



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง ผลของการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนจากมันสำปะหลังบด
และปลายข้าวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม

Effects of Various Carbohydrates Degradability in the Rumen from Ground Cassava and
Broken Rice on Growth Performance of Dairy Calves

نامผู้วิจัย นางสาวปัทมา ไตรชมภู

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ธีระชัย กาญจนพุดพิงศ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสิงห์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนจากมันสำปะหลังบด
และปลายข้าวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม

Effects of Various Carbohydrates Degradability in the Rumen from Ground Cassava and
Broken Rice on Growth Performance of Dairy Calves

โดย

นางสาวปัทมา ไทรชมพู

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2555

ปีพ.ศ. ๒๕๕๕: ผลของการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันในกระเพาะ
รูเมนจากมันสำปะหลังบดและปลายข้าวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขา โภชน
ศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
รองศาสตราจารย์ธีระชัย กาญจนพฤติพงศ์, Ph.D. 71 หน้า

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลของการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันใน
กระเพาะรูเมนต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม ใช้ลูกโคลูกผสมโฮลส์ไตส์-ฟรีเซียน
75-87.5% จำนวน 30 ตัว แบ่งเป็นเพศเมีย 18 ตัว เพศผู้ 12 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ
10 ตัว แบ่งเป็นเพศเมีย 6 ตัว และเพศผู้ 4 ตัว เพื่อให้ได้รับอาหารทดลอง 3 สูตร สูตรที่ 1
อาหารชั้นที่มีมันสำปะหลังบดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักที่สลายตัวได้ง่ายในกระเพาะรูเมน
สูตรที่ 2 อาหารชั้นที่มีมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักที่
สลายตัวได้ปานกลางในกระเพาะรูเมน และสูตรที่ 3 อาหารชั้นที่มีปลายข้าวเป็นแหล่ง
คาร์โบไฮเดรตหลักที่สลายตัวได้ช้าในกระเพาะรูเมน ใช้เวลาทดลอง 63 วัน โดยใช้แผนการ
ทดลองแบบสุ่มตลอดลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีปลายข้าวและลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มี
มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) กินอาหารมากกว่าในช่วง 8-35 วัน ($P<0.05$) ลูกโคนม
ที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดมีน้ำหนักกระเพาะอาหารในส่วนของกระเพาะรูเมนในช่วง
60 วัน ทั้งก่อนล้าง ($P<0.05$) และหลังล้าง ($P<0.01$) มีความยาวของ Papillae ที่บริเวณ
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง (Cranial ventral sac) และความกว้างของ Papillae ที่บริเวณ
กระเพาะส่วนหลังด้านบน (Caudal dorsal sac) ของกระเพาะรูเมนที่อายุ 30 และ 60 วัน ($P<0.01$)
มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ($P<0.01$) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว ($P<0.05$)
ในช่วง 36-63 วัน ดีกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) และ
อาหารที่มีปลายข้าว ทั้งนี้ค่าการย่อยได้ตลอดทางเดินอาหาร กลูโคสและยูเรียในซีรัม รวมถึง
คะแนนมูลลูกโคมีค่าไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยสรุปลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลัง
บดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักที่สลายตัวได้ง่ายในกระเพาะรูเมนทำให้การพัฒนาของ
กระเพาะรูเมนอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน (ADG) และอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว
(FCR) ในช่วงอายุ 60 วัน ดีกว่าลูกโคที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และ
อาหารที่มีปลายข้าว

Pattama Saichompoo 2012: Effects of Various Carbohydrates Degradability in the Rumen from Ground Cassava and Broken Rice on Growth Performance of Dairy Calves. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science.
Thesis Advisor: Associate Professor Jeerachai Kanjanaprutipong, Ph.D. 71 pages

Effects of various carbohydrates degradability from ground cassava and broken rice on growth performance of dairy calves were studied. Dietary treatments contained various carbohydrates degradability from ground cassava, ground cassava plus broken rice (50:50) and broken rice. Thirty Holstein calves (18 female and 12 male) were randomly allocated to the dietary treatments due to completely randomized design. The experimental period of the study was 63 days. Dry matter intake for calves fed diet containing broken rice during 8-35 day ($P<0.05$) were higher than those fed diets containing ground cassava plus broken rice (50:50) and ground cassava. Papillae length at cranial ventral sac and papillae width at caudal dorsal sac at both day 30 and 60 greater full ($P<0.05$) and empty ($P<0.01$) rumen weigh at day 60 average daily gain ($P<0.01$) and feed conversion ratio ($P<0.05$) for calves fed diet containing ground cassava were greater ($P<0.01$) than those fed diets containing broken rice and ground cassava plus broken rice. Whole tract digestibility, serum glucose, serum urea and fecal score were not affected ($P<0.05$) by dietary treatment. It can be concluded that calves fed diet containing more easily degradability from ground cassava had better rumen development and thus better average daily gain and feed conversion ratio.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จิระชัย กาญจนพุดพิงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ขอบขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาสัตวบาลทุกท่านสำหรับความช่วยเหลือตลอดมา ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้สนับสนุนทุนการทำวิทยานิพนธ์ เพื่อการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับชาติหรือนานาชาติ ขอขอบคุณเจ้าพนักงานที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน ที่อำนวยความสะดวกเรื่องสถานที่และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหาร และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ประจำศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตผลจากสัตว์ สถาบันสุวรรณวาลกกลิจิเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่อำนวยความสะดวกเรื่องสถานที่และอุปกรณ์ในการฆ่าลูกโคนม ตลอดจนขอขอบคุณเจ้าพนักงานที่ประจำห้องปฏิบัติการเนื้อเยื่อ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน ที่อำนวยความสะดวกเรื่องสถานที่และอุปกรณ์ในการศึกษาการพัฒนาของกระเพาะรูเมน

ขอขอบคุณอุดมแคร์ฟาร์มที่อำนวยความสะดวกเรื่องสถานที่และสัตว์ทดลอง รวมถึงให้ข้อมูลที่ใช้ในการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณเจ้าพนักงานที่ประจำฟาร์มทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ช่วยสนับสนุนทุนในการศึกษาและเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา ขอบขอบคุณความช่วยเหลือและกำลังใจจากทุกคนที่มีส่วนสำคัญที่ทำให้การศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ปัทมา ไทรชมภู

พฤษภาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	46
อุปกรณ์	20
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	28
สรุปและข้อเสนอแนะ	44
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	45
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก การบันทึกคะแนนมูลอุกโค (Fecal score)	54
ภาคผนวก ข การศึกษาน้ำหนักซากและน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหาร	57
ภาคผนวก ค การศึกษาการพัฒนาของกระเพาะรูเมน	63
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	71

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบของน้ำนม น้ำเหลืองและการเปลี่ยนแปลงของน้ำนม	7
2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีมันสำปะหลังบดและปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย	22
3 ปริมาณการกินอาหารของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย	29
4 การย่อยได้ของโภชนะในลูกโคนมจากการศึกษาโดยวิธี Acid insoluble ash (AIA)	32
5 การย่อยได้ของโภชนะในลูกโคนมจากการศึกษาโดยวิธี Total feces collection	33
6 คะแนนมูลลูกโคที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าวและปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย	35
7 ระดับกลูโคสและยูเรียในซีรัมของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย	36
8 จำนวนและขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่อายุ 1 และ 2 เดือน	37
9 น้ำหนักซากและน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหารของลูกโคนม	40
10 อัตราการเจริญเติบโต และการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย	43

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ปริมาณการกินอาหารทดลองของลูกโคนมในแต่ละสัปดาห์	30
ภาพผนวกที่		
1	คะแนน 1 = มูลมีลักษณะแข็ง (Firm)	55
2	คะแนน 2 = มูลมีลักษณะไม่อ่อนไม่แข็งมาก (Normal)	55
3	คะแนน 3 = มูลมีลักษณะอ่อน (Soft)	56
4	คะแนน 4 = มูลมีลักษณะเหลวเป็นน้ำ (Watery หรือ Scours)	56
5	ส่วนต่างๆของระบบทางเดินอาหารของลูกโคนม	58
6	การมัดแบ่งส่วนต่างๆของกระเพาะอาหารของลูกโคนม	58
7	การชั่งน้ำหนักส่วนต่างๆของทางเดินอาหารทั้งก่อนล้างและหลังล้างของลูกโคนม	59
8	ลักษณะและขนาดของกระเพาะรูเมนหลังล้างในช่วงวันที่ 30 (A, B และ C) และวันที่ 60 (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว	59
9	ลักษณะและขนาดของกระเพาะรังผึ้งหลังล้างในช่วงวันที่ 30 (A, B และ C) และวันที่ 60 (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว	60

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

10	ลักษณะและขนาดของกระเพาะสามสิบกลีบหลังล้างในช่วงวันที่ 30 (A, B และ C) และวันที่ 60 (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว	61
11	ลักษณะและขนาดของกระเพาะแท้หลังล้างในช่วงวันที่ 30 และวันที่ 60	62
12	การเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อจากกระเพาะรูเมน 4 ตำแหน่ง	64
13	ตัดชิ้นเนื้อเยื่อให้มีขนาด 1 cm ² นำมาตรึงบนแผ่นโฟมด้วยเข็มหมุด	64
14	นำชิ้นเนื้อเยื่อไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์นิวทริลฟอรัสมาลินเป็นเวลา 24 ชั่วโมง	65
15	การหล่อปลอกพาราฟินด้วยเครื่องหยอดพาราฟิน	65
16	การตัดเนื้อเยื่อให้เป็นแผ่นบางประมาณ 4 ไมครอนด้วยเครื่องมือโครโมแบบใช้มือหมุน	66
17	นำเนื้อเยื่อที่ย้อมสี H&E (Hematoxyline & Eosin) มาส่องกล้องจุลทรรศน์ Olympus CX31 ที่กำลังขยาย 10x	66
18	ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหน้าด้านบนของลูกโคนมที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่อายุ 60 วัน (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว	67

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- 19 ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหน้าด้านล่างของลูกโคนม
ที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่อายุ 60 วัน (D, E และ F) โดยที่ A และ D
= กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลัก
จากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหาร
ที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C
และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรต
หลักจากปลายข้าว 68
- 20 ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหลังด้านบนของลูกโคนม
ที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่อายุ 60 วัน (D, E และ F) โดยที่ A และ D
= กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลัก
จากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหาร
ที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C
และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรต
หลักจากปลายข้าว 69
- 21 ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหลังด้านล่างของลูกโคนม
ที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่อายุ 60 วัน (D, E และ F) โดยที่ A และ D
= กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลัก
จากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหาร
ที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C
และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรต
หลักจากปลายข้าว 70

ผลของการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันในกระเพาะรูเมน
จากมันสำปะหลังบดและปลายข้าวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม

Effects of Various Carbohydrates Degradability in the Rumen from
Ground Cassava and Broken Rice on Growth Performance of Dairy Calves

คำนำ

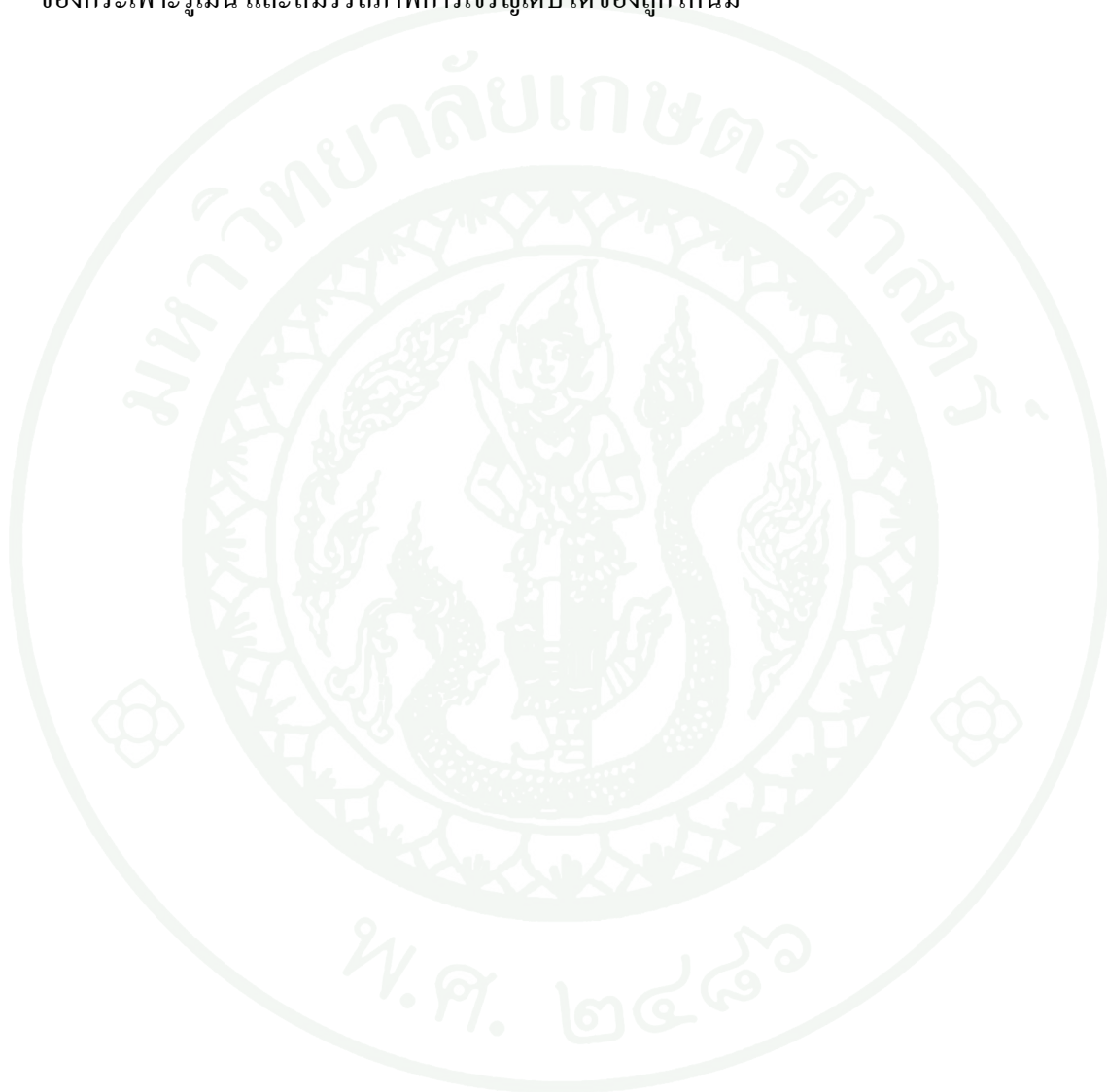
มันเส้นเป็นผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังที่ใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์เป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพที่จะเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต (แหล่งพลังงาน) ในอาหารโคนม มีองค์ประกอบโปรตีนรวมค่อนข้างต่ำประมาณ 2% แป้งในมันสำปะหลังเป็นแป้งอ่อน สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยมันสำปะหลังได้ง่ายและรวดเร็วกว่าปลายข้าวและข้าวโพด (เกรียงศักดิ์, 2533) จีระชัย (2549) รายงานว่ากรณีที่มีแป้งที่ย่อยง่ายในปริมาณมาก แอมโมเนียในกระเพาะรูเมนจะถูกใช้เป็นแหล่งไนโตรเจนสำหรับสร้างโปรตีนของเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้สามารถใช้ยูเรียและไบยูเรทได้ในปริมาณที่สูงกว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถใช้แป้ง น้ำตาลและแอมโมเนียในการสร้างเป็นโปรตีนได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เมื่อนำมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารโคนมมักพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างและแอมโมเนียไนโตรเจนในของเหลวที่เก็บจากกระเพาะรูเมนมีค่าต่ำกว่าโคนมที่ได้รับปลายข้าวเสมอ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้แป้งและน้ำตาลของมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์เพื่อตรึงแอมโมเนียไนโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (จีระชัย, 2543)

ลูกโคในช่วงสัปดาห์แรกจะปรับตัวโดยการกินอาหารขึ้นมากขึ้น Jorgenson *et al.* (1970) และ Winte (1978) รายงานว่ากระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์จะค่อยๆเริ่มขึ้น ซึ่งจะได้กรดไขมันระเหยง่ายเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนา Papillae ของกระเพาะรูเมน การดูดซึมพร้อมกับการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่เชื่อมุกระเพาะรูเมนก็จะเริ่มเกิดขึ้น กระเพาะรูเมนจะเริ่มพัฒนาเมื่อมีอาหารแข็ง (อาหารข้น) อยู่ในกระเพาะ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของอาหาร การพัฒนาของกระเพาะรูเมนและ Papillae จะดีมากเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิตอาหารและรูปแบบของอาหาร รวมถึงชนิดของอาหารด้วย การกินอาหารที่เป็นของแข็งของ (Suarez *et al.*, 2006) Harrison *et al.* (1960) รายงานว่า ลูกโคนมก่อนหย่านมโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงจะช่วย

กระตุ้นการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและการผลิตกรดไขมันระเหยง่ายซึ่งจะเป็น
 สิ่งช่วยในการพัฒนาของกระเพาะรูเมน การพัฒนา Papillae ในกระเพาะรูเมนเป็นผลมาจาก
 กรดไขมันระเหยง่ายและการกระตุ้นทางกายภาพของอาหารขึ้น สัมประสิทธิ์การย่อยได้รวมถึงค่า
 การย่อยได้ตลอดทางเดินอาหารของแป้งในมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกบดและปลายข้าว
 ตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าพลังงานแล้วมีค่าใกล้เคียงกับข้าวโพดที่นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงาน
 (เกรียงศักดิ์, 2533) การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นการใช้มันสำปะหลังบดซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อย
 ได้ง่ายในกระเพาะรูเมน และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้าต่อการพัฒนาของ
 กระเพาะรูเมนและสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการใช้มันสำปะหลังบดซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายใน
กระเพาะรูเมน และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้าในกระเพาะรูเมนต่อการพัฒนา
ของกระเพาะรูเมน และสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม



การตรวจเอกสาร

การพัฒนาของกระเพาะลูกสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การเจริญเติบโตของกระเพาะส่วนหน้าของลูกสัตว์เคี้ยวเอื้อง แบ่งออกเป็น 4 ระยะคือ

1. ระยะแรกคลอด คือ 0 - 24 ชั่วโมง

เมื่อแรกคลอดกระเพาะส่วนหน้าของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีขนาดเล็กและยังไม่ทำหน้าที่โดยมีขนาดประมาณ 39% ของกระเพาะทั้งหมด ไม่มีจุลชีพชนิดใดอาศัยอยู่เลย ส่วนของ Ruminoreticular, Papillae และ Omasal leaves ยังไม่เจริญเต็มที่ อาหารของลูกสัตว์ในระยะนี้คือน้ำนม น้ำเหลือง ซึ่งจะมีสารพวกอิมมูโนโกลบูลิน (Immunoglobulin) กระเพาะส่วนอะโบมาซังยังไม่มี การหลั่งกรดหรือเอนไซม์ที่ย่อยโปรตีน ทำให้สารอิมมูโนโกลบูลินในน้ำมน้ำเหลืองสามารถผ่านกระเพาะโดยไม่มีการย่อยและดูดซึมในส่วนของลำไส้ ลูกสัตว์ในระยะนี้จะได้โปรตีนจากน้ำนมคือ เคซีน (Casein) และพลังงานที่ได้จะมาจากน้ำตาลแลคโตส ซึ่งในลำไส้จะมีการสลายให้ได้กลูโคสและกาแลคโตส และน้ำมน้ำเหลืองจะมีจุลชีพชนิด Lactobacilli อยู่และจะมีการเพิ่มจำนวนขึ้นมากในลำไส้ จนถึงระยะที่กำลังกินน้ำนม จากนั้นลูกสัตว์จะได้รับจุลชีพชนิดอื่นได้แก่ *E.coli*, *Streptococi* และ *Clostridium* spp. จากการปนเปื้อนอุจจาระ สังเกตได้ว่าจุลชีพส่วนใหญ่ในระยะเริ่มแรกจะเป็นจุลชีพชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน หรือ Anaerobic bacteria (กฤษ, 2547)

2. ระยะ Pre-ruminant phase ตั้งแต่อายุ 1 วัน – 3 สัปดาห์

ระยะตั้งแต่ลูกสัตว์เคี้ยวเอื้องอายุตั้งแต่ 1 วัน จนถึง 3 สัปดาห์ ระยะนี้อาหารส่วนใหญ่ที่สัตว์กินก็คือ น้ำนม แต่ในช่วงครึ่งท้ายของระยะที่สองนี้จะสามารถเริ่มกินอาหารแข็งได้ ในระยะนี้จะเริ่มมีการหลั่งน้ำลายจำนวนมากจากต่อมน้ำลาย น้ำลายจะประกอบไปด้วยเอนไซม์ที่ย่อยไขมัน ในน้ำนมที่ชื่อว่า ฟรีแกสทริก เอสเทอเรส (Pregastric esterase) เมื่อน้ำนมถูกดูดผ่านไปยังคอกฮอยจะกระตุ้นตัวรับทางเคมี ไปกระตุ้นให้มีการปิดของ Reticular groove และมีการคลายตัวออกของ Reticulo-omasal orifice และ Omasal canal การกระตุ้นดังกล่าวจะทำให้ท่อของ Reticular groove มีการม้วนปิด ทำให้น้ำนมไหลจากส่วนของหลอดอาหารเข้าไปยังโอมาซังโดยตรงไม่ผ่าน

เรติคูโลรูเมน การที่ลูกสัตว์คูดน้ำนม ทำให้น้ำนมเข้ามาอยู่ในส่วนของโอม่าซัมและกระตุ้นให้มีการหลั่งเอนไซม์และสิ่งขับหลั่ง ได้แก่ เอนไซม์ที่ย่อยน้ำนมและกรดเกลือ (กรดไฮโดรคลอริก) เอนไซม์เรนนิ (Rennin) จะย่อยโปรตีนในน้ำนมคือ เคซีน ที่ pH ประมาณ 6.5 ภายในเวลาแค่ 3-4 นาที เรนนิสามารถทำให้น้ำนมเกิดเป็นก้อนแข็งหรือเกิดลักษณะที่เรียกว่า Curd ตกตะกอนในรูปแบบที่เรียกว่า calcium caseinate ส่วนไขมันในน้ำนมจะถูกย่อยโดยเอนไซม์ไลเปส (Lipase) ซึ่งพบอยู่บ้างในน้ำนม และพรีแกสตริกเอสเทอร์ส ถ้าได้ของลูกสัตว์ในระยะนี้มีการทำหน้าที่ของเอนไซม์แลคเตส (Lactase activity) ได้ดี แต่การทำหน้าที่ของมอลเตส (Maltase activity) ยังมีระดับต่ำ ทำให้ตัวแข็งหรือผลผลิตจากแป้งไม่สามารถถูกย่อยได้ในลูกสัตว์ในระยะนี้ สารสื่อกลางในระบบเมตาบอลิซึมในลูกสัตว์ในระยะที่สองนี้จะใช้กลูโคสเป็นหลัก (กฤษ, 2547)

3. ระยะ Transitional phase ตั้งแต่อายุ 3-8 สัปดาห์

ระยะที่สาม Transitional phase เมื่อลูกสัตว์อายุ 3-8 สัปดาห์ ในช่วงนี้น้ำนมที่ลูกสัตว์กินจะถึงจุดสูงสุด ในขณะที่ตัวลูกสัตว์ก็จะเริ่มมีการกินอาหารหยาบ(Roughage) ทำให้มีการพัฒนาการของต่อมน้ำลายและเรติคูโลรูเมนอย่างรวดเร็ว ต่อมน้ำลายโดยเฉพาะต่อมน้ำลายparotid gland จะมีการเพิ่มขึ้นของขนาดและปริมาตรของสิ่งขับหลั่ง (Heinrichs and Jones, 2003) ซึ่งจะมีระดับความเป็นด่างค่อนข้างมาก การเจริญของเรติคูโลรูเมนจะทำให้มีการพัฒนาของจุลชีพในช่วง 1 สัปดาห์ภายหลังคลอด จุลชีพส่วนใหญ่จะเป็นพวก Lactobacilli ซึ่งสร้างกรดแลคติก ทำให้ pH ในกระเพาะรูเมนและเรติคูลัมมีค่าค่อนข้างต่ำ หลังจากการกินอาหารหยาบจะทำให้มีชนิดและจำนวนของจุลชีพเพิ่มมากขึ้นในกระเพาะรูเมน ซึ่งกระบวนการหมักที่เกิดจากจุลชีวดังกล่าวจะเป็นตัวสร้างกรดไขมันสายสั้นซึ่งจำเป็นสำหรับการพัฒนาการของเยื่อกระเพาะเรติคูโลรูเมน และเยื่อกระเพาะโอม่าซัม (ส่วนของ Omasal leaves) กระบวนการนี้จะเริ่มขึ้นในระยะนี้ ในระยะที่สามนี้จะเป็นระยะที่สำคัญอย่างยิ่งของกระเพาะรูเมนและเรติคูลัม ในปลายของระยะนี้ลูกสัตว์จะมีอัตราส่วนและหน้าที่ในเรติคูโลรูเมนคล้ายคลึงกับที่พบในสัตว์ที่โตเต็มวัย (กฤษ, 2547)

4. ระยะก่อนและหลังหย่านม (Pre-weaning and Post-weaning phase) ตั้งแต่อายุ 8 สัปดาห์ เป็นต้นไป

ระยะที่ลูกสัตว์อายุตั้งแต่ 8 สัปดาห์จนถึงโตเต็มวัย ในระยะนี้ลูกสัตว์จะกินน้ำนมลดลง และจะเริ่มกินอาหารที่คล้ายคลึงกับสัตว์เลี้ยวเอื้องที่โตเต็มวัย จำนวนของอาหารที่อยู่ใน

เรติคูโลลูเมนจะมีปริมาณมากขึ้น ทำให้มีการเริ่มต้นของวงจรต่างๆในการเคลื่อนไหวของกระเพาะ ส่วนหน้าทั้งสามส่วน เช่นเดียวกับที่พบในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่โตเต็มวัย เอนไซม์ Pepsinogen จะมีการทดแทนเอนไซม์เรนนิน (Rennin) ในกระบวนการย่อยในอะโบมาซั่ม ในช่วงแรกคลอด เรติคูโลลูเมนจะมีร้อยละของการเจริญเติบโตเพียงครึ่งหนึ่งของโอมาซั่มร่วมกับอะโบมาซั่ม แต่เรติคูโลลูเมนจะพัฒนาขึ้นอย่างมากจนมีขนาดเป็น 2 เท่าของโอมาซั่มร่วมกับอะโบมาซั่ม เมื่อลูกสัตว์อายุ 10-12 สัปดาห์ (กฤษ, 2547) ในสัตว์เคี้ยวเอื้องที่โตเต็มวัยกระเพาะรูเมนจะมีถึง 80% ของกระเพาะอาหารทั้งหมด

การจัดการดูแลลูกโคนม

การเลี้ยงลูกโคแรกเกิด

ระยะแรกลูกโคจะกินอาหารเหลวจึงไม่จำเป็นต้องสร้างกรงขนาดใหญ่ ปกตินิยมใช้ขนาดกรงที่มีความกว้าง × ความยาว × ความสูง เท่ากับ 1×1×1 เมตร พื้นกรงสูงจากพื้นประมาณ 15-30 เซนติเมตร มีที่วางถังให้น้ำหรือให้น้ำนม ถังให้อาหารชั้นและอาหารหยাবบริเวณหน้ากรง และมีประตูเปิดบริเวณท้ายกรง กรงเดียวนั้นอาจจะสร้างเป็นกรงดับในกรณีที่มีลูกโคเป็นจำนวนมาก และสร้างแบบถาวร ซึ่งจะสะดวกพอทั้งลูกโคและการดูแลทำความสะอาดง่าย ไม่เปลืองพื้นที่ (จิระชัย, 2549)

การจัดการดูแลลูกโคในระยะนี้จึงมุ่งเน้นจัดการลดปัจจัยเสี่ยงที่ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพ และเอาใจใส่ดูแลความสะดวกของโรงเรือน น้ำดื่ม น้ำนม และอาหาร (Losinger and Heinrich, 1997) การจัดการดูแลลูกโคในระยะนี้แบ่งการจัดการดูแลเป็นระยะต่างๆดังนี้

1. การจัดการดูแลลูกโคแรกคลอดถึงอายุ 5 วัน

1.1 ความสำคัญของการให้น้ำนมแม่เหลือง

ส่วนประกอบน้ำนมแม่เหลือง (Colostrum) มีความแตกต่างจากน้ำนมปกติ (Milk) คือ น้ำนมแม่เหลือง มีโปรตีนสูงกว่าถึงร้อยละ 14 และโปรตีนส่วนใหญ่เป็น Immunoglobulins (Ig หรืออาจเรียกว่า Antibodies) หลายชนิด เช่น IgG1 ซึ่งพบมากที่สุด IgG2 IgA และ IgM

สารภูมิคุ้มโรคดังกล่าวจะทำให้ลูกโคมีภูมิคุ้มกันต่อโรคต่าง ๆ (ชวนิศนดากร, 2534; Roy, 1990; Lean, 1987; Radostits *et al.*, 1994) โดยเฉพาะโรคท้องเสีย ซึ่งลูกโคส่วนใหญ่จะอ่อนแอต่อโรคนี้มากทำให้การเจริญเติบโตลดลง ลูกโคแคะแกร้น (จีระชัย, 2549) และส่งผลต่ออัตราการตายหลังคลอดเพิ่มขึ้น (Radostits *et al.*, 1994) ลูกโคประมาณ 2 ใน 3 เมื่ออายุได้ 1 เดือน มักตายด้วยโรคท้องเสียประมาณ 5-10 % เนื่องจากการติดเชื้อโรคจากแบคทีเรีย ไวรัส และความเครียด (Lean, 1987; Sainsbury, 1998) ส่วนประกอบนํ้าหนักน้ำเหลืองแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของนํ้าหนักน้ำเหลืองและการเปลี่ยนแปลงของนํ้าหนัก

รายการ	นํ้าหนักหลังคลอด, ครั้ง			นํ้าหนัก
	1	2	3	
เนื้อมรวม (%)	23.9	17.9	14.1	12.9
โปรตีน (%)	14.0	8.4	5.1	3.1
สารภูมิคุ้มโรค (mg/ml)	32.0	25.0	15.0	0.6
ไขมัน (%)	6.7	5.4	3.9	4.0
แลคโตส (%)	2.7	3.9	4.4	5.0
วิตามินและแร่ธาตุ (%)	1.1	1.0	0.8	0.7
วิตามิน เอ (ug/dl)	295.0	190.0	113.0	34.0

ที่มา: Heinrichs and Jones (2003)

1.2 สารภูมิคุ้มโรค

สารภูมิคุ้มโรค (Immunoglobulins; Ig หรือ Antibodies) ในนํ้าหนักน้ำเหลืองมีสัดส่วนมากถึง 14% ประกอบด้วยโปรตีนหลายชนิด เช่น IgG (IgG1 และ IgG2) IgM IgA IgD และ IgE ซึ่งส่วนใหญ่ IgG IgA และ IgM เป็นที่รู้จักมากกว่าชนิดอื่น ๆ สาร Ig จากเลือดจะเข้าสู่เต้านมโคเพื่อก่อตัวใหม่ (Reform) เป็น IgG ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดย่อยคือ IgG1 และ IgG2 เนื่องจากความแตกต่างกันของกลไกการขนส่ง Ig ไปยังเต้านมที่มีความจำเพาะจึงทำให้ IgG1 และ IgG2 ในนํ้าหนักน้ำเหลืองแตกต่างกันที่อะตอมไฮโดรเจน (H) ในสายโมเลกุลโครงสร้าง และมีการขนส่ง IgG1 เข้าสู่เซลล์กล้ามเนื้อเต้านมก่อนการคลอดลูก (Larson, 1985) ส่วน IgA และ IgM มีจำนวนเล็กน้อยในนํ้าหนัก

น้ำเหลืองซึ่งผลิตมาจาก Plasma cells ในผนังลำไส้เล็กของแม่โค (Larson, 1985; Strombeck and Guiford, 1991) นำนมน้ำเหลืองมี IgA IgG1 IgG2 และ IgM เท่ากับ 4,400 75,000 1,900 และ 4,900 mg./l. ตามลำดับ และนํานมปกติมีสารเหล่านี้เท่ากับ 50 350 60 และ 40 mg/l. ตามลำดับ (Roy, 1990)

แม่โคที่คลอดลูกปกติและมีสุขภาพแข็งแรงจะลุกขึ้นเลียตัวลูกทันทีหลังจากคลอดลูกโดยใช้เวลาเลียลูกโคประมาณ 10 ถึง 20 นาที จนจนลูกโคแห้ง กรณีที่แม่โคอ่อนแอ ไม่ลุกขึ้นเลียลูก ต้องรีบช่วยลูกโคโดยยกขาหลังของลูกโคทั้ง 2 ข้าง ให้อยู่ลง แล้วแกว่งไป-มา จนได้ยินเสียงร้องของลูกโค วางลูกโคลงบนพื้นและใช้มือล้วงเมือกออกจากปากของลูกโค ใช้ฟางหรือหญ้าแห้งเช็ดเมือกออกจากรูจมูกเพื่อช่วยให้ลูกโคสามารถหายใจได้สะดวกขึ้นและเช็ดตัวจนกระทั่งขนแห้ง เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดโรคปอดบวม หลังจากนั้นให้แยกลูกโคออกจากคอกคลอดแล้วทำการเปิดสายสะดือ โดยกรอกด้วยทิงเจอร์ไอโอดีนประมาณ 3 – 5 ซี.ซี. และปล่อยให้ทิงเจอร์ไอโอดีนไหลตามสายสะดือจนถึงพื้นท้อง หลังจากนั้นทำการชั่งน้ำหนัก วัดส่วนสูงรอบอกและความยาวลำตัวโค ย้ายลูกโคขึ้นกรงสำหรับลูกโคแรกคลอดที่มีฟางหรือหญ้าแห้งรองพื้นกรง ต่อมาทำการป้อนนํานมเหลืองประมาณ 1 - 1.5 ลิตรทันที หลังจากนั้นให้นํานมเหลืองอีก มื้อละ 2 ลิตร เข้าและเย็นเป็นเวลา 3 – 5 วันติดต่อกัน (จิระชัย, 2549)

2. การจัดการดูแลลูก โคอายุ 6 วันถึง 2 เดือน

หลังจากที่ลูกโคได้รับนํานมเหลืองเป็นระยะเวลา 3 ถึง 5 วัน ควรย้ายลูกโคเข้ากรงเดี่ยวสำหรับเลี้ยงลูกโคอายุ 6 วันขึ้นไป ซึ่งเป็นกรงที่โตกว่ากรงลูกโคแรกคลอด การจัดการดูแลลูกโคในระบณนี้มีจุดประสงค์เพื่อกระตุ้นให้กระเพาะหมักได้รับการพัฒนา ซึ่งจะช่วยให้ลูกโคได้รับโภชนะมากขึ้นจากกระบวนการย่อยและหมักอาหาร โดยอาศัยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก และช่วยลดโอกาสการเกิดโรคท้องร่วง (Beharka *et al.*, 1990) กรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายที่ได้จากกระบวนการหมักอาหารโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักเป็นสารที่สามารถกระตุ้นการพัฒนากระเพาะหมักได้เร็วขึ้น (Stobo *et al.*, 1966) ซึ่งปริมาณกรดไขมันที่ระเหยได้ง่ายที่ได้จากกระบวนการย่อยและหมักอาหารขึ้นมีมากกว่าอาหารหยาบเพราะอาหารข้นมีปริมาณ โภชนะและมีค่าการย่อยได้สูงกว่าอาหารหยาบ ในขณะที่อาหารหยาบอาจก่อให้เกิดความระคายเคือง (Greenwood *et al.*, 1997) และอาจทำให้การพัฒนาของกระเพาะหมักช้าลง (Stobo *et al.*, 1966) ดังนั้นการฝึกหัดให้ลูกโคกินอาหารข้นจึงเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของลูกโคในระยะนี้ ควรเริ่มฝึกป้อนอาหารข้นเข้าปากลูกโคในระยะหลังคลอด 2 ถึง 3 วัน หลังจากนั้นลูกโคจะเลิกกินอาหารข้นจากถึงอาหารเอง (จิระชัย, 2549)

การหย่านมเมื่อลูกโคอายุครบ 2 เดือนให้พิจารณาหย่านมเฉพาะลูกโคที่มีสุขภาพแข็งแรงและกินอาหารขึ้นได้ไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับลูกโคที่มีสุขภาพไม่ดี และกินอาหารขึ้นได้น้อยกว่า 1 กิโลกรัมต่อวัน ควรยืดระยะเวลาหย่านมอีก 7 ถึง 14 วัน เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาแคะแกรนในลูกโค เมื่อครบกำหนดหย่านมควรให้น้ำนม 1 ลิตร เฉพาะเมื่อเช้าต่ออีก 3 วัน เพื่อให้ลูกโคปรับตัวเข้ากับการกินอาหารขึ้นที่เพิ่มขึ้น ซึ่งช่วยลดโอกาสการเกิดโรคท้องอืดในลูกโคระยะหลังหย่านม หลังจากหย่านมแล้วลูกโคจะกินอาหารขึ้นเพิ่มขึ้นเป็น 1.5 ถึง 2.5 กิโลกรัม/ตัว/วัน (จิระชัย, 2549)

หลังจากหย่านม 7-10 วัน เริ่มฝึกลูกโคให้กินอาหารหยาบ และย้ายเข้ามาอยู่ในคอกลูกโครวม เพื่อกระตุ้นให้กินอาหารหยาบได้มากขึ้น หากปล่อยให้กินอาหารขึ้นเพียงอย่างเดียว ลูกโคอาจตายด้วยโรคท้องอืดได้ เมื่อลูกโคมีอายุประมาณ 3 เดือนเต็ม ซึ่งเป็นระยะที่กระเพาะหมักของลูกโคพัฒนาอย่างเต็มที่แล้ว ลูกโคจะสามารถใช้อาหารหยาบได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (จิระชัย, 2549)

ความสำคัญและการใช้ประโยชน์ของคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

คาร์โบไฮเดรตและไขมันเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญสำหรับสัตว์ในฟาร์ม แต่อาหารสัตว์โดยทั่วไปมักมีไขมันไม่เกิน 5% โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนั้นพลังงานส่วนใหญ่ที่สัตว์ได้รับจึงมาจากคาร์โบไฮเดรต (บุญล้อม, 2546) คาร์โบไฮเดรตที่สำคัญในสัตว์เคี้ยวเอื้องแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม

1. คาร์โบไฮเดรตประเภทที่เป็นโครงสร้าง (Structural Carbohydrate; SC)

คาร์โบไฮเดรตประเภทที่มีโครงสร้างที่พบในผนังเซลล์พืชประกอบไปด้วย เฮมิเซลลูโลส, เซลลูโลส และลิกนินเป็นส่วนใหญ่ พวกนี้อยู่ในผนังเซลล์ของพืช ช่วยสร้างความแข็งแรงให้แก่พืช แต่ย่อยได้ยาก เอนไซม์จากตัวสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ต้องอาศัยการย่อยโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในทางเดินอาหารของสัตว์ที่กินพืชเป็นอาหาร เช่น โค กระบือ แพะ แกะ ม้า และกระต่าย เป็นต้น (บุญล้อม, 2546) ซึ่งสามารถนำมาวิเคราะห์ได้โดยวิธีของ Goering and Van Soest (1970) เมื่อนำไปละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (Neutral detergent solution) และส่วนที่ไม่ละลายก็คือผนังเซลล์ หรือ Neutral detergent fiber (NDF) ซึ่งจะสามารถบอกถึงองค์ประกอบของปริมาณ Cellulose, Hemicellulose และ Lignin รวมกัน ส่วนเยื่อใยที่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (Acid

detergent solution) ส่วนที่ไม่ละลายคือ Acid detergent fiber ซึ่งจะประกอบไปด้วยปริมาณ Cellulose และ Lignin โดยระดับของผนังเซลล์ในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ และการย่อยได้ โดยหากมีปริมาณระดับผนังเซลล์ที่สูงเกินไปจะมีผลต่อปริมาณการกินได้ลดลง (บุญล้อม, 2546)

2. คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้าง (Non – Structural Carbohydrate; NSC)

คาร์โบไฮเดรตที่สามารถละลายได้ง่าย เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นแหล่งพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างที่พบโดยทั่วไปในพืชประกอบด้วย แป้ง เพกติน และน้ำตาลชนิดต่างๆ เช่น พบในมันสำปะหลัง ถั่ว ข้าวบาร์เลย์ เป็นต้น เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย เอนไซม์จากตัวสัตว์สามารถย่อยได้จึงใช้ประโยชน์ได้ดีทั้งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวและสัตว์เคี้ยวเอื้อง (บุญล้อม, 2546) เมล็ดธัญพืชมีแป้งถึง 80% เมื่อสัตว์ได้รับคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างจะถูกจุลินทรีย์ที่อยู่ในกระเพาะหมักย่อยและหมักได้เร็ว (Van Soest, 1982) ซึ่งเมื่อสัตว์ได้รับในปริมาณระดับสูงจะมีผลทำให้เกิดความเป็นกรด-ด่าง (pH) ลดลงจนเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้ เช่น เกิดภาวะกรดเกิน (Acidosis) ได้ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง กระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนอาจเกิดขึ้นประมาณ 4-8% ต่อนาที่ และค่อนข้างจะสมบูรณ์ การหมักแป้งและน้ำตาลอาจก่อให้เกิดกรดไขมันสายสั้นจำนวนมาก ทำให้กระเพาะรูเมนกลายเป็นกรด และทำให้ มีปัญหาในการกินอาหาร คาร์โบไฮเดรตจำพวกแป้งจะมีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมน อัตราการย่อยแป้งจะเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ 6-60% ต่อชั่วโมง ซึ่งการย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนจะเป็นผลเกี่ยวข้องโดยตรงกับอัตราการย่อย อัตราและปริมาณการย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดพืชที่นำมาเลี้ยง เช่น ข้าวสาลีจะเกิดขึ้นประมาณ 80-90% ข้าวบาร์เลย์ 86-88% มันสำปะหลัง 84-86% มันฝรั่ง 82-84% ข้าวเจ้า 80-82% และข้าวฟ่าง 66-70% การบดเมล็ดพืชแบบละเอียดพบว่าจะมีการย่อยได้เพิ่มขึ้นประมาณ 5-10% การอัดรีด (Extrusion) หรือการนึ่งแป้ง (Steaming) ทำให้มีอัตราการหมักเพิ่มขึ้น 10-20% แป้งที่มีการย่อยอย่างรวดเร็วจะถูกหมักโดยแบคทีเรียในกระเพาะรูเมนสมบูรณ์ ทำให้เกิดการสร้าง microbial protein และกรดไขมันสายสั้นเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับ คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ไม่สมบูรณ์ จุลินทรีย์ที่สลายแป้งจะเป็นตัวที่ผลิตกรดแลคติกและกรดไขมันสายสั้น โดยปกติแล้วกรดแลคติกจะถูกใช้โดยจุลินทรีย์บางชนิดในกระเพาะรูเมนและไม่สะสม อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์หรือแบคทีเรียที่สร้างกรดแลคติกอาจจะเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ทำให้

ในกระเพาะรูเมนมีแหล่งของแป้งซึ่งสามารถถูกกระบวนการหมักได้ง่ายทำให้เกิดกรดแลคติกจำนวนมาก กระเพาะรูเมนจะมี pH ที่ลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว จึงควรระวังในการให้แป้งจำนวนมากแก่สัตว์เคี้ยวเอื้อง (กฤษ, 2547)

การประเมินระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในอาหาร

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่โครงสร้างในอาหารสามารถคำนวณได้ดังสมการดังนี้ (Nocek *et al.*, 1986)

$$NSC = 100 - (NDF + \text{protein} + \text{fat} + \text{ash}) \text{ หรือ}$$

$$NSC = 100 - ((NDF - NDIN) + \text{protein} + \text{fat} + \text{ash})$$

อย่างไรก็ตาม NRC (2001) ได้แยกส่วนของ NSC ออกเป็น “คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย” (non fibrous carbohydrate, NFC) ได้แก่ น้ำตาล แป้ง กรดอินทรีย์ต่างๆ และเพคติน ซึ่งมีสูตรคำนวณคือ

$$\text{Total carbohydrate} = 100 - \text{protein} - \text{fat} - \text{ash}$$

$$NFC = \text{Total carbohydrate} - NDF$$

$$\text{ดังนั้น \% NFC} = 100 - (NDF + \text{protein} + \text{fat} + \text{ash})$$

กระบวนการเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

กระบวนการย่อยและหมักคาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่เกิดที่กระเพาะรูเมนและเรติคูลัมเมื่อคาร์โบไฮเดรตเข้าสู่กระเพาะหมักจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์แต่ละชนิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่ได้รับโดยอาหารจะถูกย่อยโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ โดยผลที่ได้คือ Monosaccharide ต่างๆ ตลอดจน Shortchain polysaccharide ซึ่งจะถูกปล่อยออกสู่ของเหลวรอบๆ เซลล์ของแบคทีเรีย ผลผลิตเหล่านี้จะถูก Metabolize ต่อไปโดยจุลินทรีย์ กลูโคสและน้ำตาลต่างๆ ส่วนใหญ่จะถูกนำเข้าสู่เซลล์ของจุลินทรีย์แล้วเข้าสู่วิถีไกลโคไลซิส (Glycolytic pathway or EmbdenMeyerhof pathway) ต่อไป โดยกลูโคสเป็น Key product ของกระบวนการเปลี่ยนเป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid, VFA) โมเลกุลของกลูโคสจะถูกเปลี่ยนเป็น 2 โมเลกุลของ Pyruvic acid (3 carbon) โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักและจาก Pyruvic acid จะถูกเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยง่าย ดังนั้น Pyruvic acid จึงเป็น Key product ตัวที่สองของกระบวนการเมแทบอลิซึมคาร์โบไฮเดรตในรูเมน

ดังนั้นกรดไขมันระเหยง่ายที่สำคัญ ได้แก่ อะซิเตท โพรปิโอเนท และบิวทิเรทจึงเป็นผลผลิตสุดท้ายที่ได้จากกระบวนการย่อยและหมักคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะหมักในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยปกติอะซิเตทเป็น Major product ของกระบวนการหมัก คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างจึงมีบทบาทที่สำคัญในกระบวนการนำใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการสังเคราะห์กรดไขมัน (Fatty acid) และกระบวนการสร้าง Milk fat หากมีการรบกวนกระบวนการสร้างอะซิเตท จะมีผลให้การสร้าง Buffer fat ลดต่ำลง อย่างไรก็ตามทั้ง CO_2 และ Methane ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์ที่เกิดจากกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตเป็นการสูญเสียพลังงาน เพราะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (สิทธิศักดิ์, 2551)

1. การหมักแป้ง

แป้งมีโครงสร้างต่างจากเซลลูโลส คือ แป้งเป็นสารประกอบโพลีแซคคาไรด์ซึ่งมีกลูโคสเชื่อมต่อกันด้วยพันธะแอลฟา 1,4 และ แอลฟา 1,6 การย่อยแป้งเกิดขึ้นโดยแบคทีเรียที่เป็นกลุ่ม Amyolytic microbes สิ่งที่แตกต่างกันจาก Cellulolytic microbes คือ Amyolytic microbes จะมีอัตราการหมักที่เร็วกว่าและมีระยะเวลาสั้นในการที่จะแบ่งตัวและเพิ่มจำนวน ทำให้มีการเพิ่มจำนวนได้อย่างรวดเร็วมาก pH ที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของ Amyolytic microbes คือ 5.5-6.6 ซึ่งจะเหมาะกับค่า pH ในรูเมนเมื่อได้รับอาหารชั้นในปริมาณสูง ทำให้มีการหมักและเกิดกรดไขมันระเหยง่ายเป็นจำนวนมาก ถ้าสัตว์เคี้ยวเอื้องกินแป้ง อัตราส่วนของกรดไขมันระเหยง่าย อะซิเตท : โพรปิโอเนท : บิวทิเรท จะเป็น 55 : 25 : 15 Amyolytic microbes ต้องการทั้งแอมโมเนีย และ กรดอะมิโนสำหรับการสร้างโปรตีน รวมถึงต้องการแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งเพื่อเปลี่ยนกรดแลคติกหรือกรดตัวอื่นๆให้กลายเป็นโพรปิโอเนทคือ Propionic microbes กลุ่มที่เปลี่ยนกรดแลคติก และ กลุ่มที่สร้างก๊าซมีเทนมีเวลาในการเพิ่มจำนวนนานกว่า Amyolytic microbes และมีช่วง pH ที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 6.2-6.8 ซึ่งสูงกว่ากลุ่ม Amyolytic ดังนั้นอาจมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นทันทีภายหลังจากที่เปลี่ยนอาหารจากอาหารหยาบเป็นอาหารชั้น แบคทีเรียกลุ่ม Amyolytic microbes จะเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ก่อให้เกิดการสะสมของกรดแลคติกและกรดไขมันระเหยง่าย ก่อให้เกิดการลดลงของ pH ในรูเมน ซึ่งเป็น pH ช่วงที่เหมาะสมสำหรับ Amyolytic microbes ดังนั้น กรดแลคติกซึ่งเป็นกรดอินทรีย์อ่อนซึ่งแรงกว่ากรดไขมันระเหยง่ายจะเพิ่มสูงขึ้น ความสามารถของไฮโดรเจนในการที่จะขับทิ้งก๊าซมีเทนลดน้อยลง ซึ่งอาจจะมีผลในการเกิดการยับยั้งการทำงานของ Amyolytic microbes ได้บ้าง เราเรียกว่า Negative feedback จำนวนของโปรโตซัวก็จะเพิ่มขึ้นเมื่อให้อาหารชั้นในการเลี้ยงสัตว์โปรโตซัวจะอยู่ได้จนเมื่อระดับ pH ต่ำกว่า 5.5 และโปรโตซัวจะเริ่มตายเมื่อ pH ลดต่ำลงอีกเรื่อย ๆ (กฤษ, 2547)

กระเพาะรูเมนเป็นส่วนของทางเดินอาหารที่ย่อยแป้งในปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับในลำไส้เล็ก เนื่องจากลำไส้เล็กจะการทำงานของ Pancreatic amylase ในระดับที่ต่ำกว่าสัตว์กระเพาะเดี่ยว โดยทั่วไปอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยเฉพาะอาหารชั้นจะมีแป้งในปริมาณที่สูง ซึ่งบางส่วนของแป้งอาจจะไม่ผ่านการย่อยในรูเมนแต่เคลื่อนตรงไปยังส่วนของลำไส้เล็กเลย ที่เรียกว่า Bypass (Escape) starch มีผู้เสนอแนะว่าการเพิ่มปริมาณของแป้งที่เคลื่อนไปสู่ส่วนของลำไส้จะเป็นตัวกระตุ้นการใช้ประโยชน์จากแป้งและพลังงานได้ดีกว่า และมีการลดการสูญเสียของแป้งในรูปแบบของพลังงาน ส่วนของความร้อนและมีเทน แม้จะย่อยแป้งในปริมาณที่มากแต่การย่อยแป้งในรูเมนมีประสิทธิภาพเพียง 10% ของการย่อยแป้งในลำไส้เล็ก (กฤษ, 2547)

2. การย่อยแป้งในลำไส้เล็ก

การย่อยแป้งในสัตว์เคี้ยวเอื้องจะคล้ายกับในสัตว์กระเพาะเดี่ยวอื่นๆ คือ ถูกย่อยโดยเอนไซม์ แอลฟา-อะไมเลส และ Oligosaccharidase ที่บริเวณเยื่อบุผิวลำไส้เล็ก แม้ว่าจะมีประมาณ 5-20% ของแป้งที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินจะถูกย่อยในลำไส้เล็ก ส่วนใหญ่ของแป้งจะถูกย่อยโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน การเปลี่ยนแป้งเป็นกลูโคสในลำไส้เล็กมีประสิทธิภาพที่ดีกว่าการหมักเป็นกรดไขมันระเหยง่ายในรูเมนหรือลำไส้ใหญ่ โดยแป้งที่ถูกย่อยในลำไส้เล็กจะให้พลังงานมากกว่าการย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนถึง 42% ดังนั้นการเพิ่มให้แป้ง Bypass กระเพาะรูเมนจะทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องใช้ประโยชน์จากแป้งได้ดีกว่า อย่างไรก็ตามการทำให้มีการ Bypass starch มากอาจทำให้การสร้าง Microbial protein ในกระเพาะรูเมนเกิดน้อยลง เนื่องจากการสังเคราะห์โปรตีนดังกล่าวต้องอาศัยพลังงานที่มาจากกระบวนการหมักของแป้งและเยื่อใยในกระเพาะรูเมน (กฤษ, 2547)

อาหารชั้นสำหรับลูกโค (Calf starter)

อาหารชั้นที่มีแหล่งของแป้งต่างกันจะมีผลต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมน ลูกโคที่กินข้าวโพดและข้าวสาลีเป็นอาหารมีการพัฒนาของกระเพาะรูเมนในส่วนของความหนาของกระเพาะรูเมนมากกว่าที่ลูกโคกินข้าวโอ๊ตและข้าวบาเลย์เป็นอาหาร นอกจากนี้ข้าวโพดยังทำให้ความยาวและความกว้างของ Papillae เพิ่มขึ้นตามมาด้วยเมื่อเทียบกับข้าวโอ๊ตและข้าวบาเลย์ (Khan *et al.*, 2007b) ทั้งนี้การพัฒนาของกระเพาะรูเมน และ Papillae จะดีมากเท่าไรก็ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหาร กระบวนการผลิตอาหาร และรูปแบบของอาหาร รวมถึงชนิดของอาหารด้วย การกินอาหารที่เป็นของแข็งของลูกโคนมก่อนหย่านมโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูง

จะช่วยกระตุ้นการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและการผลิตกรดไขมันระเหยง่ายซึ่งจะเป็นสิ่งช่วยในการพัฒนาของกระเพาะรูเมน (Suárez *et al.*, 2006) การพัฒนา Papilla ในกระเพาะรูเมนเป็นผลมาจากกรดไขมันระเหยง่ายและการกระตุ้นทางกายภาพของอาหารขึ้น (Harrison *et al.*, 1960) ดังนั้นองค์ประกอบทางเคมีของอาหารและการย่อยอาหารของจุลินทรีย์มีอิทธิพลมากที่สุดในการพัฒนาเยื่อบุกระเพาะ และการเปลี่ยนแปลงเมตาบอลิกของลูกโคนม (Nocek *et al.*, 1984)

มันสำปะหลัง (Cassava)

มันสำปะหลังมีคุณค่าทางอาหารหรือส่วนประกอบทางเคมี คือ มีโปรตีนประมาณ 1.9-2.0% พลังงานใช้ประโยชน์ได้ประมาณ 3,260-3,500 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม ไขมัน 0.75% เยื่อใย 4% แคลเซียม 0.12% ฟอสฟอรัส 0.05% และมีไซยาไนด์อยู่ในระดับต่ำไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์ ดังนั้นการเลือกซื้อมันสำปะหลังควรเลือกซื้อที่ไม่มีเหม็นหืนหรือดินทรายปนมากเกินไป (นิตยสารสัตว์เศรษฐกิจ, 2548) สัมประสิทธิ์การย่อยได้รวมถึงค่าการย่อยได้ตลอดทางเดินอาหารของแป้งในมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกบดและปลายข้าวตามลำดับ เมื่อคิดเป็นค่าพลังงานแล้วมีค่าใกล้เคียงกับข้าวโพดที่นิยมใช้เป็นแหล่งพลังงาน (เกรียงศักดิ์, 2533)

มันสำปะหลังยังประกอบด้วยแป้งและน้ำตาลที่่อยได้ง่ายในกระเพาะหมัก และอัตราการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 89% (กฤตพล และคณะ, 2534) เมื่อนำมันสำปะหลังมาใช้เป็นอาหารโคนม มักจะพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างและแอมโมเนียในโตรเจนในของเหลวที่เก็บจากกระเพาะรูเมนมีค่าต่ำกว่าโคนมที่ได้รับปลายข้าวเสมอ (เกรียงศักดิ์, 2533) แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการใช้แป้งและน้ำตาลของมันสำปะหลังเป็นแหล่งพลังงานของจุลินทรีย์ เพื่อตรึงแอมโมเนียในโตรเจนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์การย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนอยู่สูง (94%) น่าจะมีสาเหตุมาจากมันสำปะหลังมีลักษณะโครงสร้างของแป้งที่อ่อนและดูดซึมน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การกักเซาะทำลายเม็ดแป้งโดยเอนไซม์อะไมเลสเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เป็นที่น่าสนใจอีกอย่างหนึ่งว่า มันสำปะหลังมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืช ซึ่งธัญพืชโปรตีนจะทำหน้าที่ยึดเชื่อมเม็ดแป้งไว้ด้วยกันในรูปของ Protein matrix ทำให้โครงสร้างทนต่อการย่อยทำลายของเอนไซม์ ยังมี Protein matrix ยึดแป้งไว้มากเท่าไรก็ยังคงทนต่อการทำลายของเอนไซม์เท่านั้น (Thorne *et al.*, 1983; Dreher *et al.*, 1984) ดังนั้นการที่มันสำปะหลังมีโปรตีนเป็น

องค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่ต่ำ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงสร้างมันสำปะหลังไม่แข็งแรงและคงทนต่อการย่อยของเอ็นไซม์อะไมเลสเหมือนธัญพืชบางชนิด เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวโพด และข้าวเจ้า ซึ่งมี %การย่อยได้ต่ำกว่ามันสำปะหลัง เว้นเสียแต่ว่าจะบดให้ละเอียดเสียก่อน

มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้สูงที่สุด และง่ายต่อการนำมาเลี้ยงสัตว์โดยไม่ต้องผ่านกรรมวิธีการแปรรูปเลย นอกจากนี้ยังมีราคาถูกเมื่อเทียบกับวัตถุดิบชนิดอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตาม มันสำปะหลังก็มีข้อจำกัดที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำ ดังนั้นหากมีการนำมันสำปะหลังมาปรับใช้ร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นที่มีระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงและมีราคาถูก อาทิเช่น ยูเรีย หรือสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ก็อาจจะสามารถแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวนี้ของมันสำปะหลังได้ (เกรียงศักดิ์, 2533)

ปลายข้าว (Broken Rice)

ข้าวโพด ปลายข้าว ข้าวฟ่าง เป็นเมล็ดธัญพืชที่สามารถให้พลังงานได้ในรูปของโภชนาที่ย่อยได้ทั้งหมด (Total digestible nutrients; TDN) ได้ถึง 70-80% หรือ (Metabolizable energy; ME) เฉลี่ยเท่ากับ 3.3 Mcal/kg (สิทธิศักดิ์, 2550) นอกจากพลังงานแล้วเมล็ดธัญพืชยังให้โปรตีนในปริมาณหนึ่ง ซึ่งโดยเฉลี่ยจะอยู่ในระดับปริมาณ 8-10% ปลายข้าวเป็นผลพลอยได้จากการสีข้าวซึ่งจะได้ส่วนของปลายข้าวประมาณ 15% (ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาการอาหารสัตว์, 2550)

ปลายข้าวให้พลังงานสูง มีโปรตีนประมาณ 8% มีไขมันและเยื่อใยต่ำ เก็บไว้ใช้ได้นานโดยไม่หืน (กองอาหารสัตว์, 2550) มียอดโภชนาที่ย่อยได้ประมาณ 92.4% ปลายข้าวสามารถใช้แทนข้าวโพดเพื่อผสมอาหารเลี้ยงสัตว์พวกโคนมและโคเนื้อได้ ทั้งนี้เพราะปลายข้าวมีแป้งและน้ำตาลอยู่ค่อนข้างสูง (พานิช, 2527) แต่มีแป้งที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าในมันสำปะหลัง (จิระชัย, 2549) มีอัตราการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 63% (กฤตพล และคณะ, 2534) แร่ธาตุและวิตามินต่างๆก็มีอยู่น้อย ถ้าเป็นข้าวสารหนึ่งก็จะมีคุณภาพสูงขึ้นเล็กน้อยเพราะวิตามินบางอย่างแทรกซึมเข้ามาอยู่ในเนื้อข้าว (ชวนิศนดากร, 2534)

ข้าวเปลือกเจ้าบดมีขนาดอนุภาค (Particle size) เล็กเล็กลงกว่าของปลายข้าวเจ้าอย่างเห็นได้ชัดเจน ซึ่งขนาดอนุภาคที่เล็กละเอียดนี้นอกจากจะช่วยให้น้ำย่อยของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนซึมเข้าสู่ภายในของอนุภาคเมล็ดข้าวเปลือกเจ้าบดให้เปียกทั่วถึงได้ง่ายและรวดเร็วกว่าเดิม ยังเป็นการช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวที่เอ็นไซม์จะเข้าสัมผัสและทำปฏิกิริยาย่อยเม็ดแป้ง (Starch

granule) อีกด้วย ดังเช่นที่ Rooney and Pflugfelder (1986) รายงานว่า ความแข็งแรงของเมล็ดธัญพืช ขนาดเมล็ด และอัตราการดูดซึมน้ำเป็นปัจจัยสำคัญต่อการย่อยแป้ง ดังนั้นการบดเมล็ดข้าวโพดให้มีขนาดเล็กละเอียดจึงปรับปรุงการย่อยให้ดีขึ้น ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการให้โคกิน 73.8% (Taji *et al.*, 1987) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Walker *et al.* (1963) ที่กล่าวว่า ข้าวโพดที่บดละเอียดมีการย่อยได้ที่กระเพาะรูเมนดีกว่าพวกที่บดแบบหยาบๆ

แม้ว่าปลายข้าวเจ้าจะเป็นแหล่งที่ดีในแง่ของการให้กลูโคสโดยตรงแก่ตัวสัตว์ที่มีการให้ผลผลิตสูง ๆ แต่ก็มีข้อเสียในด้านการใช้ไม่ได้เต็มที่เท่าที่ควร เนื่องจากมีบางส่วน (10%) ที่เคลื่อนมาถึงลำไส้ใหญ่ การลดขนาดของปลายข้าวเจ้าให้เล็กลง อาจจะช่วยปรับปรุงการย่อยของแป้งให้ดีขึ้น เพราะสังเกตจากข้าวเปลือกเจ้าบด ซึ่งมีการย่อยได้ของแป้งสูงมากใกล้เคียงกับมันสำปะหลัง (เกรียงศักดิ์, 2533)

การย่อยได้ของแป้งในมันสำปะหลังและปลายข้าวที่กระเพาะรูเมนและลำไส้เล็กของโคนม

เกรียงศักดิ์ (2533) รายงานการย่อยได้ของแป้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคนม พบว่า ข้าวเปลือกเจ้าบดมีแป้งอยู่น้อยกว่าปลายข้าวเจ้า และมันเส้นซึ่งมีแป้งใกล้เคียงกัน (69.89%, 87.75% และ 87.78% ตามลำดับ) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งภายในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับแป้งจากปลายข้าวเจ้าต่ำกว่า ($P < 0.01$) โคนมที่ได้รับแป้งจากข้าวเปลือกเจ้าบดและมันเส้น (0.63, 0.92 และ 0.94 ตามลำดับ) เป็นผลทำให้แป้งเข้าไปในลำไส้เล็กของโคนมที่ได้รับอาหารแป้งจากปลายข้าวเจ้ามากกว่ามันเส้น และข้าวเปลือกเจ้าบด (750, 135 และ 107 กรัม/วัน/ตัว ตามลำดับ) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งภายในลำไส้เล็กแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เนื่องจากมีแป้งจากปลายข้าวเจ้าเข้าไปในลำไส้เล็กเป็นจำนวนมากกว่าแป้งจากมันเส้นและข้าวเปลือกเจ้าบด จึงทำให้มีแป้งเหลือเข้าไปในลำไส้ใหญ่มากกว่าแป้งจากอาหารอื่น ๆ ด้วย ปรากฏว่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งภายในลำไส้ใหญ่ของอาหารทุกชนิดแตกต่างกัน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งในทุกส่วนของทางเดินอาหาร มีค่า 95%, 99% และ 100% สำหรับปลายข้าวเจ้า ข้าวเปลือกเจ้าบด และมันเส้น ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ รวมถึงระดับของ pH ภายในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับแป้งจากมันเส้นต่ำกว่าอาหารชนิดอื่น แต่ไม่อยู่ในระดับที่ทำให้เกิด Rumen acidosis แต่อย่างใด

เมื่อพิจารณาถึงการย่อยแป้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารจะเห็นว่า การย่อยแป้งในส่วน of กระเพาะรูเมนและลำไส้เล็ก จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์ได้สูงสุด ดังนั้นการที่จะนำธัญพืชหรือ

พืชหัวที่มีแป้งเป็นส่วนประกอบอยู่เป็นจำนวนมากมาใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง ควรจะมีกรรมวิธีที่ทำให้แป้งถูกย่อยได้มากที่สุดและสิ้นสุดภายในขอบเขตของลำไส้เล็ก ก็จะเป็นการใช้แป้งอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (เทอดชัย, 2530)

ค่าการย่อยได้ของแป้งที่ปรากฏในระบบทางเดินอาหารทั้งหมด ปกติจะอยู่ในช่วง 90-100% ของปริมาณแป้งที่กินเข้าไป การย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนอยู่ในช่วง 75-80% ของแป้งที่กินได้ทั้งหมด ซึ่งไม่มีผลกระทบเมื่อได้รับแป้งเกิน 1-5 kg ของแป้ง/วัน ค่าปรากฏของการย่อยได้ในลำไส้เล็กจะลดลงจาก 80% เหลือ 34% เมื่อปริมาณแป้งที่เข้าสู่ลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น 0.2-2 กก./วัน ส่วนค่าการย่อยได้ของแป้งในลำไส้ใหญ่อยู่ที่ 44-46% ของแป้งที่ผ่านเข้ามาในลำไส้ใหญ่ ประมาณ 70% ของแป้งที่ย่อยในลำไส้เล็กจะถูกเปลี่ยนเป็นน้ำตาลกลูโคสและส่งเข้าสู่กระแสเลือด (Huntington *et al.*, 2006)

ผลของการใช้แป้งที่ย่อยง่ายและย่อยช้าต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมน การกินได้ และการเจริญเติบโตของลูกโคนม

ธัญพืชเป็นแหล่งหลักของแป้งในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น ข้าวโพด ปลายข้าว ข้าวบาเลย์ ข้าวโอ๊ต และข้าวสาลี เป็นต้น ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อเป็นแหล่งแป้งในอาหารสัตว์ (Huntington, 1997) ลักษณะทางกายภาพของแป้งมีผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของจุลินทรีย์และการใช้ประโยชน์ได้ของสารอาหาร (Philippeau *et al.*, 1999; Theurer *et al.*, 1999) ธัญพืชที่มีขนาดเล็ก (ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์ หรือข้าวโอ๊ต) จะมีการหมักย่อยได้ดีและเร็วกว่าข้าวโพดและข้าวฟ่าง (Huntington, 1997) เพราะว่าการกระจายตัวของเม็ดแป้งภายในเมล็ดธัญพืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันออกไปตามชนิดของธัญพืช (Kotarski *et al.*, 1992; Swan *et al.*, 2006)

กระบวนการผลิตมีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีและรูปแบบของอาหาร ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มพื้นผิวสัมผัสของอาหาร และทำให้กระเพาะรูเมน ลำไส้ และทางเดินอาหารทั้งหมดสามารถย่อยแป้งจากเมล็ดธัญพืชได้ดีขึ้น (Huntington, 1997; Owens *et al.*, 1997) แป้งที่ใช้ประโยชน์ได้จากการย่อยได้ของแป้งมีค่าสูงมากใน Steam-flaked grain Finely-ground Dry-rolled grains และมีค่าการย่อยได้ของแป้งต่ำสุดใน Whole grains (Theurer, 1986; Huntington, 1997; Crocker *et al.*, 1998) อย่างไรก็ตามมีบางงานทดลองรายงานว่าไม่มีความแตกต่างกันในการย่อยได้ของแป้งระหว่าง Steam-processed และ Dry-rolled corn (Joy *et al.*, 1997; Reis and Combs, 2000)

Lesmeister *et al.* (2004) รายงานว่ากระบวนการผลิตข้าวโพดแต่ละวิธีมีผลต่อปริมาณการกินได้ การเจริญเติบโต ค่าเลือด และการพัฒนาของกระเพาะรูเมน โดยความยาวของ Papillae และความหนาของผนังกระเพาะรูเมนของลูกโคที่อายุ 4 สัปดาห์ที่กิน Steam-flaked corn มีค่ามากกว่าลูกโคที่กิน Dry-rolled corn และ Whole corn ตามลำดับ โดยลูกโคที่กิน Steam-flaked corn เริ่มแรก จะมีความยาวของ papillae มากกว่าลูกโคที่กิน Dry-rolled corn พื้นที่ผิวสัมผัสการดูดซึมของกระเพาะรูเมนจะเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวและความกว้างของ Papillae เพิ่มขึ้น ความหนาของผนังกระเพาะรูเมนในลูกโคที่กิน Steam-flaked corn เริ่มแรก มีการพัฒนาดีกว่าลูกโคที่กิน Whole corn ($P < 0.07$) แต่ความยาวของ Papillae ไม่มีความแตกต่างกัน

แป้งที่ย่อยได้ในลำไส้เล็กสามารถผลิตพลังงานได้มากกว่า 42% เมื่อเทียบแป้งที่หมักในกระเพาะรูเมน (Owens *et al.*, 1998) เพราะมีการใช้ผลผลิตสุดท้าย (กลูโคส และกรดไขมันระเหยง่าย) ที่เกิดจากการย่อยอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลูกโคที่เลี้ยงด้วยข้าวโพดเป็นอาหารมากขึ้นจะมีน้ำหนักตัวมากกว่าที่เลี้ยงด้วยข้าวโอ๊ต ข้าวบาเลย์และข้าวสาลี (Khan *et al.*, 2007a) ดังนั้นตำแหน่งของการย่อยแป้งไปตามทางเดินอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในโค (Swan *et al.*, 2006) รูปแบบเหล่านี้อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพที่เป็นของแข็ง ปริมาณอาหาร และสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม การพัฒนาและการเจริญเติบโตของลูกโคในช่วงก่อนหย่านมและช่วงแรกของการหย่านม แหล่งที่มาของแป้งไม่ได้มีผลต่อคะแนนของระบบทางเดินหายใจ อุณหภูมิทางทวารหนักและคะแนนลักษณะทั่วไป (Khan *et al.*, 2007a)

เนื่องจากการกินอาหารที่เป็นของแข็งของลูกโคก่อนหย่านมโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตสูงจะช่วยกระตุ้นการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและการผลิตกรดไขมันระเหยง่าย ซึ่งจะช่วยพัฒนา Papillae ในกระเพาะรูเมน การศึกษาถึงอัตราการสลายตัวของแหล่งคาร์โบไฮเดรตจึงมีความสำคัญ ประสิทธิภาพการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตจากธัญพืชจะขึ้นอยู่กับอัตราการกระจายตัวของเม็ดแป้งภายในเมล็ดธัญพืชแต่ละชนิดที่มีความแตกต่างกันไปตามชนิดของธัญพืช ซึ่งมันสำปะหลังจัดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย ส่วนปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้า กฤษ (2547) รายงานว่า การเพิ่มปริมาณของแป้งที่เคลื่อนไปสู่ส่วนของลำไส้จะเป็นตัวกระตุ้นการใช้ประโยชน์จากแป้งและพลังงานได้ดีกว่า และมีการลดการสูญเสียของแป้งในรูปแบบของพลังงาน ส่วนของความร้อนและมีเทน แม้จะย่อยแป้งในปริมาณที่มากแต่การย่อยแป้งในรูเมนมีประสิทธิภาพเพียง 10% ของการย่อยแป้งในลำไส้เล็ก แป้งที่ย่อยได้ในลำไส้เล็กสามารถผลิตพลังงานได้ถึง 42% มากกว่าการหมักในกระเพาะรูเมน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะและ

ขนาดของอาหาร ซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมนและการพัฒนาของ Papillae ปลายข้าวมีแป้งและน้ำตาลอยู่ค่อนข้างสูง แต่มีแป้งที่ย่อยได้ในกระเพาะรูเมนอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าในมันสำปะหลัง ดังนั้นการทดลองนี้จึงมุ่งเน้นการให้มันสำปะหลังบดซึ่งเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมน และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้าที่น่าจะมีผลต่อความแตกต่างของสมรรถภาพการเจริญเติบโตและการพัฒนาของกระเพาะรูเมนในลูกโคนมแรกเกิดจนกระทั่งหย่านม เพื่อเป็นแนวทางในการนำวัตถุดิบที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตมาใช้เลี้ยงลูกโคนมให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

สัตว์ทดลอง

การทดลองนี้ใช้ลูกโคนมลูกผสมโฮลส์ไตส์-ฟรีเซียน 75-87.5% จำนวน 30 ตัว แบ่งเป็น เพศเมีย 18 ตัว เพศผู้ 12 ตัว โดยสุ่มแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม กลุ่มละ 10 ตัว เพศเมีย 6 ตัว และเพศผู้ 4 ตัว ทำการเก็บข้อมูลสมรรถภาพ การเจริญเติบโต แต่บันทึกคะแนนมูลลูกโคและเก็บมูลเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีจากลูกโคเพศเมียเพียง 4 ตัว และเพศผู้ 4 ตัว ทำการฆ่าที่อายุ 30 วัน 2 ตัว และที่อายุ 60 วัน 2 ตัว เก็บข้อมูลการพัฒนาของกระเพาะรูเมน น้ำหนักซากและน้ำหนักของส่วนต่างๆ ของทางเดินอาหาร

วิธีการ

ระบบการเลี้ยงและการให้อาหาร

ลูกโคทั้งเพศผู้และเพศเมียแต่ละตัวจะได้รับน้ำนมแม่เหลืองตั้งแต่แรกคลอดถึง 7 วัน หลังจากนั้นสุมลูกโคเข้ารับอาหารทดลองกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งดังนี้

กลุ่มที่ 1 ได้รับอาหารชั้นที่มีมันสำปะหลังบดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักที่สลายตัวได้ง่ายในกระเพาะรูเมน

กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารชั้นที่มีมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักที่สลายตัวได้ปานกลางในกระเพาะรูเมน

กลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารชั้นที่มีปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักที่สลายตัวได้ช้าในกระเพาะรูเมน

มันสำปะหลังโม้ด้วยตะแกรงเบอร์ 10 และปลายข้าวที่ใช้เป็นปลายข้าวหิมที่ได้จากกระบวนการสีข้าว ซึ่งมีขนาดที่ร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 10 เช่นกัน

ลูกโคทั้งเพศผู้และเพศเมียแต่ละตัวจะได้รับน้ำนมโควันละ 4 ลิตร โดยแบ่งเป็นมือเช้า-เย็น มือละ 2 ลิตร จนเสร็จสิ้นการทดลองเป็นระยะเวลา 63 วัน และให้อาหารข้นกินอย่างเต็มที่ตลอดการทดลอง

อาหารทดลองประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์ต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2 อาหารทดลองมีความแตกต่างของแหล่งหลักของคาร์โบไฮเดรต โดยคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (Non fiber carbohydrate, NFC) ซึ่ง $NFC = 100 - (NDF + \text{protein} + \text{fat} + \text{ash})$ (NRC, 2001)

อาหารทดลองทั้ง 3 สูตร ได้รับการปรับแก้ให้ใกล้เคียงกัน โดยใช้ผลต่างจากสมการที่กล่าวมาข้างต้น มันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ Protein Fat NDF และ Ash เท่ากับ 2.45, 1.16, 8.46 และ 5.64 ตามลำดับ ส่วนปลายข้าวมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ Protein Fat NDF และ Ash เท่ากับ 7.95, 1.99, 12.82 และ 1.33 ตามลำดับ (จิระชัย, 2549) นำค่าขององค์ประกอบทางเคมีแทนลงในสมการดังกล่าวจะได้ค่าของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (NFC) ของมันสำปะหลัง และปลายข้าว ซึ่งใช้ในการคำนวณสูตรอาหารในแต่ละสูตร โดยปรับปริมาณแบ่งที่ใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักและปรับวัตถุดิบอย่างอื่นเพื่อให้อาหารทดลองทั้ง 3 สูตรมีโภชนะใกล้เคียงกัน

การเก็บข้อมูล

การชั่งน้ำหนักลูกโคและเก็บตัวอย่างอาหารทดลอง

บันทึกน้ำหนักลูกโคทั้งเพศเมียและเพศผู้ โดยชั่งน้ำหนักตั้งแต่เริ่มทดลอง และสัปดาห์ละครั้งจนถึงวันสุดท้ายของการทดลอง

บันทึกปริมาณอาหารที่ให้และอาหารที่เหลือในแต่ละวันของลูกโคเพศเมีย และสุ่มเก็บอาหารที่เหลือบางส่วนสัปดาห์ละครั้งเพื่อวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง ส่วนที่เหลือเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ -20°C จนเสร็จสิ้นการทดลองจึงวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีต่อไป

การเก็บตัวอย่างอาหารที่ผสม เก็บตัวอย่างทุกครั้งที่ทำกรผสมสุ่มวิเคราะห์หาค่าวัตถุแห้ง ส่วนที่เหลือเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ -20°C จนเสร็จสิ้นการทดลองจึงวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ตารางที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่มีมันสำปะหลังบดและปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย

รายการ	อาหารทดลอง		
	สูตร 1 ¹	สูตร 2 ²	สูตร 3 ³
วัตถุดิบอาหารสัตว์, %			
มันสำปะหลังบด	18.6	10.1	-
ปลายข้าว	-	9.3	20.2
รำละเอียด	18	18	18
กากมะพร้าว	1.6	1.6	1.6
กากปาล์ม	4	4	4
กากทานตะวัน	8	8	8
กากถั่วเหลือง	16	14.65	13.3
รำสาลี	15	15.55	16.1
ถั่วเขียวบด	2	2	2
กากงา	3	3	3
กากเต้าเจี้ยว	10	10	10
กากน้ำตาล	0.8	0.8	0.8
แร่ธาตุและวิตามิน	3	3	3
องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ⁴ , % ของวัตถุแห้ง			
วัตถุแห้ง	87.32	87.96	88.09
โปรตีน	19.84	20.02	20.51
ไขมัน	3.37	3.56	3.47
เถ้า	9.42	9.11	8.46
เยื่อใยในรูปผนังเซลล์	18.04	17.51	18.04
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย	49.33	49.80	49.52

¹สูตร 1 = มันสำปะหลังบดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลัก

²สูตร 2 = มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลัก

³สูตร 3 = ปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลัก

⁴ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การบันทึกคะแนนมูลลูกโค (Fecal score)

บันทึกคะแนนมูลลูกโคของลูกโคเพศเมียแต่ละตัวในวันที่ 30 และ 60 ของการทดลอง จากการประเมินโดยใช้สายตา เก็บต่อเนื่อง 4 วัน วันละ 3 ครั้ง เวลา 6.30 น. 13.30 น. และ 17.30 น. ตามมาตรฐานการให้คะแนน 1 ถึง 4 เสนอโดย Higginbotham and Bath (1993) ดังนี้

คะแนน 1 = มูลมีลักษณะแข็ง (Firm)

คะแนน 2 = มูลมีลักษณะไม่อ่อนไม่แข็งมาก (Normal)

คะแนน 3 = มูลมีลักษณะอ่อน (Soft)

คะแนน 4 = มูลมีลักษณะเหลวเป็นน้ำ (Watery หรือ Scours)

การเก็บตัวอย่างมูลลูกโค

เก็บตัวอย่างมูลของลูกโคเพศเมียกลุ่มการทดลองละ 4 ตัว เก็บต่อเนื่อง 4 วัน โดยเก็บมูลทั้งหมดที่กองอยู่บนพื้นตลอดทั้งวัน เมื่อเก็บครบ 4 วันทำการสุ่มมูลที่เก็บประมาณ 10% และนำมูลไปเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ -20°C จนเสร็จสิ้นการทดลอง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลและประเมินการย่อยได้

การเก็บตัวอย่างเลือด

เก็บตัวอย่างเลือดของลูกโคเพศเมียทุกตัว โดยเก็บทุก 15 วัน จนถึงสิ้นสุดการทดลองเป็นระยะเวลา 2 เดือน การเก็บตัวอย่างเลือดจะดำเนินการภายหลังจากให้น้ำนมและอาหารข้น 3 ชั่วโมง โดยเจาะเส้นเลือดดำที่คอ (Jugular vein) จำนวน 5 มิลลิลิตร เพื่อวิเคราะห์ค่าทางเคมี ได้แก่ ระดับกลูโคสในซีรัม (Serum glucose) โดยวิธี Glucose oxidase method ตามวิธีของ Slein (1963) และยูเรียในซีรัม (Serum urea nitrogen) โดยใช้เครื่องมือ Spectrophotometer ตามวิธีของ Crocker (1967)

การเก็บตัวอย่างน้ำนม

เก็บตัวอย่างน้ำนมแม่จำนวน 2 ซ้ำ ทุก 15 วัน ตลอดการทดลอง เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนมแม่ ได้แก่ ไขมัน (Fat) โปรตีน (Protein) แลคโตส (Lactose) ของแข็ง (Total solids) และ Somatic cell โดยเครื่อง Lacto scan

การเก็บตัวอย่างอวัยวะทางเดินอาหาร

ศึกษาน้ำหนักซากและน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหาร โดยนำลูกโคเพศผู้ที่เลี้ยงจนอายุได้ 1 เดือน และ 2 เดือน อดอาหารประมาณ 16 ชั่วโมงก่อนฆ่า ทำการฆ่าโดยการแทงคอเอาเลือดออก หลังจากนั้นทำการชำแหละแบ่งชิ้นส่วนของระบบทางเดินอาหาร ทำการเก็บข้อมูลโดยแบ่งส่วนของระบบทางเดินอาหารออกเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้ Rumen, Reticulum, Omasum และ Abomasums โดยทำการชั่งน้ำหนักของแต่ละส่วนทั้งก่อนล้างและหลังล้าง ตามวิธีของ McGavin and Morrill (1976)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองและการย่อยได้ของมูลลูกโค

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของอาหารที่ใช้ทดลองและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของมูลเพื่อศึกษาการย่อยได้ของมูล โดยวิธี Proximate analysis (AOAC, 1975) และ Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

การศึกษการพัฒนาของกระเพาะรูเมน

นำลูกโคเพศผู้ที่เลี้ยงจนอายุได้ 1 เดือน และ 2 เดือน มาทำการฆ่าโดยการแทงคอเอาเลือดออก ศึกษาการพัฒนาของกระเพาะรูเมนเฉพาะส่วนของ Rumen มาเพื่อทำการเก็บตัวอย่างเนื้อเยื่อ โดยทำการเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อจากกระเพาะรูเมน 4 ตำแหน่งเพื่อดูการเจริญเติบโตและการพัฒนาของ Papillae ตามวิธีของ Lesmeister *et al.* (2004) คือ Caudal dorsal sac, Caudal ventral sac, Cranial dorsal sac และ Cranial ventral sac ตำแหน่งละ 1 ตัวอย่าง โดยตัดตรงกลางของแต่ละตำแหน่งให้ชิ้นเนื้อเยื่อมีขนาด 1 cm² นำมาตรึงบนแผ่นโฟมด้วย เข็มหมุดแล้วนำไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์นิวทรัลฟอร์มาลีน (Buffered neutral formalin) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้น

นำชิ้นเนื้อมาตัดแบ่งออกเป็น 2 ชิ้นตามขวางของตัวอย่างชิ้นเนื้อ ใส่ลงในตลับใส่เนื้อเยื่อแล้วเขียนชื่อหรือหมายเลขกำกับ หลังจากนั้นนำไปผ่านกระบวนการเตรียมเนื้อเยื่อด้วยเครื่องอัดโนมัตินำเนื้อเยื่อที่ผ่านการเตรียมเนื้อเยื่อด้วยเครื่องอัดโนมัตินจนครบเวลามาหล่อบล็อกพาราฟินด้วยเครื่องหยอดพาราฟินและตัดเนื้อเยื่อให้เป็นแผ่นบางประมาณ 4 ไมครอนด้วยเครื่องมือโครโตมแบบใช้มือหมุน นำเนื้อเยื่อที่ได้จากการตัดวางบนกระจกสไลด์แล้วนำสไลด์ไปอบเพื่อให้ชิ้นเนื้อเยื่อแยกจากบล็อกพาราฟิน หลังจากนั้นนำสไลด์เนื้อเยื่อที่ได้ไปย้อมสี H&E (Hematoxyline & Eosin) ปลอ่ยให้สไลด์แห้ง ก่อนเม้าท์ด้วยน้ำยาปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ตามวิธีของภทรา(2552) ได้สไลด์เนื้อเยื่อที่ต้องการ หลังจากนั้นจึงนำสไลด์เนื้อเยื่อมาส่องกล้องจุลทรรศน์ Olympus CX31 ที่กำลังขยาย 10x และวัด Papillae length, Papillae width, Papillae per square centimeter และ Rumen wall thickness

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (SAS, 1985) ได้แก่ การกินได้ อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรีด การย่อยได้ของอาหาร คะแนนมูลลูกโค ระดับกลูโคสและยูเรียในซีรัม การพัฒนาของกระเพาะรูเมน น้ำหนักซากและน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหาร โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS 9.0 for Windows (Statistical Analysis System, 1998)

แบบหุนทางสถิติ

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ij}$$

เมื่อ	Y_{ij}	=	ค่าสังเกตของหน่วยทดลองที่ได้รับทรีทเมนต์ที่ i ซ้ำที่ j
	μ	=	ค่าเฉลี่ยของประชากร (ทรีทเมนต์) ทั้งหมด
	α_i	=	อิทธิพลของทรีทเมนต์ที่ i หรืออิทธิพลของอาหารแต่ละสูตร
	ϵ_{ij}	=	ความคลาดเคลื่อนของหน่วยการทดลองที่ i, j

โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนจะสมมติให้มีลักษณะการแจกแจงแบบปกติ มีค่าเฉลี่ยเป็นศูนย์ ค่าความแปรปรวนเป็น σ^2 และสมมติให้มีค่าคงที่ในทุกทรีทเมนต์

ปริมาณการกินได้ที่เพิ่มขึ้นในแต่ละสัปดาห์ ทำการวิเคราะห์การทดลองที่มีการวัดซ้ำโดยวิธี Repeated Measurement in CRD โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS 9.0 for Windows (Statistical Analysis System, 1998)

แบบหุนทางสถิติ

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \delta_{k(i)} + \tau_j + \alpha\tau_{ij} + \varphi_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตจากปัจจัยที่ระดับ i และ time ที่ระดับ j ซ้ำที่ k เมื่อ $k=1, \dots, r$

μ = Overall mean

α_i = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยที่ระดับ i เมื่อ $i=1, \dots, a$

τ_j = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย time ที่ระดับ j เมื่อ $j=1, \dots, t$ รวมเนื่องจากปัจจัย

$\alpha\tau_{ij}$ = อิทธิพลรวมเนื่องจากปัจจัย treatment ที่ระดับ i และ time ที่ระดับ j

$\delta_{k(i)}$ = อิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์หรือหน่วยทดลองที่ระดับ k เมื่อ $k=1, \dots, r$

φ_{ijk} = Correlated error

สถานที่ทดลอง

1. ทำการทดลองที่อุดมเดรีฟาร์ม 56 หมู่ 7 ตำบลปากแรต อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี
2. ทำการฆ่าลูกโคเพศผู้เพื่อศึกษาการพัฒนาของกระเพาะรูเมน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาผลิตผลจากสัตว์ สถาบันสุวรรณวจากกลกิจเพื่อการค้นคว้าและพัฒนาปศุสัตว์และผลิตภัณฑ์สัตว์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
3. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหาร ณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
4. วิเคราะห์เลือด ณ โรงพยาบาลสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดนครปฐม
5. วิเคราะห์น้ำนม ณ ศูนย์วิจัยการผสมเทียมและเทคโนโลยีชีวภาพราชบุรี จังหวัดราชบุรี

ระยะเวลาการทดลอง

การทดลองครั้งนี้เริ่มต้นทดลองตั้งแต่ เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2553 และสิ้นสุดการทดลองเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553

ผลและวิจารณ์

การกินได้

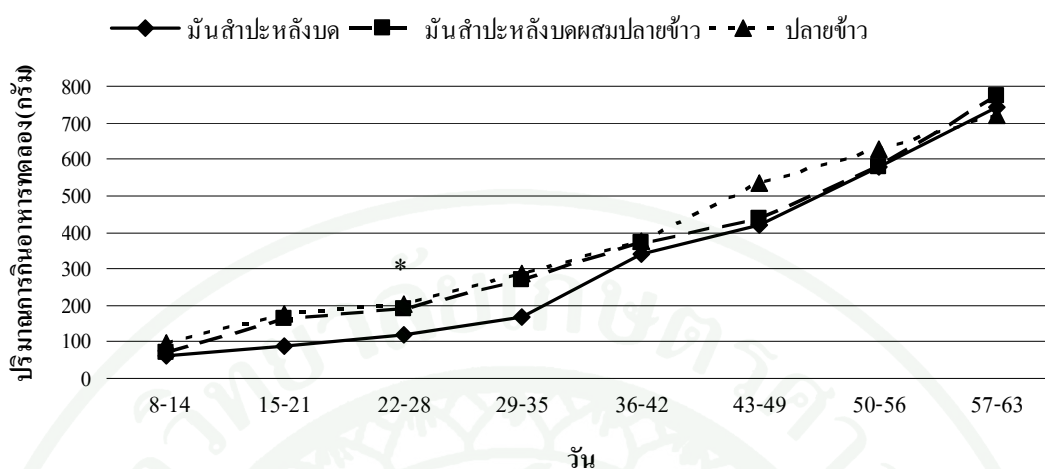
อาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนมีผลต่อการกินได้ของลูกโคนม ดังแสดงในตารางที่ 3 เมื่อวิเคราะห์ถึงช่วงอายุที่มีผลต่อการกินได้โดยวิธี Repeated measurement ลูกโคนมที่กินอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้แตกต่างกันมีผลทำให้การกินได้ของลูกโคนมในช่วง 22-28 วัน แตกต่างกัน ดังแสดงในภาพที่ 1 ลูกโคนมในช่วง 8-35 วันที่ได้รับอาหารทดลองที่มีปลายข้าวที่มีคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ช้า และอาหารที่มีมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) ที่มีคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ปานกลางกินอาหารได้มากกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดที่มีคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ง่าย ($P<0.05$) ซึ่งขัดกับผลการทดลองของสำราญ (2551) ที่รายงานว่า ข้าวโพด ปลายข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพดเอ็กซ์ทราดสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารลูกโคนมโดยไม่มีผลต่อการกินอาหารของลูกโค อย่างไรก็ตาม Khan *et al.* (2007a) รายงานว่า ลูกโคนมได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ช้าจากข้าวโพด และข้าวโอ๊ตกินอาหารได้มากกว่าอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ง่ายจากข้าวบาเลย์ และข้าวสาลี ซึ่งคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดและข้าวโอ๊ตย่อยได้ในกระเพาะรูเมนช้ากว่าข้าวบาเลย์ และข้าวสาลี (Philippeau *et al.*, 1999) ในทำนองเดียวกันคาร์โบไฮเดรตของมันสำปะหลังย่อยในกระเพาะรูเมนได้ง่ายกว่าปลายข้าว (จิระชัย, 2543) ดังนั้นลูกโคนมกลุ่มที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ช้าจากปลายข้าวกินอาหารได้มากกว่าลูกโคนมที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ง่ายจากมันสำปะหลังบด และลูกโคนมที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ปานกลางจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ง่ายอาจมีค่าความเป็นกรดในกระเพาะรูเมนต่ำกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ช้า (Khan *et al.*, 2007b) ลูกโคนมหลังจากอายุ 35 วัน จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนอาจมีการพัฒนาความสมดุลของจุลินทรีย์ที่สร้างและใช้กรดทำให้ความเป็นกรดต่ำลง จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการกินได้ของลูกโคนม

ตารางที่ 3 ปริมาณการกินอาหารของลูกโคขุนที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบด ผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย

ปริมาณการกินได้ในรูป วัตถุแห้ง, กรัม/วัน	อาหารทดลอง			P-value	SEM
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
ปริมาณการกินน้ำนม					
8-63	500	500	500	NA	NA
ปริมาณการกินอาหารข้น					
8 - 35	109.27 ^b	172.96 ^a	191.25 ^a	0.030	13.965
36 - 63	520.47	539.80	564.32	0.911	39.170
ค่าเฉลี่ย	314.87	356.38	377.79	0.588	24.231
ปริมาณการกินได้ทั้งหมด					
8 - 35	609.27 ^b	672.96 ^a	691.25 ^a	0.030	13.965
36 - 63	1020.47	1039.80	1064.32	0.911	39.170
ค่าเฉลี่ย	814.87	856.38	877.79	0.588	24.231

^{a, b} อักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

NA ไม่สามารถคำนวณค่าสถิติเอฟได้ เนื่องจากความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยเท่ากับศูนย์



ภาพที่ 1 ปริมาณการกินอาหารทดลองสะสมของลูกโคนมในแต่ละสัปดาห์

* แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

การย่อยได้ของอาหาร

จากการศึกษาการย่อยได้ของอาหารโดยวิธี Acid insoluble ash (AIA) อาหารทดลองที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะตลอดทางเดินอาหารในช่วง 30 วัน และในช่วง 60 วัน ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4 อย่างไรก็ตาม จากการศึกษากับตัวอย่างข้อมูลทั้งหมด อาหารทดลองที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโภชนะตลอดทางเดินอาหารในช่วง 30 วัน และในช่วง 60 วัน ($P > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 5 ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าวมีแนวโน้มค่าการย่อยได้ของวัตถุดิบสูงกว่า ($P = 0.054$) ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) และลูกโคที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด ตามลำดับ ซึ่งขัดกับผลการทดลองของเกรียงศักดิ์ (2533) ที่รายงานไว้ว่า สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยภายในกระเพาะรูเมนและค่าการย่อยได้ตลอดทางเดินอาหารของโคนมของแป้งในมันสำปะหลังมีค่าสูงกว่าข้าวเปลือกบดและปลายข้าวตามลำดับ การย่อยได้ของแป้งในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคนม พบว่าข้าวเปลือกเจ้าบดมีแป้งอยู่น้อยกว่า ปลายข้าวเจ้าและมันสำปะหลัง (69.89%, 87.75% และ 87.78% ตามลำดับ) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งภายในกระเพาะรูเมนของโคนมที่ได้รับแป้งจาก

ปลายข้าวเจ้า แป้งจากข้าวเปลือกเจ้าบด และมันสำปะหลัง (0.63, 0.92 และ 0.94 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามมันสำปะหลังมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับธัญพืช ซึ่งธัญพืชโปรตีนจะทำหน้าที่ยึดเชื่อมเม็ดแป้งไว้ด้วยกันในรูปของ Protein matrix ทำให้โครงสร้างทนต่อการย่อยทำลายของเอนไซม์ยังมี Protein matrix ยึดแป้งไว้มากเท่าไรก็ยิ่งคงทนต่อการทำลายของเอนไซม์เท่านั้น (Thorne *et al.*, 1983; Dreher *et al.*, 1984) ส่วนสาเหตุที่มันสำปะหลังมีเปอร์เซ็นต์การย่อยแป้งในกระเพาะรูเมนอยู่สูง (94%) น่าจะมีสาเหตุมาจากมันสำปะหลังมีลักษณะโครงสร้างของแป้งที่อ่อนและดูดซึมน้ำได้อย่างรวดเร็ว ทำให้การกักเคาะทำลายเม็ดแป้งโดยเอนไซม์อะไมเลสเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการที่มันสำปะหลังมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณที่ต่ำ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โครงสร้างมันสำปะหลังไม่แข็งและคงทนต่อการย่อยของเอนไซม์อะไมเลสเหมือนธัญพืชบางชนิด เช่น ข้าวฟ่าง ข้าวโพด และข้าวเจ้า ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ในกระเพาะรูเมนต่ำกว่ามันสำปะหลัง เว้นเสียแต่ว่าจะบดให้ละเอียดเสียก่อน เป็นผลทำให้แป้งเข้าไปในลำไส้เล็กของโคนมที่ได้รับอาหารแป้งจากปลายข้าวเจ้ามากกว่ามันสำปะหลัง และข้าวเปลือกเจ้าบด (750, 135 และ 107 กรัม/วัน/ตัวตามลำดับ) สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของแป้งในทุกส่วนของทางเดินอาหารมีค่า 95% 99% และ 100% สำหรับปลายข้าวเจ้า ข้าวเปลือกเจ้าบด และมันสำปะหลัง ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่มีค่าการย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เชื้อใย (NFC) ตลอดทางเดินอาหารไม่แตกต่างกัน ดังเหตุผลที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น

ตารางที่ 4 การย่อยได้ของโภชนะในลูกโคนมจากการศึกษาโดยวิธี Acid insoluble ash (AIA)

การย่อยได้ของโภชนะ	อาหารทดลอง			P-value	SEM
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
วัตถุแห้ง, %					
วันที่ 30	93.77	96.52	98.23	0.184	0.990
วันที่ 60	98.06	98.67	98.71	0.309	0.188
ค่าเฉลี่ย	95.91	97.59	98.47	0.095	0.502
โปรตีน, %					
วันที่ 30	94.17	95.68	96.90	0.554	0.959
วันที่ 60	95.73	96.84	97.09	0.483	0.461
ค่าเฉลี่ย	94.95	96.26	96.99	0.326	0.542
ไขมัน, %					
วันที่ 30	98.84	99.11	99.34	0.713	0.213
วันที่ 60	99.07	99.17	99.05	0.944	0.142
ค่าเฉลี่ย	98.96	99.14	99.20	0.759	0.126
เยื่อใยในรูปผนังเซลล์, %					
วันที่ 30	73.64	81.27	89.03	0.422	4.534
วันที่ 60	87.94	93.18	93.29	0.305	1.564
ค่าเฉลี่ย	80.79	87.22	91.16	0.234	2.453
เถ้า, %					
วันที่ 30	86.65	89.80	92.79	0.462	1.901
วันที่ 60	91.39	94.48	94.17	0.281	0.842
ค่าเฉลี่ย	89.02	92.14	93.48	0.231	1.067
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย, %					
วันที่ 30	93.88	96.01	96.77	0.371	0.827
วันที่ 60	96.43	97.41	97.13	0.667	0.423
ค่าเฉลี่ย	95.16	96.71	96.95	0.305	0.497

ตารางที่ 5 การย่อยได้ของโภชนะในลูกโคนมจากการศึกษาโดยวิธี Total feces collection

การย่อยได้ของโภชนะ	อาหารทดลอง			P-value	SEM
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
วัตถุแห้ง, %					
วันที่ 30	93.45	95.38	97.67	0.156	0.893
วันที่ 60	96.43	97.84	97.96	0.069	0.312
ค่าเฉลี่ย	94.94	96.61	97.81	0.054	0.514
โปรตีน, %					
วันที่ 30	93.62	94.26	96.04	0.589	0.930
วันที่ 60	92.30	94.86	95.41	0.153	0.698
ค่าเฉลี่ย	92.96	94.56	95.73	0.254	0.667
ไขมัน, %					
วันที่ 30	98.72	98.84	99.19	0.733	0.233
วันที่ 60	98.33	98.67	98.51	0.826	0.209
ค่าเฉลี่ย	98.52	98.75	98.85	0.715	0.155
เยื่อใยในรูปผนังเซลล์, %					
วันที่ 30	72.25	75.05	85.13	0.472	4.253
วันที่ 60	78.39	88.77	89.04	0.129	2.474
ค่าเฉลี่ย	75.32	81.91	87.08	0.233	2.761
เถ้า, %					
วันที่ 30	85.47	86.08	90.49	0.487	1.755
วันที่ 60	84.22	90.84	90.72	0.082	1.427
ค่าเฉลี่ย	84.84	88.46	90.60	0.196	1.300
คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย, %					
วันที่ 30	93.10	94.64	95.78	0.443	0.815
วันที่ 60	93.60	95.69	95.45	0.409	0.662
ค่าเฉลี่ย	93.35	95.17	95.62	0.358	0.654

คะแนนมูลลูกโค

การศึกษาสุขภาพของลูกโคนมในครั้งนี้ พิจารณาจากลักษณะของมูลลูกโค ลูกโคที่ได้รับอาหารทดลองที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนไม่มีผลต่อคะแนนมูลลูกโค ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 6 ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักมีลักษณะมูลไม่อ่อนไม่แข็งมาก (Normal) หรือมีคะแนนอยู่ในช่วงประมาณ 2.00 หรือ มีแนวโน้มของมูลมีลักษณะปกติ ซึ่งบ่งชี้ว่าลูกโคทดลองทุกกลุ่มมีสุขภาพดีตามมาตรฐานการให้คะแนนของ Higginbotham and Bath (1993) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Hill *et al.* (2008) ที่รายงานว่า ลูกโคในช่วงอายุ 0-28 วัน ช่วงอายุ 28-56 วัน และในช่วงอายุ 0-56 วัน ที่ได้รับอาหารที่ไม่มีข้าวโอ๊ตในอาหารข้นมีคะแนนมูลมากกว่าลูกโคที่ได้รับอาหารที่มีข้าวโอ๊ตในอาหารข้น แต่มีค่าไม่แตกต่างกัน มีคะแนนอยู่ในช่วงประมาณ 2.00 หรือ มีแนวโน้มของมูลมีลักษณะปกติ ไม่อ่อนไม่แข็งมาก ซึ่งบ่งชี้ว่าลูกโคทดลองทุกกลุ่มมีสุขภาพดีตามมาตรฐานการให้คะแนนของ Heinrich *et al.* (2003); Larson *et al.* (1977) แต่ขัดแย้งกับผลการทดลองของ Khan *et al.* (2007a) ที่รายงานว่า ลูกโคที่ได้รับข้าวโอ๊ตในสูตรอาหารมีอาการท้องเสียมากกว่าลูกโคที่ได้รับข้าวบาเลย์ ข้าวโพด และข้าวสาลีในสูตรอาหาร ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งแป้งจากข้าวโพด และข้าวโอ๊ตกินอาหารได้มากกว่าอาหารที่มีแหล่งแป้งจากข้าวบาเลย์ และข้าวสาลี ซึ่งข้าวโพดและข้าวโอ๊ตย่อยได้ในกระเพาะรูเมน ซ้ำกว่าข้าวบาเลย์ และข้าวสาลี (Philippeau *et al.*, 1999) จึงทำให้เกิดอาการท้องเสีย อย่างไรก็ตาม ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตจากปลายข้าวกินอาหารได้มากกว่าอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตจากมันสำปะหลังบด ซึ่งปลายข้าวย่อยได้ในกระเพาะรูเมนซ้ำกว่ามันสำปะหลังบด แต่ไม่ทำให้เกิดอาการท้องเสีย

ตารางที่ 6 คะแนนมูลลูกโคที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย

รายการ	อาหารทดลอง			P-value	SEM
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
คะแนนมูล ¹					
วันที่ 27-30	2.50	1.90	1.77	0.176	0.170
วันที่ 57-60	2.27	2.25	2.17	0.771	0.057
ค่าเฉลี่ย	2.39	2.08	1.97	0.090	0.083

¹คะแนนมูล 1-4: 1 = มูลมีลักษณะแข็ง (Firm) 2 = มูลมีลักษณะไม่อ่อนนุ่มไม่แข็งมาก (Normal) 3 = มูลมีลักษณะอ่อน (Soft) 4 = มูลมีลักษณะเหลวเป็นน้ำ (Watery หรือ Scours)

ค่าชีวเคมีทางเลือด

ลูกโคที่ได้รับอาหารทดลองที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมน ไม่มีผลต่อระดับกลูโคสและยูเรียในซีรัม ดังแสดงในตารางที่ 7 ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด อาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) และอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว มีระดับกลูโคสและยูเรียในซีรัมทั้งสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 8 ที่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) โดยค่ากลูโคสในซีรัมมีค่าลดลงเมื่อลูกโคมีอายุมากขึ้น และค่ายูเรียในซีรัมจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อลูกโคมีอายุมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Khan *et al.* (2007a) ที่รายงานว่า การย่อยได้ของลูกโคนมที่ได้รับข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และ ข้าวบาเลย์ในสูตรอาหาร ค่ากลูโคสในเลือดจะลดลงเมื่อลูกโคมีอายุมากขึ้น และค่ายูเรียในเลือดเพิ่มขึ้นเมื่อลูกโคมีอายุมากขึ้น แต่ทั้งค่าระดับกลูโคสและยูเรียในเลือดไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 7 ระดับกลูโคสและยูเรียในซีรัมของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด
มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเชื้อใย

รายการ	อาหารทดลอง			P-value	SEM	ค่าปกติ ¹
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3			
ระดับกลูโคส, มิลลิกรัม %						64-104.40 mg/dl
8-35 วัน	86.76	104.38	80.52	0.875	6.054	
36-63 วัน	75.47	88.08	64.93	0.629	4.941	
ค่าเฉลี่ย	81.11	96.23	72.72	0.715	4.784	
ระดับยูเรีย, มิลลิกรัม %						10-29 mg/dl
8-35 วัน	9.34	9.46	8.25	0.361	0.365	
36-63 วัน	9.79	10.07	9.28	0.404	0.668	
ค่าเฉลี่ย	9.57	9.76	8.76	0.381	0.464	

¹William *et al.*, (1995)

การพัฒนาของกระเพาะรูเมน

อาหารทดลองที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนมีผลต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมนของลูกโคนม ดังแสดงในตารางที่ 8 ลูกโคนมมีค่าความหนาของกระเพาะรูเมนและจำนวนของ Papillae ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ส่วนความยาวของ Papillae ที่บริเวณกระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง (Cranial ventral sac) และความกว้างของ Papillae ที่บริเวณกระเพาะส่วนหลังด้านบน (Caudal dorsal sac) มีค่าแตกต่างกัน ($P<0.01$) ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายจากมันสำปะหลังบดมีการพัฒนาความยาวและความกว้างของ Papillae ดีกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ปานกลางจากมันปะหลังบด ผสมปลายข้าว (50:50) และอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้าจากปลายข้าว ตามลำดับ Harrison *et al.* (1960) รายงานว่า การพัฒนา Papillae ในกระเพาะรูเมนเป็นผลมาจากกรดไขมันระเหยง่ายและการกระตุ้นทางกายภาพของอาหารขึ้น โดยลักษณะทางกายภาพของอาหารมีผลต่อขนาดและรูปร่างของ Papillae ซึ่งมีผลต่อการกินได้และการพัฒนาของจุลินทรีย์ (Beharka *et al.*, 1998) ความยาวของ Papillae จะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดของอาหารเล็กลง

(Greenwood *et al.*, 1997) ขนาดของอาหารชิ้นที่เล็กลง น่าจะทำให้คาร์โบไฮเดรตถูกย่อยได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม Khan *et al.* (2007b) รายงานว่า ลูกโคที่กินข้าวโพด และข้าวสาลีเป็นอาหารมี การพัฒนาของกระเพาะรูเมนในส่วนของความหนาของกระเพาะรูเมนมากกว่าลูกโคกินข้าวโอ๊ต และข้าวบาเลย์เป็นอาหาร นอกจากนี้ข้าวโพดยังทำให้ความยาวและความกว้างของ Papillae เพิ่มขึ้นตามมาด้วยเมื่อเทียบกับข้าวโอ๊ต และข้าวบาเลย์ ในทำนองเดียวกันมันสำปะหลังเป็น แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมน ส่วนปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ ช้าในกระเพาะรูเมน ซึ่งจะมีผลต่อการพัฒนาของกระเพาะรูเมนและการพัฒนาของ Papillae ปลายข้าวมีแป้งและน้ำตาลอยู่ก่อน ช้างสูงแต่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยที่ย่อยได้ใน กระเพาะรูเมนอยู่ต่ำกว่าในมันสำปะหลัง จึงส่งผลให้ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังเป็น แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมนมีการพัฒนาของกระเพาะรูเมนดีกว่า

ตารางที่ 8 จำนวนและขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนของลูก โคนมที่อายุ 30 และ 60 วัน

รายการ	อาหารทดลอง			P-value	SEM	
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3			
ความยาวของ Papillae, ไมโครเมตร						
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 30	38.05	32.45	36.00	0.500	1.636	
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 60	48.10	45.60	36.45	0.640	3.541	
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 30	41.25 ^A	30.35 ^B	24.70 ^B	0.005	4.857	
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 60	45.90 ^A	30.20 ^B	21.30 ^B	0.007	7.191	
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 30	26.70	37.35	17.05	0.199	5.862	
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 60	42.70	46.5	27.5	0.218	5.805	
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 30	34.50	36.95	28.50	0.914	2.510	
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 60	37.05	37.55	46.45	0.969	3.053	
ความกว้างของ Papillae, ไมโครเมตร						
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 30	20.95	23.00	21.25	0.309	0.639	
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 60	21.00	24.70	14.85	0.248	2.873	
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 30	14.55	29.25	17.95	0.799	4.443	
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 60	27.05	17.50	21.95	0.889	2.759	
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 30	72.00A	20.70B	25.00B	0.004	1.810	
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 60	73.40A	34.15B	21.3B	0.006	4.378	

ตารางที่ 8 (ต่อ)

รายการ	อาหารทดลอง			P-value	SEM
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 30	23.45	19.55	14.10	0.196	2.711
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 60	27.55	26.30	19.35	0.212	2.551
จำนวน Papillae ต่อตารางเซนติเมตร					
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 30	91.80	65.40	66.00	0.101	8.702
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 60	85.50	51.80	39.60	0.116	13.726
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 30	38.6	50.8	44.6	0.222	3.522
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 60	25.40	31.40	66.80	0.329	12.917
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 30	73.40	44.20	47.00	0.111	9.302
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 60	72.00	40.00	41.00	0.128	17.169
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 30	58.40	42.60	50.20	0.538	4.805
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 60	44.00	41.80	32.60	0.555	3.492
ความหนาของผนังกระเพาะรูเมน, ไมโครเมตร					
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 30	62.20	43.20	25.00	0.066	10.470
กระเพาะส่วนหน้าด้านบน, วันที่ 60	86.60	51.40	38.40	0.079	14.398
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 30	99.20	51.00	44.20	0.106	24.611
กระเพาะส่วนหน้าด้านล่าง, วันที่ 60	71.20	41.20	42.80	0.090	9.744
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 30	34.60	37.00	12.80	0.188	7.698
กระเพาะส่วนหลังด้านบน, วันที่ 60	48.20	67.40	26.80	0.229	11.726
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 30	15.6	34.20	46.00	0.255	8.849
กระเพาะส่วนหลังด้านล่าง, วันที่ 60	30.20	21.60	46.20	0.116	7.208

^{A,B} อักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

น้ำหนักรูเมนและน้ำหนักรูเมนของส่วนต่างๆของทางเดินอาหาร

อาหารทดลองแหล่งที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนมีผลต่อการพัฒนาของน้ำหนักรูเมนและน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหาร ดังแสดงในตารางที่ 9 น้ำหนักกระเพาะอาหารในส่วนของ Rumen, Reticulum, Omasum และ Abomasums ของลูกโคนมที่ทั้งก่อนล้างและหลังล้างในช่วง 30 วัน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) น้ำหนักของกระเพาะอาหารในส่วนของ Reticulum, Omasum และ Abomasums ทั้งก่อนล้างและหลังล้างในช่วง 60 วัน ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่น้ำหนักรูเมนและน้ำหนักของกระเพาะอาหารในช่วง 60 วัน ในส่วนของ Rumen ก่อนล้าง ($P<0.05$) และหลังล้าง ($P<0.01$) แตกต่างกัน ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายจากมันสำปะหลังบดมีน้ำหนักรูเมนและน้ำหนักของกระเพาะอาหารในส่วนของ Rumen ทั้งก่อนล้างและหลังล้างดีกว่า ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ปานกลางจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) และอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้าจากปลายข้าว ตามลำดับ ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองของ Khan *et al.* (2007b) ที่รายงานว่า ลูกโคที่กินข้าวโพด และข้าวสาลีเป็นอาหารมีน้ำหนักในส่วนของ Rumen, Reticulum, Omasum และ Abomasums ทั้งก่อนล้างและหลังล้างในช่วงอายุ 70 วัน และมีความจุของกระเพาะรูเมนมากกว่า ลูกโคที่กินข้าวโอ๊ต และข้าวบาเลย์ ซึ่งคาร์โบไฮเดรตของข้าวโพดและข้าวโอ๊ตย่อยได้ในกระเพาะรูเมนช้ากว่าข้าวบาเลย์และข้าวสาลี (Philippeau *et al.*, 1999) ดังนั้นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนไม่มีผลต่อน้ำหนักในส่วนของ Rumen, Reticulum, Omasum และ Abomasums ทั้งก่อนล้างและหลังล้างในช่วงอายุ 70 วัน และความจุของกระเพาะรูเมน อย่างไรก็ตาม Beharka *et al.* (1998) รายงานว่า การได้รับอาหารที่บดและไม่บดไม่มีผลต่อน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหารทั้งก่อนล้างและหลังล้าง แต่อาหารที่บดมีแนวโน้มของน้ำหนักรูเมนของส่วนต่างๆของทางเดินอาหารทั้งก่อนล้างและหลังล้างที่สูงกว่าอาหารที่ไม่บด ลักษณะทางกายภาพของอาหารจะเป็นตัวกระตุ้นการพัฒนาของกระเพาะรูเมนซึ่งจะวัดได้จากน้ำหนักรูเมนที่เพิ่มขึ้นของกระเพาะรูเมนและการพัฒนาของกล้ามเนื้อในกระเพาะรูเมน (Coverdale *et al.*, 2004; Suarez *et al.*, 2006) ในทำนองเดียวกันคาร์โบไฮเดรตของมันสำปะหลังย่อยในกระเพาะรูเมนได้ง่ายกว่าปลายข้าว (จิระชัย, 2541) ดังนั้นลูกโคนมกลุ่มที่ได้รับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายจากมันสำปะหลังที่อายุ 60 วัน มีน้ำหนักรูเมนในส่วนของ Rumen มากกว่า คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายอาจจะช่วยกระตุ้นการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและกรดไขมันระเหยง่าย ซึ่งจะช่วยพัฒนากล้ามเนื้อของกระเพาะรูเมน ตลอดจนการช่วยเปลี่ยนสารอาหารสะสมในร่างกายลูกโคนมได้เพิ่มขึ้นโดยมีน้ำหนักรูเมนเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 9 น้ำหนักซากและน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหารของลูกโคนมทดลอง

รายการ	อาหารทดลอง			P-value	SEM
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
น้ำหนักมีชีวิต, กิโลกรัม					
วันที่ 30	39.00	38.50	37.50	0.422	0.422
วันที่ 60	52.00	46.50	45.50	0.057	1.384
น้ำหนักซาก, กิโลกรัม					
วันที่ 30	35.50	34.50	33.50	0.441	0.563
วันที่ 60	47.00 ^a	40.50 ^b	39.50 ^b	0.030	1.563
น้ำหนักก่อนล้าง, กิโลกรัม					
กระเพาะรูเมน, วันที่ 30	0.30	0.50	0.21	0.171	0.066
กระเพาะรูเมน, วันที่ 60	1.16 ^a	0.75 ^b	0.69 ^b	0.015	0.096
กระเพาะรังผึ้ง, วันที่ 30	0.05	0.07	0.04	0.245	0.007
กระเพาะรังผึ้ง, วันที่ 60	0.11	0.08	0.07	0.054	0.012
กระเพาะสามสิบกลีบ, วันที่ 30	0.07	0.08	0.06	0.465	0.006
กระเพาะสามสิบกลีบ, วันที่ 60	0.11	0.09	0.10	0.465	0.006
กระเพาะแท้, วันที่ 30	0.22	0.26	0.23	0.364	0.011
กระเพาะแท้, วันที่ 60	0.41	0.36	0.26	0.060	0.030
น้ำหนักหลังล้าง, กิโลกรัม					
กระเพาะรูเมน, วันที่ 30	0.15	0.23	0.14	0.132	0.045
กระเพาะรูเมน, วันที่ 60	0.50 ^A	0.35 ^B	0.30 ^B	0.010	0.050
กระเพาะรังผึ้ง, วันที่ 30	0.04	0.05	0.03	0.465	0.006
กระเพาะรังผึ้ง, วันที่ 60	0.10	0.06	0.06	0.103	0.010
กระเพาะสามสิบกลีบ, วันที่ 30	0.05	0.07	0.05	0.385	0.006
กระเพาะสามสิบกลีบ, วันที่ 60	0.09	0.08	0.09	0.740	0.005
กระเพาะแท้, วันที่ 30	0.20	0.24	0.21	0.262	0.010
กระเพาะแท้, วันที่ 60	0.30	0.27	0.22	0.061	0.016

^{a,b} อักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{A,B} อักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

อัตราการเจริญเติบโตต่อวัน

อาหารทดลองที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกโคนม ดังแสดงในตารางที่ 10 ในช่วงอายุ 36-63 วัน ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) และอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว ($P < 0.01$) ตามลำดับ เมื่อลูกโคนมมีอายุมากขึ้นการกินอาหารก็จะเพิ่มมากขึ้น ทำให้อัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น Nocek and Tamminga (1991) รายงานว่า มันสำปะหลังมีปริมาณและอัตราการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสูงกว่าข้าวโพด ข้าวบาเลย์ และ ข้าวสาลี แต่ Tamminga *et al.* (1990) รายงานว่า ข้าวบาเลย์ และข้าวโอ๊ตมีส่วนแบ่งและน้ำตาลที่น้อยได้ง่ายในกระเพาะหมักสูงเช่นเดียวกับมันสำปะหลัง เนื่องจากปริมาณการสลายตัวของแป้งที่แตกต่างกันภายในกระเพาะรูเมนจะมีผลโดยตรงต่อปริมาณพลังงานจากอาหารที่จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้ร่วมกับแหล่งของไนโตรเจน ทำให้จำนวนประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น การสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์ก็จะเพิ่มขึ้นมากด้วย เมื่อจุลินทรีย์เหล่านี้เดินทางเข้าไปถึงลำไส้เล็กก็จะเป็นแหล่งโปรตีนของตัวสัตว์เกี่ยวเนื่องนั้นๆ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าอาหารที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยที่น้อยได้ดีภายในกระเพาะรูเมนส่วนหนึ่งจะมีผลทำให้ปริมาณของโปรตีนจากจุลินทรีย์เพิ่มมากขึ้น (เกรียงศักดิ์, 2533) ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของลูกโคนม ซึ่งขัดแย้งกับผลการทดลองของ Khan *et al.* (2007a) ที่รายงานว่า ลูกโคนมที่ได้รับอาหารจากข้าวโพดที่มีคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้เข้าไปในกระเพาะรูเมนมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารจากข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และข้าวบาเลย์ที่มีคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมน ทั้งนี้เพราะว่าลูกโคนมที่ได้รับข้าวโพดกินอาหารได้มากกว่า ส่งผลให้ลูกโคได้รับสารอาหารมากกว่า ขณะที่สำราญ (2551) รายงานว่า ข้าวโพด ปลายข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพดเอ็กซ์ทราดสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารลูกโคนมโดยไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของลูกโค อย่างไรก็ตามลูกโคนมในช่วงอายุ 36-63 วัน ที่ได้รับอาหารจากปลายข้าวที่มีคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้เข้าไปในกระเพาะรูเมนมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารจากมันสำปะหลังบดที่มีแป้งที่น้อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมน ถึงแม้ว่าลูกโคมีการกินอาหารได้ไม่แตกต่างกัน แต่มันสำปะหลังเป็นคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ง่าย สัตว์เกี่ยวข้องสามารถย่อยมันสำปะหลังได้ง่ายและรวดเร็วกว่าปลายข้าว (เกรียงศักดิ์, 2533) จึงทำให้จุลินทรีย์เจริญได้เร็วกว่า ส่งผลให้ลูกโคนมได้รับโภชนาการมากกว่า ซึ่งทำให้อัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่า

การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมในตัว

อาหารทดลองที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนมีผลต่ออัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมตัวของลูกโคนม ดังแสดงในตารางที่ 10 ในช่วงอายุ 36-63 วัน ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายมีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมตัวที่ดีที่สุด รองลงมาเป็นลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) ที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ปานกลาง และลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีปลายข้าวที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ช้า ($P < 0.05$) ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายมีการกินได้น้อยกว่าแต่มีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่า จึงทำให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมตัวมีค่าสูงตามไปด้วยเนื่องจากคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใยในมันสำปะหลังเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถย่อยมันสำปะหลังได้ง่ายและรวดเร็วกว่าปลายข้าวและข้าวโพด (เกรียงศักดิ์, 2533) ซึ่งขัดกับผลการทดลองของสำราญ (2551) ที่รายงานว่า ข้าวโพด ปลายข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพดเอ็กซ์ทราสามารถใช้เป็นแหล่งพลังงานในสูตรอาหารลูกโคนมโดยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของลูกโค อย่างไรก็ตาม ลูกโคนมในช่วงอายุ 36-63 วันที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายในกระเพาะรูเมนมีการกินได้น้อยกว่าลูกโคที่ได้รับอาหารที่มีปลายข้าวที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยช้าในกระเพาะรูเมน แต่มีน้ำนมซากและอัตราการเจริญเติบโตมากกว่า จึงทำให้มีอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมตัวมีค่าสูงกว่า

ตารางที่ 10 อัตราการเจริญเติบโตและการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัวของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว และปลายข้าวเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใย

รายการ	อาหารทดลอง			P-value	SEM
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3		
น้ำหนักตัว, กิโลกรัม					
เริ่มทดลอง	33.08	29.08	30.33	0.478	1.324
สิ้นสุดการทดลอง	56.52	51.00	49.42	0.333	1.999
อัตราการเจริญเติบโต, กรัม/วัน					
8 - 35	200	270	300	0.484	0.033
36 - 63	540 ^A	410 ^B	310 ^C	0.001	0.029
ค่าเฉลี่ย	420	390	340	0.403	0.023
การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักตัว, กรัม/วัน					
8 - 35	4.14	3.01	3.10	0.545	0.446
36 - 63	1.94 ^a	2.53 ^b	3.65 ^c	0.011	0.256
ค่าเฉลี่ย	2.03	2.24	2.74	0.118	0.146

^{a,b} อักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{A,B,C} อักษรที่ต่างกันในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ผลการศึกษาพอสรุปได้ว่า ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ช้า ในกระเพาะรูเมนจากปลายข้าวกินอาหารในช่วง 8-35 วัน ได้มากกว่าและค่าการย่อยได้ของโภชนะ ตลอดทางเดินอาหารมีแนวโน้มสูงกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) และลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีมันสำปะหลังบด แต่ลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มี คาร์โบไฮเดรตที่น้อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมนจากมันสำปะหลังบดมีอัตราการเจริญเติบโตต่อวัน ในช่วง 36-63 วัน การเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักรับในช่วงอายุ 36-63 วัน และการพัฒนาของ Papillae น้ำหนักซากและน้ำหนักของกระเพาะรูเมนได้ดีกว่าลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มี มันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50) และลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีปลายข้าว

ข้อเสนอแนะ

จำนวนลูกโคนมอาจเป็นข้อจำกัดในการศึกษารั้งนี้ หากมีการศึกษาที่ใกล้เคียงกันควรเพิ่ม จำนวนลูกโคนมทดลองให้มากขึ้น เพื่อให้ผลการศึกษาที่มีความชัดเจนมากกว่านี้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กฤตพล สมมาตรย์ เมธา วรรณพัฒน์ นลอง วชิราภากร ศักดิ์สิทธิ์ จันทน์ไทย และเวชสิทธิ์ โทบุราณ. 2534. ความสามารถในการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุของอาหารพลังงานในกระเพาะหมักของโคและกระบือ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- กฤษ อัครนาพร. 2547. สรีรวิทยาของกระเพาะอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. โรงพิมพ์ไตรณสาร, กรุงเทพฯ.
- กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์. 2550. ปลายข้าว. แหล่งที่มา: <http://www.dld.go.th>, 23 ตุลาคม 2552.
- เกรียงศักดิ์ สถาปนศิริ. 2533. การย่อยได้ของแป้งจากข้าวเปลือกเจ้าบด ปลายข้าวเจ้า และมันสำปะหลังในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารของโคนม. วารสารเกษตร. 6(4): 265-280.
- จีระชัย กาญจนพุดพิงศ์. 2543. การประยุกต์ใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารโค. โรงพิมพ์เฟื่องฟ้าพรินต์ติ้ง จำกัด, กรุงเทพฯ. 41 หน้า.
- _____. 2549. การจัดการฝูงโคนม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2534. การเลี้ยงโคนม. โรงพิมพ์ไทยวัฒนา จำกัด, กรุงเทพฯ.
- เทอดชัย เวียร์ศิลป์. 2530. การย่อยแป้งในสัตว์เคี้ยวเอื้อง. เวชสารสัตวแพทย์. 17(2): 78-79.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2546. ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์ ปรับปรุงครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

- นิตยสารสัตว์เศรษฐกิจ. 2548. ปัญหาการใช้มันสำปะหลังเป็นอาหารสัตว์. นิตยสาร สัตว์เศรษฐกิจ ฉบับเดือนมีนาคม 2548. บริษัท พรีเมียร์ แมชชีนเนอร์รี่ จำกัด.
- พานิช ทินนิตมิตร. 2527. การเลี้ยงโคนม. กรุงเทพมหานครการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ภัทรา มูลจิตร. 2552. เทคนิคการเตรียมสไลด์เนื้อเยื่อสัตว์แบบถาวร. โรงพิมพ์สำนักส่งเสริม และฝึกอบรมกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนากาอาหารสัตว์. 2550. มันเส้น. แหล่งที่มา: <http://th.wikipedia.org>, 23 ตุลาคม 2552.
- สิทธิศักดิ์ คำผา. 2550. การเลี้ยงสัตว์: โคนม. หจก. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.
- สิทธิศักดิ์ คำผา. 2551. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้องและนิเวศวิทยารูเมน. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ลำราญ วิจิตรพันธ์. 2551. ผลของการให้อาหารข้น (Calf starter mix) และอาหารหย่านแก่ลูกโคเพศผู้ที่อายุต่างกันต่ออัตราการเจริญเติบโต. รายงานผลการวิจัยกองอาหารสัตว์.
- AOAC. 1975. **Official Methods of analysis (12th ed.)**. Association of Official Analysis Chemists Washington D. C. U. S. A. P129,136-137.
- Beharka, A. A., T. T. Nagaraja and J. L. Morrill. 1990. **Effect of physical form of diet on ruminal microbial and metabolic development in young calves**. In: The 1990 Annual Kansan State University Dairy Day. J. S. Stevenson. Ed. Agricultural Experimental station, KSU. pp. 9-11.

_____, _____, G. A. Kennedy and R. D. Klemm. 1998. Effect of form of the diet on anatomical, microbial and fermentative development of the rumen of neonatal calves.

J. Dairy Sci. 81:1946-1955.

Coverdale, J. A., H. D. Tyler, J. D. Quigley III and J. A. Brumm. 2004. Effect of various levels of forage and form of diet on rumen development and growth in calves. **J. Dairy Sci.** 87:2554-2562.

Crocker, C. L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deprotonization. **American J. Meddical Technology.** 33: 361.

Crocker, L. M., E. J. DePeters, J. G. Fadel, H. Perez-Monti, S. J. Taylor, J. A. Wyckoff and R. A. Zinn. 1998. Influence of processed corn grain in diets of dairy cows on digestion of nutrients and milk composition. **J. Dairy Sci.** 81:2394-2407.

Dreher, M. L., C. J. Dreher and J. W. Berry. 1984. **Starch digestibility of food.** A nutritional perspective. CRC cit. Rev, Food Sic. Nutr. 20: 47-64

Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. **Forage Fiber Analyses. Agricultural Hand book No.379.** United States Department of Agriculture, Washington D. C. U. S. A. p20.

Greenwood, R. H., J. L. Morrill, E. C. Titgemeyer and G. A. Kennedy. 1997. A new method of measuring diet abrasion and its effect on the development of the forestomach. **J. Dairy Sci.** 80: 2534-2541.

Harrison, H. N., R. G. Warner, E. G. Sander and J. K. Loosli. 1960. Changes in the tissue and volume of the stomachs of calves following the removal of dry feed or consumption of inert bulk. **J. Dairy Sci.** 43:1301-1312.

- Heinrichs, A. J. and C. M. Jones. 2003. **Feeding the newborn dairy calf**. College of Agricultural Sciences Agricultural Research and Cooperative Extension, Pennsylvania State University.
- _____, _____, L. R. VanRoekel and M. A. Fowler. 2003. Calf Track: A system of dairy calf workforce management, training, and evaluation and health evaluation. **J. Dairy Sci.** 86 (Suppl. 1):115.
- Higginbotham, G. E. and D. L. Bath. n. d. 1993. Evaluation of lactobacillus fermentation cultures in calf feeding systems. **J. Dairy Sci.** 76: 615-620.
- Hill, T. M., H. G. Bateman II, J. M. Aidrich and R. L. Schlotterbeck. 2008. Effects of feeding different carbohydrate sources and amounts to young calver. **J. Dairy Sci.** 91:3128-3137.
- Huntington, G. B. 1997. Starch utilization by ruminants: From basics to the bunk. **J. Anim. Sci.** 75:852–867.
- Huntington, G. B., D. L. Harmon and C. J. Richards. 2006. Sites, rates, and limits of starch digestion and glucose metabolism in growing cattle. **J Anim Sci.** 84:E14.
- Jorgensor, L. J., N. A. Jorgensen, D. J. Schingoethe and M. J. Ownes. 1970. Indoor vs. outdoor Calf rearing at three weaning age. **J. Dairy Sci.** 53: 813-816.
- Joy, M. T., E. J. DePeters, J. G. Fadel and R. A. Zinn. 1997. Effects of corn processing on the site and extent of digestion in lactating cows. **J. Dairy Sci.** 80:2087–2097.
- Khan, M. A., H. J. Lee, W. S. Lee, H. S. Kim, S. B. Kim, K. S. Ki, S. J. Park, J. K. Ha and Y. J. Choi. 2007a. Starch Source Evaluation in Calf Starter: I. Feed consumption, body weight gain, structural growth and blood metabolites in Holstein Calves. **J. Dairy Sci.** 90:5259–5268.

_____, _____, _____, _____, _____, S. B. Park, K. S. Baek, _____ and _____.

2007b. Starch source evaluation in calf starter: II. Ruminal parameters, rumen development, nutrient digestibilities and nitrogen utilization in Holstein calves.

J. Dairy Sci. 91:1140–1149.

Kotarski, S. F., R. D. Waniska and K. K. Thurn. 1992. Starch hydrolysis by the rumen microflora. **J. Nutr.** 122:178–190.

Larson, B. L. 1985. Biosynthesis and cellular secretion of milk, pp. 129-162. *In* B. L. Larson (ed.). **Lactation**. The Iowa State University Press/Ames, Iowa.

Larson, L. L., F. G. Owens, J. L. Albright, R. D. Appleman, R. C. Lamb and L. D. Muller. 1977. Guidelines toward more uniformity in measuring and reporting calf experimental data. **J. Dairy Sci.** 60:989-991.

Lean, I. 1987. **Nutrition of Dairy Cattle**. The University of Sydney Post-Graduate Foundation in Veterinary Science, New South Wales, Australia.

Lesmeister, K. E., P. R. Tozer and A. J. Heinrichs. 2004. Development and analysis of a rumen tissue sampling procedure. **J. Dairy Sci.** 87:1336–1344.

Losinger, W. and A. J. Heinrichs. 1997. Management practices associated with high mortality among preweaned dairy heifer. **J. Dairy Res.** 64:1-11.

McGavin, M. D. and J. L. Morrill. 1976. Dissection technique for examination of the ruminoreticulum. **J. Dairy Sci.** 42:535-538

National Research Council (NRC). 2001. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 7th Edition National Academic Press, Washington, USA.

- Nocek, J. E., C. W. Heald and C. E. Polan. 1984. Influence of ration physical form and nitrogen availability on ruminal morphology of growing bull calves. **J. Dairy Sci.** 67:334–343.
- Nocek, J., D. G. Braund, R. L. Steele and C. H. McGregor, inventora. 1986. **Agway assignee.** US, Pat. No.4615891. Oct. 1, 1986.
- Nocek, J. E. and Tamminga, S. 1991. Site of digestion of starch in the gastrointestinal-tract of dairy cows and its effect on milk-yield and composition. **J. Dairy Sci.** 74:3598-3629.
- Owens, F. N., D. S. Secrist, W. J. Hill and D. R. Gill. 1997. The effect of grain source and grain processing on performance of feedlot cattle: A review. **J. Anim. Sci.** 75:868–879.
- _____, _____, _____ and _____. 1998. Acidosis in cattle: A review. **J. Anim. Sci.** 76:275–286.
- Philippeau, C., F. Le Deschault de Monredon and B. Michalet-Doreau. 1999. Relationship between ruminal starch degradation and the physical characteristics of corn grain. **J. Anim. Sci.** 77:238–243.
- Radostits, O. M., K. E. Leslic and J. Fetrow. 1994. **Herd Health; Food Animal Production Medicine.** 2nd ed. W. B. Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvania.
- Reis, R. B. and D. K. Combs. 2000. Effects of corn processing and supplemental hay on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. **J. Dairy Sci.** 83:2529–2538.
- Rooney, L.W. and Pflugfelder, R.L. 1986. Factors affecting starch digestibility with special emphasis on sorghum and corn. **J. Anim. Sci.** 63: 1607-1623.

Roy, J. H. B. 1990. **The Calf Volume 1: Management of Health**. 5th ed., Butterworths, London.

Sainsbury, D. 1998. **Animal Health: Health, Disease and Welfare of Farm Animal**. 2nd ed. Blackwell Science, Victoria, Australia.

SAS. 1985. **Statistical Analysis System**. ASA Institute Inc.

Slein, M. W. 1963. **Methods of Enzymatic Analysis**. Academic Press, New York.

Stobo, J. J. F., J. H. B. Roy and H. J. Gaston. 1966. Rumen development in the calf: 1 The effect of diets containing different proportions of concentrates to hay on rumen development. **Br. J. Nutr.** 20: 171-188.

Strombeck, D. R. and W. G. G. Guilford. 1991. **Small Animal Gastroenterology**. 2nd ed. Wolfe Publishing, Ltd., USA.

Sua'rez, B. J., C. G. Van Reenen, G. Beldman, J. Van Delen, J. Dijkstra and W. J. J. Gerrits. 2006. Effects of supplementing concentrates differing in carbohydrate composition in veal calf diets: I. Animal performance and rumen fermentation characteristics. **J. Dairy Sci.** 89:4365–4375.

Swan, C. G., J. G. P. Bowman, J. M. Martin, and M. J. Giroux. 2006. Increased puroindoline levels slow ruminal digestion of wheat (*Triticum aestivum* L.) starch by cattle. **J. Anim. Sci.** 84:641–650.

Taji, K., S. Kumai, R. Fukumi, E. Horiuchi, S. Kurihara and K. Tsukazawa. 1987. **Digestibility and excretion rate of undigested starch in ripe rough rice with sheep and beef cattle**. Nutrition Abstracts and Review. 57:411.

- Tamminga, S., A. M. van Vuuren, C. J. Van der Koelen, R. S. Ketelaar and P. L. van der Togt. 1990. Ruminal behaviour of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. Nether lands. **J. Agri. Sci.** 38:513-526.
- Theurer, C. B. 1986. Grain processing effects on starch utilization by ruminants. **J. Anim. Sci.** 63:1649–1662.
- Theurer, C. B., O. Lozano, A. Alio, A. Delgado-Elorduy, M. Sadik, J. T. Huber and R. A. Zinn. 1999. Steam-processed corn and sorghum grain flaked at differenct densities alter ruminal, small-intestinal and total tract digestibility of starch by steers. **J. Anim. Sci.** 77:2824–2831.
- Thorne, M. J., L. U. Thompson and D. J. A Jenkins. 1983. Factors affecting starch Digestibility and the glycemic respons with soecial reference to legumes. Amer. **J. Clin. Nutr.** 38:481-488
- Van Soest, P. J. 1982. **Nutrition Ecology of Ruminant.** Corvallis Oregon: O&B Book. Inc., USA.
- Walker, G. J. and Hope, M. Pamela. 1963. The action of some α -amylases on starch granules. **J. Biochem.** 86:452-469.
- William, C. R., G. Chuck and M. R. Carolyn. 1995. **Disease of Dairy Cattle.** Baltimore.
- Winte, K. A. 1978. Response to weaning at two to five weeks of age by the young dairy calf. Can. **J. Amin. Sci.** 58: 377-383.





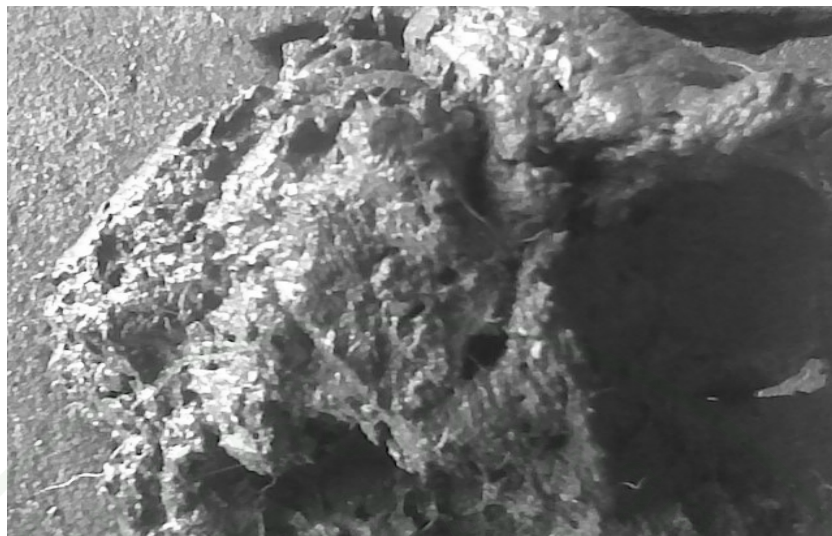
ภาพผนวก ก
การบันทึกคะแนนมูลอุกโค (Fecal score)



ภาพผนวกที่ 1 คะแนน 1 = มวลมีลักษณะแข็ง (Firm)



ภาพผนวกที่ 2 คะแนน 2 = มวลมีลักษณะไม่อ่อนไม่แข็งมาก (Normal)



ภาพผนวกที่ 3 คะแนน 3 = มวลมีลักษณะอ่อน (Soft)



ภาพผนวกที่ 4 คะแนน 4 = มวลมีลักษณะเหลวเป็นน้ำ (Watery หรือ Scours)

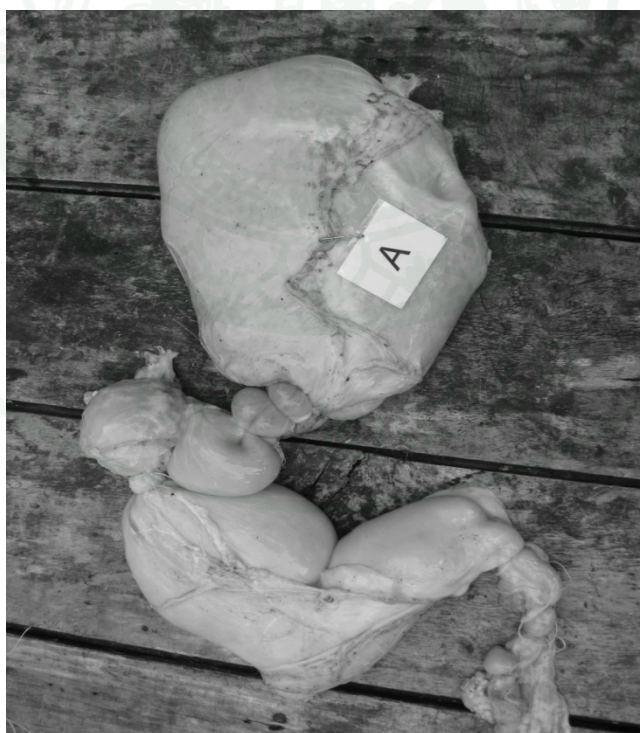


ภาคผนวก ข

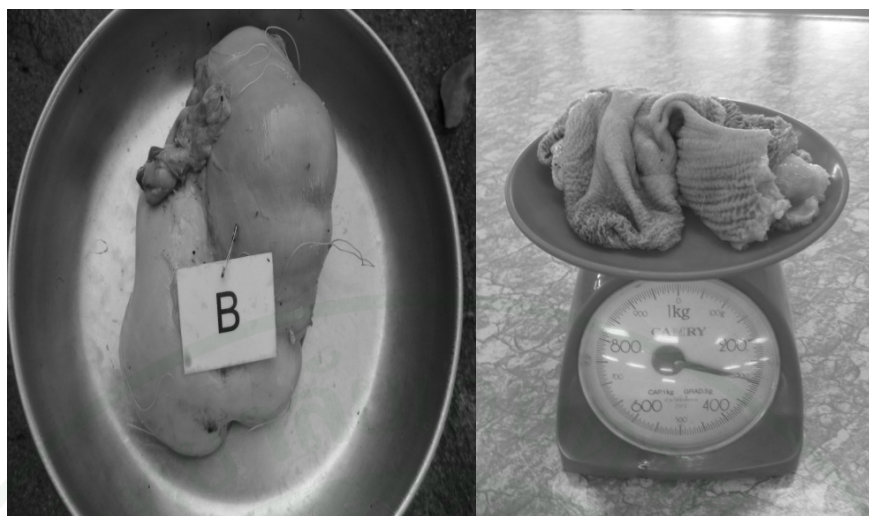
การศึกษาน้ำหนักซากและน้ำหนักของส่วนต่างๆของทางเดินอาหาร



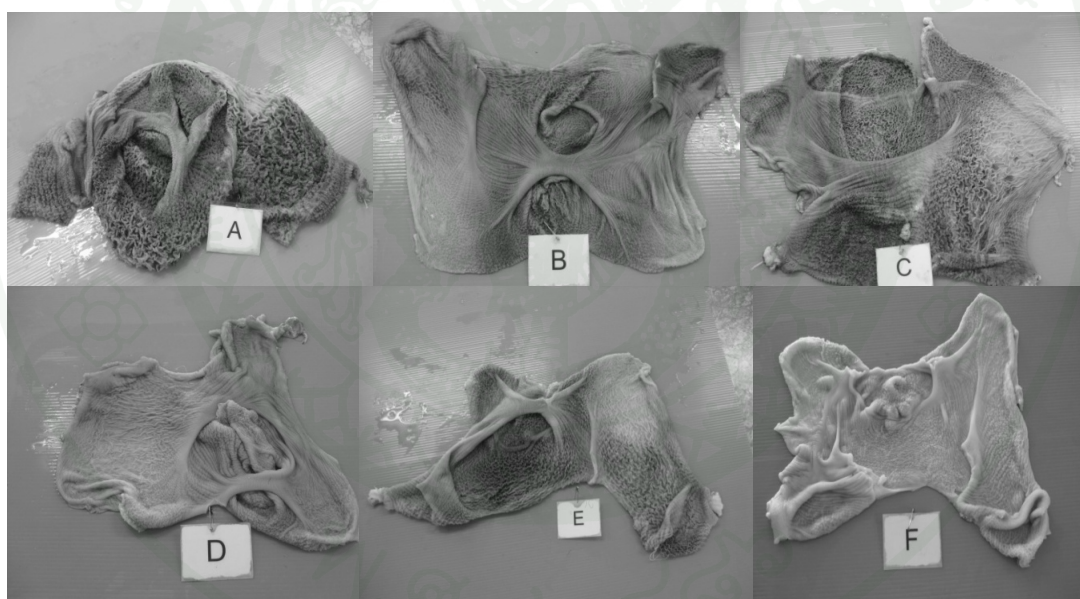
ภาพผนวกที่ 5 ส่วนต่างๆของระบบทางเดินอาหารของลูกโคนม



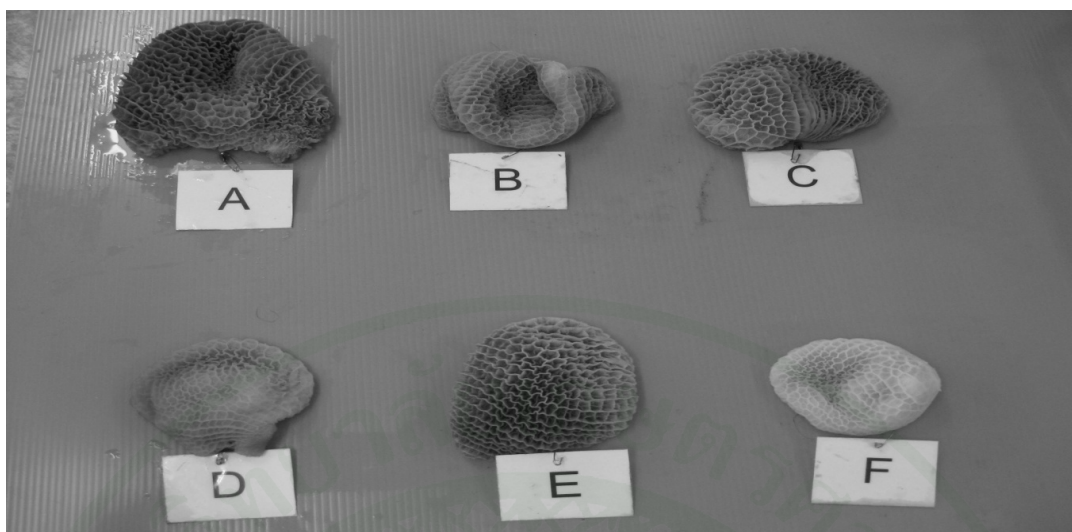
ภาพผนวกที่ 6 การมัดแบ่งส่วนต่างๆของกระเพาะอาหารของลูกโคนม



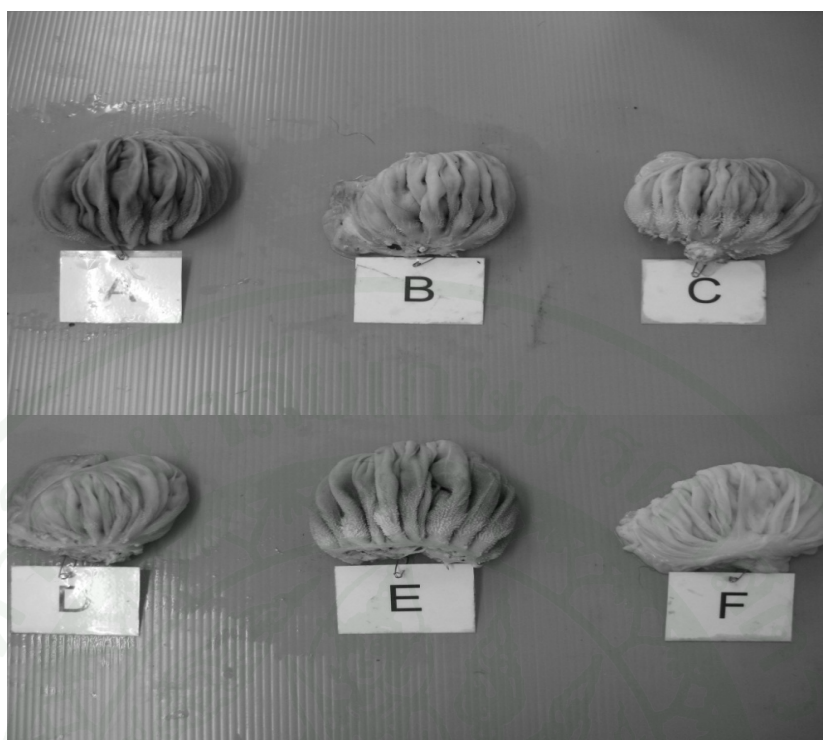
ภาพผนวกที่ 7 การชั่งน้ำหนักส่วนต่างๆของทางเดินอาหารทั้งก่อนล้างและหลังล้างของลูกโคนม



ภาพผนวกที่ 8 ลักษณะและขนาดของกระเพาะรูเมนหลังล้างในช่วงวันที่ 30 (A, B และ C) และวันที่ 60 (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว



ภาพผนวกที่ 9 ลักษณะและขนาดของกระเพาะรังผึ้งหลังล้างในช่วงวันที่ 30 (A, B และ C) และวันที่ 60 (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว

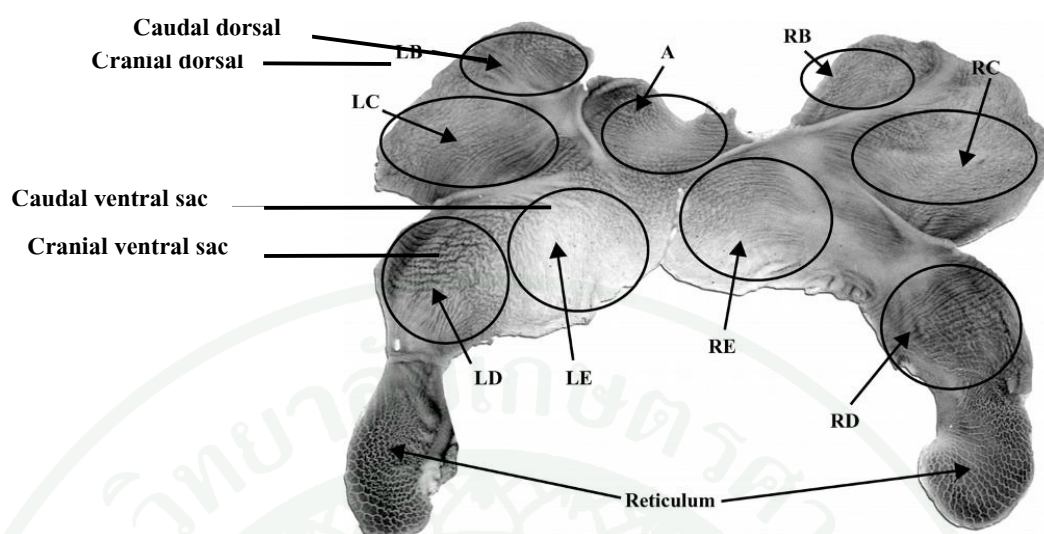


ภาพผนวกที่ 10 ลักษณะและขนาดของกระเพาะสามสิบกลีบหลังล้างในช่วงวันที่ 30 (A, B และ C) และวันที่ 60 (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว



ภาพผนวกที่ 11 ลักษณะและขนาดของกระเพาะไ้หลังล้างในช่วงวันที่ 30 (A, B และ C) และวันที่ 60 (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ไ้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ไ้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ไ้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว





ภาพผนวกที่ 12 การเก็บตัวอย่างชิ้นเนื้อจากกระเพาะรูเมน 4 ตำแหน่ง



ภาพผนวกที่ 13 ตัดชิ้นเนื้อเยื่อให้มีขนาด 1 cm² นำมาตรึงบนแผ่นโฟมด้วยเข็มหมุด



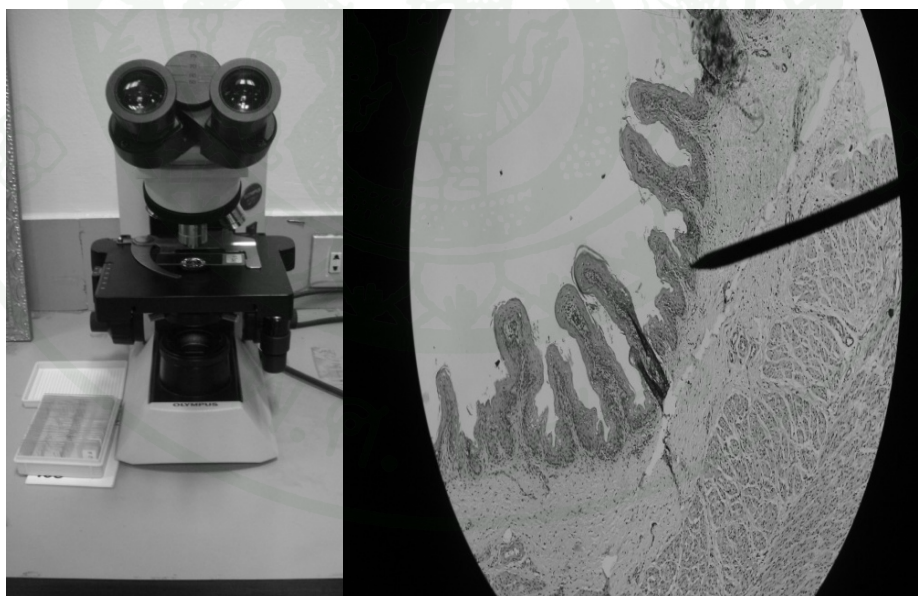
ภาพผนวกที่ 14 นำชิ้นเนื้อเยื่อไปแช่ในสารละลายบัฟเฟอร์นิวทรัลฟอร์มาลีนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง



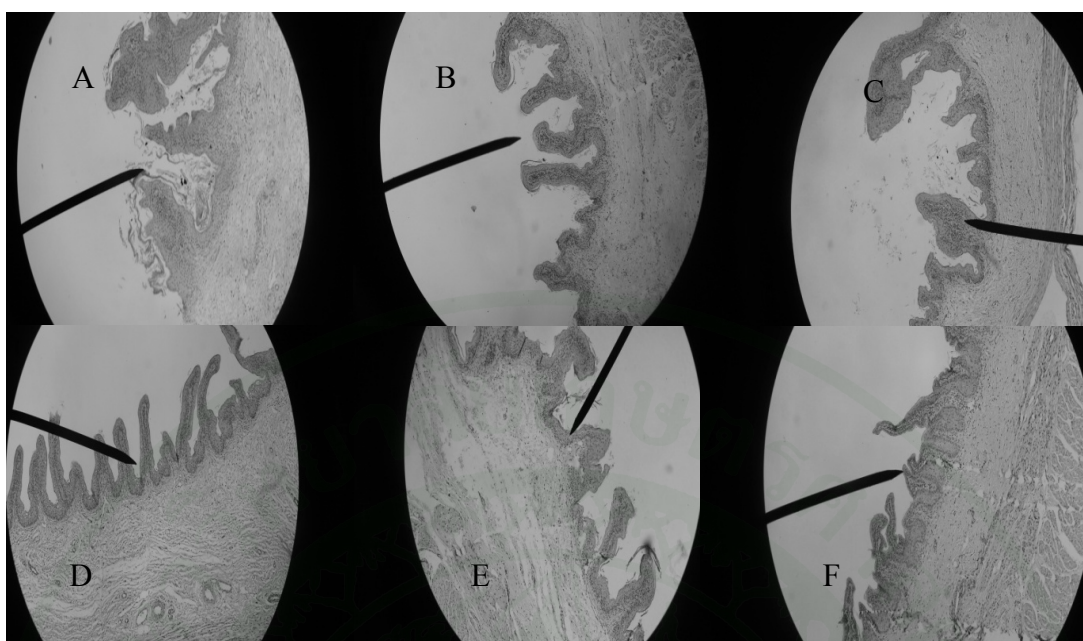
ภาพผนวกที่ 15 การหล่อบล็อกพาราฟินด้วยเครื่องหยอดพาราฟิน



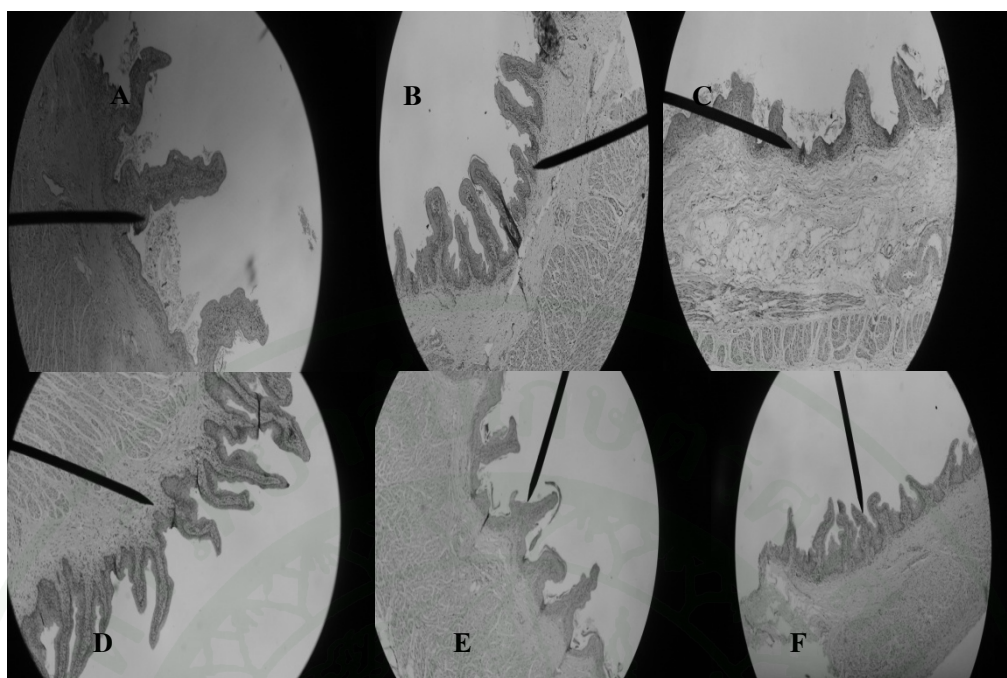
ภาพผนวกที่ 16 การตัดเนื้อเยื่อให้เป็นแผ่นบางประมาณ 4 ไมครอนด้วยเครื่องมือ
แบบใช้มือหมุน



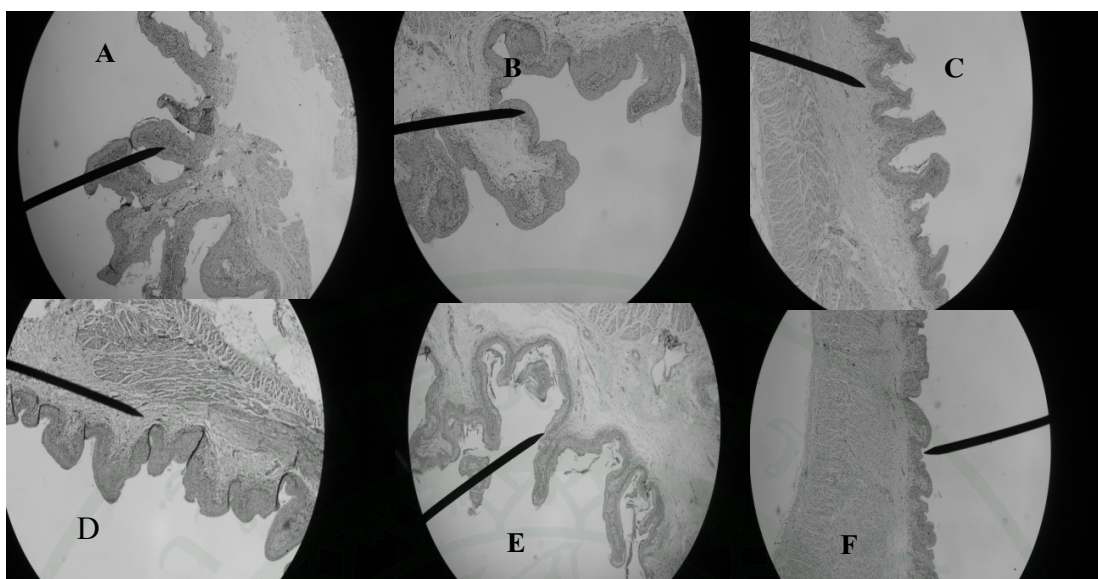
ภาพผนวกที่ 17 นำเนื้อเยื่อที่ย้อมสี H&E (Hematoxyline & Eosin) มาส่องกล้องจุลทรรศน์
Olympus CX31 ที่กำลังขยาย 10x



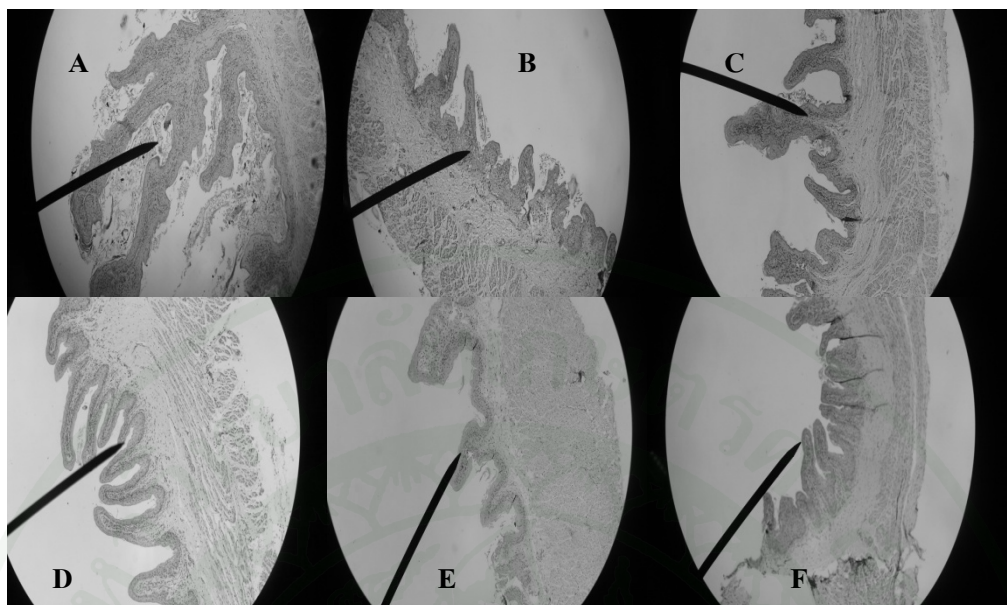
ภาพผนวกที่ 18 ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหน้าด้านบนของลูกโคนมที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจาก มันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่ง คาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจาก ปลายข้าว



ภาพผนวกที่ 19 ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหน้าด้านล่างของลูกโคนมที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่อายุ 60 วัน (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว



ภาพผนวกที่ 20 ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหลังด้านบนของลูกโคนมที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่อายุ 60 วัน (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว



ภาพผนวกที่ 21 ลักษณะขนาดของ Papillae ในกระเพาะรูเมนส่วนหลังด้านล่างของลูกโคนมที่อายุ 30 วัน (A, B และ C) และที่อายุ 60 วัน (D, E และ F) โดยที่ A และ D = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบด, B และ E = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากมันสำปะหลังบดผสมปลายข้าว (50:50), C และ F = กระเพาะรูเมนของลูกโคนมที่ได้รับอาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตหลักจากปลายข้าว

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปัทมา ไทรชมภู
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 ตุลาคม 2529
สถานที่เกิด	อ. บางเลน จ. นครปฐม
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (สัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร) มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตสารสนเทศเพชรบุรี จ. เพชรบุรี
ผลงานนำเสนอ	ปัทมา ไทรชมภู และจิระชัย กาญจนพุดพิงศ์. ผลการสลายตัวของ คาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันในกระเพาะรูเมนจากมันสำปะหลังบด และปลายข้าวต่อสมรรถภาพการเจริญเติบโตของลูกโคนม. ใน: การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต กำแพงแสน ครั้งที่ 8. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. วันที่ 8-9 ธันวาคม 2554, หน้า 29.