: average daily feed intake, kg/d; [2]ADG; average daily gain, g/d; [3]LEA: loin eye area, cm^2; SEM = standard error of mean.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Table 6.3 Effects of dietary treatment on meat quality

Soybean Hull	0%	3%	6%	9%	SEM	Linear	Quadratic	Cubic
Semimembranosus								
Firmness[1], g/cm	187.8[a]	169.8[b]	168.0[b]	159.1[c]	2.551	0.0076	0.0001	0.1492
Marbling[2]	2.51[c]	3.17[a]	3.16[a]	3.34[a]	0.067	0.0001	0.1018	0.3336
Color[3]								
L*	52.39	51.87	51.72	51.99	0.335	0.4020	0.1857	0.8856
a*	9.36[c]	9.67b[c]	10.82[a]	9.95[b]	0.110	0.0001	0.0001	0.0001
b*	3.57[c]	3.55[c]	5.01[a]	4.04[b]	0.064	0.0001	0.0001	0.0001
Longissimus								
Firmness[1]	183.6[a]	173.2[b]	168.6[bc]	161.8[c]	2.384	0.0088	0.0017	0.4251
Marbling[2]	2.27[c]	3.03[b]	3.37[a]	3.39[a]	0.069	0.0001	0.0126	0.6834
Color[3]								
L*	52.99	55.14	53.23	53.78	0.465	0.8702	0.1238	0.0040
a*	7.95[b]	7.64[c]	8.40[a]	7.99[b]	0.079	0.0.0170	0.5243	0.0001
b*	2.91[b]	3.20[a]	3.08[a]	3.06[a]	0.025	0.0001	0.0126	0.7516

[1] TA – TX2, Stable Micro System, UK.; expressed as g/cm.

[2] NPPC (1991) scoring system. 1 = devoid to practically devoid, 5 = moderately abundant or greater.

[3] Minolta CR-300, Minolta Camera Co. Ltd., Osaka, Japan. L*: lightness (larger number indicates a lighter color); a*: redness (larger number indicates a more intense red color); b*: yellowness (larger number indicates more yellow color).

SEM = standard error of mean.

Table 6.4 Effects of dietary treatment on chemical composition of meat

Soybean Hull	0%	3%	6%	9%	SEM	Linear	Quadratic	Cubic
Semimembranosus								
Moisture, %	71.13	71.59	71.65	71.45	0.288	0.4317	0.2555	0.9221
Protein, %	22.78	22.57	22.88	22.74	0.160	0.7732	0.8461	0.1847
Fat, %	3.59[c]	4.45[b]	4.43[b]	4.82[a]	0.054	0.0001	0.0901	0.3053
Ash, %	1.08[c]	1.16[b]	1.25[a]	1.16[b]	0.018	0.0005	0.0001	0.0393

สำหรับผลตอบแทนทางการเงินแสดงไว้ในตารางที่ 6.5 จากการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงิน พบว่า สุกรขุนที่ได้รับอาหารข้นที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบที่ระดับ 3% ให้ผลตอบแทนทางการเงินสูงที่สุด กล่าวคือ สูงกว่ากลุ่มควบคุม เท่ากับ 35.34 – 35.06 = 0.28 บาท/กิโลกรัมน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น

ตารางที่ 6.5 ผลตอบแทนทางการเงินของสุกรที่ได้รับอาหารที่เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นองค์ประกอบที่แตกต่างกัน

บาท	0%	3%	6%	9%
Gain:Feed	0.315	0.324	0.312	0.321
Feed/Gain	3.17	3.09	3.21	3.12
Cost (Baht/kg Gain)	35.34	35.06	37.14	36.81

6.5 สรุปผลการทดลอง

เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถเพิ่มคุณภาพของซากสุกรในการศึกษาครั้งนี้ โดยไม่มีผลกระทบในเชิงลบต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของสุกร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเยื่อใยในเปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองสามารถถูกสุกรใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการศึกษาครั้งนี้มีข้อแนะนำว่าสามารถใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบในอาหารสุกรขุนได้อย่างมีประสิทธิภาพในระดับต่ำ (3 – 6%) และอาจเพิ่ม ADG และ G:F สำหรับในระดับสูง (>6%) สามารถใช้ได้เช่นกัน แต่ต้องมีการเสริมแหล่งของพลังงานเพื่อให้สุกรได้รับพลังงานเพียงพอต่อความต้องการ และเป็นข้อที่ควรคำนึงเมื่อทำการประกอบสูตรอาหารที่ใช้ผลพลอยได้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมที่มีพลังงานเป็นองค์ประกอบอยู่ในระดับต่ำ ผลพลอยได้เหล่านี้ต้องทำการเสริมด้วยไขมันในสูตรอาหารเพื่อให้แน่ใจว่าสุกรได้รับพลังงานอย่างเพียงพอต่อการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม เมื่อวิเคราะห์ผลตอบแทนทางการเงินแล้ว ระดับการใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองที่ 3% ให้ผลตอบแทนทางด้านการเงินสูงที่สุด ในขณะที่การใช้ที่ระดับ 6 และ 9% นั้น ให้ผลตอบแทนน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ทั้งนี้เพราะเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองแล้วต้องทำการเสริมน้ำมันปาล์มเพื่อรักศสระดับพลังงานให้สมดุลกับความต้องการของสุกร

เอกสารอ้างอิง

กังวาน ธรรมแสง. (2546). การประเมินคุณค่าทางอาหารของหญ้าอาหารสัตว์เขตร้อนบางชนิด เพื่อทำนายผลผลิตของโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิพิเชษฐ์. (2519). มันสำปะหลัง. ภาควิชาพืชไร่. คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ฉลอง วิชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. ภาควิชาสัตว์ศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. ม.ร.ว. (2534). การเลี้ยงโคนม. จำนวน 3000 เล่ม. พิมพ์ครั้งที่ 4. สำนัก พิ ม พ์ไทยวัฒนาพานิช: กรุงเทพฯ.

ชิดชนก นวลฉิมพลี. (2548). ผลการเสริมแร่ธาตุจากหินภูเขาไฟในอาหารต่ออัตราการเจริญเติบโต อัตราการผสมติด ของโคนมระยะโคสาว และการให้ผลผลิตน้ำนม ในโคนมระยะกลางการให้น้ำนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ชุติมา อิ่มสันเที๊ยะ. (2544). ผลการเสริมสารโมเนนซินต่อผลผลิตน้ำนมของโคนมในช่วงต้นระยะการให้นม เมื่อเลี้ยงด้วยต้นข้าวโพดหมัก 56 วันแรก และเลี้ยงด้วยฟางข้าวในช่วง 56 วันหลัง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์สำนักวิชา. เทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. (2541). โภชนศาสตร์สัตว์. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่ : ธนบรรณการพิมพ์.

เมธา วรรณณพัฒน์. (2533). โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตว์ศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัดฟันนี่พับบลิชชิ่ง.

ปิตุนาถ หนูเสน. (2547). การใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบแหล่งพลังงานในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตของโคนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เพลิน เมินกระโทก. (2545). การนำใช้ประโยชน์ต้นอ้อยเป็นอาหารสำหรับโคนม. วิทยานิพนธ์ วิ ท ย า มหาศาสตรบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์สำนักวิชา เทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

เมธี สุกลุธนากร, สมิต ยิ้มมงคล, สมเกรียติ ประสานพานิช และ เลอชาติ บุญเอก. (2550). การใช้ผิวถั่วเหลืองเพื่อทดแทนมันเส้นในอาหารสำหรับโคขุน. การประชุมวิชาการสัตวศาสตร์ ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุกัญญา เกินกลาง. (2546). การใช้เปลือกถั่วเหลืองเป็นอาหารโคนม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาวิชาสัตวศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วรพงษ์ สุริยจันทราทอง. (2535). เยื่อใยในอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตว์ศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. (2546). โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2538). โภชนะศาสตรสัตว์เคี้ยวเอื้อง. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการผลิตโคนม. สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์. สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์. (2540). การใช้มันเส้นเลี้ยงสัตว์. วารสารเกษตรก้าวหน้า. 12: 53-64.

อุทัย คันโท. (2537). การใช้มันสำปะหลังเปรียบเทียบข้าวโพดเอ็กทรูดในสุกรหลังหย่านม. ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมการเลี้ยงสุกรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. นครปฐม.

โอภาส พิมพา, กฤตพล สมมาตย์ และ เมธา วรรณพัฒน์. (2542). การนำใช้ประโยชน์กากมันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. รายงานวิชาการ. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Aiello, R.J., Armentano, L.E., Bertics, S.J., and Hurphy, A.I. (1989). Volatile fatty acids uptake and propionate metabolism in ruminant hepatocytes. J. Dairy Sci. 72:942.

Aldrich, J.M., Muller, L.D., Varga, G., and Griel, L.C. (1993). Nonstructural carbohydrate and protein effects on rumen fermentation, nutrient flow, and performance of dairy cows. J. Dairy Sci. 76:1091-1102.

Allen, M. S. (2000). Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83:1958-1624.

Andrews, S.M., Tyrrell, H.F., Reynolds, C.K., and Erdman, M.D. (1991). Net energy for lactation of calcium soaps of long-chain fatty acids for cows fed silage-based diets. J. Dairy Sci. 74: 2588.

Arosemena, A., DePeters, E.J., and Fadel, J.G. (1995). Extent of variability in nutrient composition within selected byproduct feedstuffs. Anim. Feed Sci. Technol. 54:103–120.

Association of American Feed Control Officials. (1996). Official Publication. Atlanta, GA.

Association of Official Analytical Chemists. (1990). Official Method of Analysis. Washington D. C. p. 1298.

Association of Official Analytical Chemists. 1998. Official Methods of Analysis. Washington, D.C.

Baublitz, R.T., A.H. Brown, F.W. Jr, Pohlman, Z.B. Johnson, D.O. Onks and H.D. Loveday. 2004. Brown carcass and beef color characteristics of three biological types of cattle grazing cool-season forages supplemented with soy hulls. Meat Sci. 68(2): 297-303.

Bowers, K.A., C.T. Herr, T.E. Weber, D. Smith and B.T. Richert. 2000. Evaluating inclusion levels of soybean hulls in finishing pig diets. Purdue Swine Research Reports. 2000. Available: <http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday00/ 13.pdf>. Accessed November 2, 2011.

Canale, A., Valente, M.E., and Ciotti, A. (1984). Determination of volatile carboxylic acid (C1- C5i) and lactic acid extracts of silage by high performance liquid chromatography. J. Sci Food and Agri. 35 : 1178-1182.

Crampton, E.W., Lloy, L.E., and Mackay, V.G. (1957). The calorie value of TDN. J. Anim. Sci. 16: 541 - 552.

Chen, X.B. (1996). An Excel Application Programme for Processing Feed Digestibility Data. User Manual, Rowett Research Institute, Bucksburn, Aberdeen, UK.

Church, D.C. (1979). Digestive Physiology and Nutririon of Ruminants. V. II. O & B Book, Inc., Corvalis Oregon. U.S.A.

Conrad, H.R., Weiss, W. P., Odwongo,W.O., and Shockey, W.L. (1984). Estimating net energy lactation from components of cell solubles and cell walls. J. Dairy Sci.67: 427 - 437.

Claypool, D. W., Pangbornand, M. C., and Adams, H. P. (1980). Effect of dietary protein on high producing dairy cows in early lactation. J. Dairy Sci. 63: 833.

Dado R.C. and Allen, M.S., (1995). Intake limitations, feeding behavior and rumen function of cows challenged with runmen fill from dietary fiber or inert bulk. J. Dairy Sci.78:118.

Dale, A.B., Evan, C.T, Jim, D., Steve, I.P., and Michael, J.B.(2000). Soybean Hulls, Composition and Feeding Value for Beef and Dairy Cattle. Kansas State University.

DeCamp S.A, B.E. Hill, S.L. Hankins, D.C. Bundy and W.J. Powers. 2001. Effects of soybean hulls in commercial diet on pig performance, manure composition, and selected air quality parameters in swine facilities. J. Anim. Sci. 79 (Suppl 1): 252 (Abstr.).

DeFrain, JM., Shirlay, J.E., Titgemeyer, E.C., Park, A.F., and Ethingtont, R.T. (2002). A pelleted combination of row soyhulls and condensed corn steep liquor for lactating dairy cow. J. Dairy Sci. 58: 3403 - 3410

DePeters, E. J., Fadel, J. G., and Arosemena, A. (1997). Digestion kinetics of neutral detergent fiber and chemical composition within some selected byproducts feedstuffs. Anim. Feed Sci. Technol. 67:127 – 140.

Dhiman, T. R., Klrinmans, J.N., Tessmann, J.H., Radloff, D., and Satter, L.D. (1995). Digestion and energy balance in lactating dairy cows fed varying ratios of alfalfa silage and grain. J. Dairy Sci.. 78: 330.

Dilger, R.N., J.S. Sands, D. Ragland and O. Adeola. 2004. Digestibility of nitrogen and amino acids in soybean meal with added soyhulls. J. Anim. Sci. 82:715-724.

Egan, A. R. and Moir, R. J. (1965). Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects of duodenally infused single dose of casein, urea and propionate upon voluntary intake of low protein roughage by sheep. Aust. J. Agr. Res. 16: 437 - 449.

Elliott, J. P., Drackley, J. K., Fahey, Jr., G. C. and Shanks, R. D. (1995). Utilization of supplemental fat by dairy cows fed diets varying in content of nonstructural carbohydrates. J. Dairy Sci. 78:1512–1525.

Forbes, J. M. (1986). The voluntary food intake of farm animal. Butterworths. London.

Forbes, J. M. and J. France.1993. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. Cambridge: The University Press. UK.

Folch, J., Lees, M., and Sloane-stanley, G.H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids form animal tissues. J. biol. chem. 226 : 495-509

Fonnesbeck, P.V., M. F. Wardeh and L. E. Harris. 1984. Mathematical models for estimating energy and protein utilization of feedstuffs. Utah Agricultural Eperimental Station Bulletin. No. 508.

Grant, R. (2000). Evaluating the feeding value of fibrous feed for dairy cattle. (Online available, http://www.ianr.unl.edu/pubs/Dairy/g91-1034.htm.)

Gaynor, P. J., Waldo, D. R., Capuca, A. V., Erdman, R. A. and Douglass, L. W. (1995). Effects of prepubertal growth rate and diet on lipid metabolism in lactating hostein cows. J. Dairy Sci. 78: 1534-1543.

Garrett, W.N. (1980). Energy utilization by growing cattle as determined by 72 comparative slaughter experiments. Energy Metabolism. Proc. Symp. 26:3-7.

Garnsworthy, P.C. 1988. Nutrition and lactation in the diary cow. Anchor-Brender Butterworths Press. Nottingham. England.

Goering, H. K. and Van Soest, P. J. (1970). Forage Fiber Analysis. ARS./USDA Agric. Handbook,Washington.

Göhl, B.O., (1981). Tropical feeds information summaries and nutritive values. FAO animal production and health series. pp. 366- 368

Hall, M.B. (1998). Making nutritional sense of nonstructural carbohydrates. (pp. 108-121). 9th Annual Florida Nutrition Symposium.

Holmes, C. W., and Wilson, G. F. (1984). Milk Production from Pasture. Butterworths, Wellington, New Zealand. 319p.

Ipharraguerre, I. R., Ipharraguerre, R. R., and Clark, J. H. (2002a). Performance of lactating dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. J. Dairy Sci. 85: 2905–2912.

Ipharraguerre, I. R., Shabi, Z. Clark, J. H., and Freeman, D.E. (2002b). Ruminal fermentation and nutrient digestion by dairy cows fed varying amounts of soyhulls as a replacement for corn grain. J. Dairy Sci. 85:2890–2904.

Kelly, M.L., Kolver, E.S., Bauman, D.E., Van Amburgh, M.E., and Muller, L.D. (1998). Effect of intake of pasture on concentration of conjugated linoleic acid in milk of lactating cows. J. Dairy Sci. 81:1630 – 1636

Kendall, D.C., T. Richert, A.L. Sutton, J.W. Frank, S.A. DeCamp, K.A. Bowers, D. Kelly, M. Cobb and D. Bundy. 1999. Effects of fiber addition (10% soybean hulls) to a reduced crude protein diet supplemented with synthetic amino acids versus a standard commercial diet on pig performance, pit composition, odor and ammonia levels in swine buildings. Purdue Swine Research Reports. 1999 Available: <http://www.ansc.purdue.edu/swine/swineday/sday99/8.pdf>. Accessed November 02, 2011.

Kennelly, J.J. (2000). Feeding and management systems to optimized milk production. (Online available, http://www.afns.ualberta.ca/drct/dp472-50.htm.)

Khang, Z., Chon, K.C., and Nah, K.C. (2000). Cassava, a total substitute for cereals in livestock and poultry ratios. Ruminant Nutrition : selected articles from World Animal Review, FAO. 155-160 p.

Kornegay, E.T. 1981. Soybean hull digestibility by sows and feeding value for growing-finishing swine. J. Anim. Sci. 53: 138–145.

Lim, L.A. (1967). Ruminal and post-ruminal utilization of nitrogen and starch from sorghum, corn and barley based diets by beff steers. J. Dairy Sci. 62: 521-530.

McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., and Mogran, C.A. (1995). Animal nutrition. Singapore:Longman Scientific & Technical.

Mansfield, H. R., and Stern, M. D. (1994). Effects of soybean hulls and lignosulfonate-treated soybean meal on ruminal fermentation in lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77:1070–1083.

Manynard, L. A., Loosli, J. K., Hintz, H. F., and Warner, R. G. (1979). Animal nutrition. 7th. McGraw-Hill, Inc., New York, NY.

Mehrez, A.Z., Ørskov, E.R., and McDonald, I. (1977). Rate of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. Br. J. Nurt. 38: 437.

Mertens. (1987). Predicting intake and digestibility using mathematical model of ruminal function. J. Anim. Sci. 64: 1548.

Metcalfe, L.D., Schmitz, A.A., and pelka, J.R. (1996). Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Anal.Chem. 38 : 514 – 515

Moat, A.G., and Foster, J.W. (1995). Microbial physiology. Wiley-Liss Pulisher. New York. USA. 580 p.

Moe, P.W., Tyrrell, H.F., and Flatt, W.P. (1971). Energetic of body tissue metabolizable. J. Dairy Sci. 54 :548 – 559

Moe, P.W., and Tyrrell, H.F. (1974). Observation on the efficiency of utilization on metabolizable energy for meat and milk production. P.27 Proc. Univ. of Notthingham

National Reseach Council. (1984). Nutrients Requirements of Dairy Cattle. 3th Ed. National academy press. Washington D.C. 340 p.

National Research Council. (1988). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 4thEd. National Academic Press. Washington D. C. 157 p.

National Reseach Council. (1996). Nutrients Requirements of Dairy Cattle. 6Ed. National academy press. Washington D.C.

National Research Council. 1998. Nutrient Requirements of Swine. In: Nutrient Requirements of Domestic Animal. Eds. National Academy of Science, Inc, Washington, D.C., USA.

National Reseach Council. (2001). Nutrients Requirements of Dairy Cattle. 7th Ed. National academy press. Washington D.C. 340 p.

NPPC. 1999. Procedures to Evaluate Market Hogs. 4th ed. 1999. National Pork Producers Council, Des Moines, IA.

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. Agri Sci. 92: 499-503.

Ørskov, E.R., Deb Hovell, F.N., and Mould, F. (1980). The use nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Tropical Animal Production. 5: 195-213.

Ostrowska, E., F.R. Dunshea, M. Muralitharan and R.F. Cross. 2000. Comparison of Silver-ion high performance liquid chromatographic quantification of free and methylated conjugated linoleic acid. Lipids. 35: 1147 – 1153

Palmquist, D.L., and Maltos, W. (1978). Thurnover of lippoproteins are transfer of milk fat of dietary (Øcarbon-Ø4) linoleic in lactating cows. J. Dairy Sci. 60: 560 - 565.

Palmquist, D.L., (1991). Influence of source and amount of dietary fat on digestibility in lactating cows. J. Dairy Sci. 74: 1354 - 1360.

Pantoja, J., Firkins, J. L., Eastridge, M. L., and Hull, B. L. 1994. Effects of fat saturation and source of fiber on site of nutrient digestion and milk production by lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 77: 2341 – 2356.

Preston, R.L., (2002). Typical composition of commonly used feeds for sheep and cattle. (Online available, http://www.vcn.vnn.)

Preston, R.R., and Lean, R.A. (1987). Matching ruminant production system with available resources in the tropic and sub-tropic. Armidale: Penambul Books. Australia.

Radar matrix. 1996. Feed Table 28/05/1996, Radar NV, Dorpstraat 4, B-9800 Deinze, Belgium.

Roger B.W. (1983). Feeding experiments with dairy cattle. In Ternouth, J.H (ed.). (pp. 70-97). Dairy cattle research Techniques. Queensland Department of Primary Industries Miscellaneous Publication 82017. Brisbane, Australia.

Romo, G.A., Casper, D.P., Erdman, R.A., and Teter, B.B. (1996). Abomasal infusion of cis or trans fatty acid isomers and energy metabolism of lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 79: 2005 -2015.

Russell, J.B., (1991). Resistance of Strecptococcus bovis to acetic acid at low pH : relationship between intracellular pH and anion accumulation. J. App. Microbiol. 57: 255.

Russell, J.B., and Dombrowski, D.E. (1980). Effect of pH on the efficiency of growth of rumen bacteria in pure culture. . J. App. Microbiol. 39: 604.

Satter, L.D., and Slyter, L.L. (1974). Effect of ammonia concentration on rumen microbial production *invitro*. Br. J. Nutr. 32: 199.

Smith, G. H., and Dodd, F.H. (1966). Effect of milking throughout pregnancy on milk yield in the succeeding lactation. J. Dairy Sci. 46: 204.

Statistical Analysis System. (1988). SAS User' Guide: Statistics. NC: SAS Institute.

SAS Institute. 1996. SAS/STAT User's Guide. Cary, NC, USA: SAS Institute Inc.

Steel, R. G. D., and Torrie, J. H. (1986). Principles and Procedures of Statistics: A Biometric Approach (5th Ed). McGraw Hill International Book Company, New York. 633p.

Stone, W.C. (1996). Applied topics in dairy cattle nutrition. 1. Soyhulls as either forage or concentrate replacement. Ph.D. Thesis. Cornell Univ., Ithaca, NY.

Stewart, L. L., D.Y. Kil, J. F. Patience, G. L. Allee, J. E. Pettigrew and H. H. Stein. 2008. Effects of fibrous ingredients on pig performance and body composition. J. Anim. Sci. 86(E-Suppl. 3):76-77 (Abstr.).

Swift, B.W. (1957). The caloric value of TDN. J. Dairy Sci.. 16:1055-1059.

Tyrrell, H.F., and Reid, J.T. (1965). Prediction of the energy value of cow's milk. J. Dairy Sci. 48: 1215 - 1223.

Tyrrell, J.F., and Moe, P.W. (1975). Effect of intake on digestive efficiency. J. Dairy Sci. 58: 1151-1163.

Van Oeckel, M.J., N. Warnants, M. De Paepe, M. Casteels and B. Chv. 1998. Effect of fibre-rich diets on the backfat skatole content of entire male pigs. Livest. Prod. Sci. 56: 173–180.

Wagner, D.C., and Loosli, J.K. (1967). Studies on the energy requirements of high-producing cows. Memoir 400, Cornell Uni. Agr. Exp. Sta.

Weiss, W.P., Conrad, H.R., and Pierre, N.R.S. (1992). A theoretically-based model for predicting total digestive nutrient value of forages and concentrates Anim. Feed Sci. Technol. 39: 95 - 110.

Windschitl, M.D. (1991). Lactctional performance of high production diary cow feed diets containing salmal meal and urea. J. Dairy Sci. 74: 3475.

Winkins, R.J. (2000). Forage and their role in animal systems. In Givens, D.I., Owen, E., Axford, R.F.E. and Omed, H.M. (eds.). Forage evaluation in ruminant nutrition. Wallingford, Oxon, UK: CABI International.pp. 1- 4

Yan, L., Q.W. Meng, J.P. Wang and I.H. Kim. 2010. Effects of dietary soybean hulls and *Lactobacillus reuteri* on growth performance, nutrient digestibility and noxious gas emission from feces and slurry in finishing pigs. Wayamba J. Anim. Sci., 1: 53-56.

Zervas G., Fegeros, K., Koytsotolis, K., Goulas, C., and Mantzios, A. (1998). Soy hulls as a replacement for maize in lactating dairy ewe diets with or without dietary fat supplements. Anim. Feed Sci. Technol. 76: 65 - 75

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Filename: Soybean hull-report
Directory: H:\Report\Report-soyhull-Sub
Template: C:\Documents and Settings\User1\Application Data\Microsoft\Templates\Normal.dot
Title: บทที่ 1
Subject:
Author: ccs
Keywords:
Comments:
Creation Date: 24/12/54 ๒๔/๑๒/๕๔ ๑๙:๐๙ น.
Change Number: 115
Last Saved On: 04/01/23 ๐๔/๐๑/๒๓ ๑๙:๐๘ น.
Last Saved By: User1
Total Editing Time: 407 Minutes
Last Printed On: 09/07/55 ๐๙/๐๗/๕๕ ๑๑:๕๕ น.
As of Last Complete Printing
Number of Pages: 89
Number of Words: 22,493 (approx.)
Number of Characters: 128,212 (approx.)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี