ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ สัตวบาล

สาขา **ภาควิชา**

เรื่อง ผลของการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากกากแป้งมันสำปะหลังและเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมในภูมิอากาศร้อนชื้น

Effects of Replacing Forage Detergent Fiber with Non-Forage Detergent Fiber from Cassava Residues and Soybean Hulls on Performance of Dairy Cows in the Tropics

นามผู้วิจัย นางสาวธิดาศรี อนุกาญจนวีระ

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(รองศาสตราจารย์จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาตมางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่..... **เดือน**..... **พ.ศ.**.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ผลของการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วย เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากกากแป้งมันสำปะหลัง และเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมในภูมิอากาศร้อนชื้น

Effects of Replacing Forage Detergent Fiber with Non-Forage Detergent Fiber from Cassava Residues and Soybean Hulls on Performance of Dairy Cows in the Tropics

โดย

นางสาวธิดาศรี อนุกาญจนวีระ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)
พ.ศ. 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธิดาศรี อนุกาญจนวีระ 2554: ผลของการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากกากแป้งมันสำปะหลังและเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมในภูมิอากาศร้อนชื้น ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์, Ph.D. 102 หน้า

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงผลการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบต่อสมรรถภาพการผลิตของแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น โดยใช้แม่โครีดนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน (87.5 HF X 12.5 SW) ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวมประมาณ 27 เปอร์เซ็นต์ โดยแม่โครีดนมได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวเป็นกลุ่มควบคุม แม่โครีดนมกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 ได้รับอาหารที่มีการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลัง 25 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีโภชนะใกล้เคียงกัน ผลการทดลองพบว่า แม่โครีดนมที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังกินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวน้อยกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.01$) แม่โครีดนมที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้งต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัว ($p<0.05$) และในรูปวัตถุ-แห้งต่อวัน ($p<0.01$) พลังงานสุทธิ ($p<0.01$) น้ำหนักเพิ่มต่อตัวต่อวัน ($p<0.01$) ผลผลิตนมเมื่อปรับไขมันนมที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ($p<0.05$) และปริมาณขององค์ประกอบน้ำนม ($p<0.01$) มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังและกลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตาม ผลผลิตนมเมื่อปรับไขมันนมที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ของแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) แม่โครีดนมที่กินอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมัน-สำปะหลังใช้เวลาในการกินอาหารเพิ่มขึ้น ($p<0.01$) และความถี่ในการเข้ากินอาหารต่อวันลดลง ($p<0.01$) อุณหภูมิทวารหนักก่อน ($p<0.01$) และหลังรีดนมมื้อเย็น ($p<0.05$) ต่ำกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนั้นแม่โครีดนมที่กินอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองใช้เวลาในการพักผ่อนนานขึ้น ($p<0.05$) เมื่อเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังและกลุ่มควบคุม ผลการทดลองสรุปได้ว่าการใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากมันสำปะหลัง ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบสามารถเพิ่มการกินได้และสมรรถภาพการผลิตของแม่โครีดนมในเขตร้อนชื้น

/ /

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Thidasri Anukanchanaweera 2011: Effects of Replacing Forage Detergent Fiber with Non-Forage Detergent Fiber from Cassava Residues and Soybean Hulls on Performance of Dairy Cows in the Tropics. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Associate Professor Jeerachai Kanjanapruthipong, Ph.D. 102 pages.

An objective of this study was to evaluate effects of replacing neutral detergent fiber (NDF) from forage fiber with non-forage fiber sources on performance of dairy cow under hot and humid conditions. Cross bred Holstein X Sahiwal (87.5 HF X12.5 SW) fed diet containing total NDF 27 %. Dairy cows ate diet containing NDF from rice straw as a control group. Diets replacing NDF from rice straw up to 25% with NDF from soybean hulls and cassava residues were fed to experimental groups. Dietary treatments contained a similar level of nutrients. Dairy cows fed diets containing NDF from soybean hulls and cassava residues fed lower amounts of NDF from rice straw than the control group ($p<0.01$). Dry mater intake (% body weight: $p<0.05$ and kg/d: $p<0.01$), net energy intake ($p<0.01$), average daily gain ($p<0.01$), 4% fat corrected milk ($p<0.05$) and milk composition ($p<0.01$) were highest for cows fed diet containing soybean hulls, compared to those fed diets containing cassava residues and containing NDF from rice straw. However, 4% fat corrected milk in cows fed cassava residues did not differ from that in the control group ($p>0.05$). Higher meal duration ($p<0.01$) and lower feeding frequency ($p< 0.01$), rectal temperature before afternoon ($p<0.01$) and after afternoon milking ($p<0.05$) were observed in cows fed diets containing soybean hulls and cassava residues. In addition, cows fed diet containing soybean hulls had longer lying duration than those fed diet containing cassava residues and containing NDF from rice straw ($p<0.05$). It can be concluded that dry matter intake and performance of dairy cows under hot and humid conditions can be increased on diet containing NDF from non-forage fiber sources.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์ กรรมการที่ปรึกษาหลัก ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางแก้ปัญหาในการทำวิจัยตลอดจนตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้มอบทุนเพื่อใช้ทำวิจัยในครั้งนี้และขอขอบคุณวฏกาญจน์ฟาร์มสมาชิกสหกรณ์โคนมกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และแม่โครีดนมสำหรับการทดลองตลอดการทดลอง ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารแม่โครีดนมทดลอง เจ้าหน้าที่และศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ภาคตะวันตก กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณภาพน้ำนม เจ้าหน้าที่และห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิเคราะห์โลหิตวิทยาและขอขอบคุณเจ้าหน้าที่และโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน) และโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (หนองโพ) คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิเคราะห์โลหิตวิทยา ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อกิตติและคุณแม่ลัชนา อนุกาญจนวีระ ที่ได้เล็งเห็นคุณค่าในการศึกษาของข้าพเจ้าให้ความกรุณาส่งเสริมสนับสนุนทุนการศึกษาและให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าด้วยดีเสมอมา บูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้ด้านต่างๆ ให้แก่ข้าพเจ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันทำให้ข้าพเจ้าสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ในการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขอขอบคุณมิตรสหายทุกท่านที่ให้ความกรุณาช่วยเหลืออำนวยความสะดวกและเป็นที่ปรึกษาที่ดีในการทำงานวิจัยในครั้งนี้ทำให้งานวิจัยผ่านพ้นอุปสรรคต่างๆ มาด้วยดี

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจทั้งนักวิจัย นักวิชาการ นิสิต นักศึกษาหรือเกษตรกรและหวังว่าความรู้ที่ได้จากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำไปเผยแพร่เพื่อเป็นความรู้ที่สร้างประโยชน์แก่มวลชนส่วนใหญ่ในสังคมได้

ธิดาศรี อนุกาญจนวีระ

เมษายน 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	45
อุปกรณ์	45
วิธีการ	47
ผลการทดลอง	56
วิจารณ์	71
สรุปและข้อเสนอแนะ	83
สรุป	83
ข้อเสนอแนะ	83
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	84
ภาคผนวก	96
ภาคผนวก ก วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารเหลือ	**97**
ภาคผนวก ข ลักษณะทางกายภาพของเม็ดเลือดชนิดต่างๆ	99
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	102

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางโภชนะของกากแป้งมันสำปะหลัง	13
2	คุณค่าทางโภชนะของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	14
3	มาตรฐานคุณภาพน้ำนมโค	19
4	ความสัมพันธ์ของต่อมไร้ท่อ อวัยวะและฮอร์โมนในการควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ในสัตว์เพศเมีย	28
5	การตอบสนองผลผลิตน้ำนมต่อภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนในแม่โครีดนม	34
6	อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความชื้นและดัชนีอุณหภูมิและความชื้น ภายในโรงเรือน	56
7	ส่วนประกอบอาหารทดลองและผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง	58
8	ผลของการทดลองต่อปริมาณโภชนะที่กินได้และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว	60
9	อุณหภูมิทวารหนักก่อนและหลังรีดน้ำนมมื้อเช้าและอุณหภูมิทวารหนักก่อนและหลังรีดน้ำนมมื้อเย็น	62
10	พฤติกรรมการกินและการพักผ่อน	63
11	ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบและคุณภาพน้ำนมของแม่โครีดนมทดลอง	65
12	ค่าทางโลหิตวิทยาของแม่โครีดนมทดลอง	67
13	ค่าชีวเคมีของเลือดแม่โครีดนมทดลอง	68
14	โปรเจสเตอโรนในพลาสม่าของแม่โครีดนมทดลอง	69
15	แสดงวงรอบการเป็นสัดของแม่โครีดนมทดลอง	70

ตารางผนวกที่

1	วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารเหลือ	98

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วัฏจักรของพืช C_3	6
2	วัฏจักรของพืช C_4	7
3	หน้าที่ของฮอร์โมนเพศเมีย	26
4	ผลกระทบของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อระบบสืบพันธุ์	34
5	รูปแบบการหลั่งและการลดลงของระดับฮอร์โมนระหว่างช่วงวงรอบการเป็นสัด 21 วัน ของแม่โครีดนม	41
6	แม่โครีดนมทดลองได้รับการให้อาหารแบบผสมเสร็จ	50
7	การชั่งน้ำหนักแม่โครีดทุกตัวหลังรีดนมตอนเช้าก่อนเข้าการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง	50
8	บันทึกพฤติกรรมการกินโดยใช้กล้อง CCTV specialist Model H.264 DVR	50
9	เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (A) เครื่องมือวัดอุณหภูมิทวารหนัก (B)	50
10	แสดงเครื่องตรวจองค์ประกอบน้ำนมดิบ (FOSS รุ่น Milko Scan FT 6000) และเครื่องตรวจนับเซลล์โซมาติก (FOSS รุ่น Fossomatic 5000)	52
11	แสดงการเจาะเลือดโคที่บริเวณคอ (Jugular vein)	53
12	แสดงหลอดเก็บเลือดที่ใช้ในการทดลอง	53

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่		หน้า
1	การสุ่มอาหารเหลือเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารเหลือ	98
2	เม็ดเลือดแดงมีลักษณะกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7.5 ไมโครเมตร ตรงกลางเว้าเข้าหากันทั้งสองด้าน (Biconcave)	100
3	อีโอซิโนฟิลมีขนาด 10-15 ไมโครเมตร นิวเคลียสติดสีม่วงน้ำเงิน มีแกรนูลขนาดเล็ก กลม ติดสีแดง	100
4	ลิมโฟซัยต์เป็นเซลล์ส่วนใหญ่ที่พบในกระแสโลหิตของโคเฉลี่ย 58 เปอร์เซ็นต์ โดยจะพบลิมโฟซัยต์ 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก 7-10 ไมโครเมตร ขนาดกลาง 10-12ไมโครเมตร และขนาดใหญ่ 13-15 ไมโครเมตร	100
5	เบโซฟิล มีขนาดเซลล์ 11-14 นิวเคลียสติดสีม่วงแดง มีรูปร่างคล้าย นิวโทรฟิล	101
6	แบนด์นิวโทรฟิล นิวเคลียสมีลักษณะติดสีม่วงเข้ม โดยแยกจากเซ็กเมนต์ นิวโทรฟิล โดยดูที่นิวเคลียสเป็นรูปตัวเอส (S) หรือ ตัวยู (U)	101
7	เซ็กเมนต์นิวโทรฟิล มีขนาดเซลล์ 10-15 ไมโครเมตร นิวเคลียสติดสีม่วงเข้ม	101
8	โมโนซัยต์มีขนาดเซลล์ 13-18 ไมโครเมตร นิวเคลียสมีรูปร่างไม่แน่นอน	101

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลของการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากกากแป้งมันสำปะหลังและเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อสมรรถภาพการผลิตของโคนมในภูมิอากาศร้อนชื้น

Effects of Replacing Forage Detergent Fiber with Non-Forage Detergent Fiber from Cassava Residues and Soybean Hulls on Performance of Dairy Cows in the Tropics

คำนำ

การผลิตน้ำนมดิบในประเทศไทยมีต้นทุนสูง เนื่องจากเกษตรกรผู้เลี้ยงแม่โครีดนมต้องเสียค่าใช้จ่ายในการเลี้ยงแม่โครีดนมที่ไม่ให้ผลผลิตน้ำนม (แม่โครีดนมระยะหยุดรีดมีสัดส่วนที่สูง 40-45 เปอร์เซ็นต์ และสัดส่วนแม่โครีดนม 55-60 เปอร์เซ็นต์) จึงทำให้ต้นทุนการผลิตสูง การเพิ่มสัดส่วนแม่โครีดนมในฟาร์มให้สูงขึ้น (จาก 55-60 เปอร์เซ็นต์เป็น 75-80 เปอร์เซ็นต์) จะช่วยลดต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบของเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในประเทศไทย การลดต้นทุนดังกล่าวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการจัดการอาหารและการให้อาหารที่สมดุลและราคาถูก

หลักการจัดการอาหารและการให้อาหารที่สมดุลด้วยต้นทุนที่ต่ำ คือ การจัดการอาหารที่มีโภชนะเพียงพอต่อความต้องการในการผลิตของแม่โครีดนมในระยะต่างๆ ซึ่งถูกผูกยึดกับปริมาณการกินได้ เช่น แม่โครีดนมกินอาหารได้น้อยต้องเพิ่มความเข้มข้นของโภชนะเป็นต้น ดังนั้นการเอาใจใส่ปริมาณการกินอาหารของแม่โครีดนมในระยะต่างๆ จึงมีความสำคัญต่อการได้รับโภชนะให้เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตแต่การกินได้ของแม่โครีดนมในประเทศไทยขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นเป็นปัจจัยที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการกินได้ของแม่โครีดนม (จีระชัย, 2549)

ผลกระทบทางตรง แม่โครีดนมรักษาสมดุลความร้อนในร่างกายโดยการควบคุมการกินอาหารโดยการลดปริมาณการกินลงโดยเฉพาะลดปริมารการกินอาหารหยาบ (Kanjanapruthipong *et al.,* 2001) เพื่อลดปริมาณการผลิตความร้อนภายในร่างกาย (Johnson, 1987) การลดปริมาณการกินอาหารทำให้แม่โครีดนมได้รับโภชนะลดลง ดังนั้นการลดปริมาณการกินอาหารของแม่โครีดนมจึงเป็นหนึ่งในปัญหาหลักของการเลี้ยงแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น (Leng *et al.,* 1994)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลกระทบทางอ้อม อาหารหยาบในเขตร้อนชื้นเช่นประเทศไทยมีการเจริญเติบโตเร็วมีคุณค่าทางอาหารต่ำ เนื่องจากสังเคราะห์แสงผ่านกระบวนการ C_4 Pathway ทำให้มีโครงสร้างที่เป็นเยื่อใยในรูปผนังเซลล์และเยื่อใยในรูปลิกโนเซลลูโลสค่อนข้างสูง ทำให้มีแป้ง โปรตีน แร่ธาตุและมีค่าการย่อยได้ต่ำ (Leng *et al.,* 1994) เมื่อแม่โครีดนมกินอาหารหยาบคุณภาพต่ำจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะใช้เวลาในการย่อยอาหารนานขึ้น ซึ่งนอกจากจะก่อให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นจากกระบวนการย่อยอาหารแล้วยังทำให้อาหารอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้นส่งผลให้โคกินอาหารได้ลดลง ดังนั้นคุณภาพของอาหารหยาบก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักที่เป็นอุปสรรคต่อการเลี้ยงแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้นจะเห็นได้ว่าภูมิอากาศร้อนชื้นเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อการกินได้ของแม่โครีดนม ดังนั้นการป้องกันการลดลงของการกินได้ของแม่โครีดนมที่เลี้ยงภายใต้ภูมิอากาศร้อนชื้นจึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการควบคุมการได้รับโภชนะให้เพียงพอต่อความต้องการในการผลิตของแม่โครีดนมในระยะต่างๆ

การป้องกันการลดลงของการกินได้ของแม่โครีดนมที่เลี้ยงภายใต้ภูมิอากาศร้อนชื้น โดยวิธีการจัดการอาหารและการให้อาหาร การใช้วัตถุดิบอาหารข้นมีหลายแหล่ง เช่น อาหารข้นที่เป็นแหล่งโปรตีนที่มีองค์ประกอบโปรตีนมากกว่า 18 เปอร์เซ็นต์ อาหารข้นที่เป็นแหล่งแป้งที่มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใยมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นที่เป็นแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์มากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ แต่อาหารข้นที่เป็นแหล่งโปรตีนราคาค่อนข้างแพง ในขณะที่อาหารข้นที่เป็นแหล่งแป้งมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใยสูงมากและมีโปรตีนรวมค่อนข้างต่ำ เช่น มันเส้นและเมล็ดข้าวโพดมีโปรตีนประมาณ 2.4 และ 8.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (จีระชัย, 2549) แต่อาหารข้นที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์และที่มีค่าการย่อยได้สูง เช่น เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (Soybean hulls) หรือการใช้วัตถุดิบอาหารข้นที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์และที่มีแป้งสูง เช่น กากแป้งมันสำปะหลัง (Cassava residues) สามารถทดแทนอาหารหยาบในกรณีที่อาหารหยาบมีราคาแพงหรือกากแป้งมันสำปะหลังและ/หรือเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีราคาถูก

ดังนั้นการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังทดแทนอาหารหยาบบางส่วนน่าจะช่วยป้องกันการลดลงของการกินได้ ซึ่งจะควบคุมให้แม่โครีดนมได้รับโภชนะตามความต้องการในการผลิต ทำให้แม่โครีดนมแสดงอาการเป็นสัดเพิ่มขึ้นและมีระยะหลังคลอดถึงผสมติดสั้นลง ส่งผลให้สัดส่วนฝูงแม่โครีดนมเพิ่มขึ้นในที่สุดทำให้ผลิตภาพการผลิตเพิ่มขึ้นและต้นทุนการผลิตลดลงตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาถึงผลของการใช้แหล่งเยื่อใยที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากเปลือกเมล็ดถั่วและกากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อทดแทนอาหารหยาบบางส่วน ต่อสมรรถภาพการผลิตและภาวะความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่โครีดนมที่เลี้ยงในเขตร้อนชื้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber; NDF)

เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ คือส่วนประกอบของผนังเซลล์ทั้งหมดซึ่งไม่สามารถละลายในสารฟอกที่เป็นกลางประกอบด้วยพวกเยื่อใยทั้งหมด คือ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน ซิลิกาและเคราติน วัตถุแห้งส่วนนี้เป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเท่านั้นเพราะในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องมีจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสได้ (วรพงษ์, 2535) โดยถ้าหักส่วนนี้ออกจากวัตถุแห้งส่วนที่เหลือจะเป็นคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ภายในเซลล์ซึ่งส่วนใหญ่ คือ แป้งและน้ำตาลพบได้ทั้งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบ (Forage fiber sources; FFS) เช่น ฟางข้าวและเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ (Non forage fiber sources; NFFS) เช่น กากแป้งมันสำปะหลังและเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง เป็นต้น

แหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบ

พืชอาหารสัตว์ในภูมิอากาศร้อนชื้นสังเคราะห์แสงผ่านกระบวนการ C_4 Pathway (ภาพที่ 2) มีการเจริญเติบโตเร็ว ซึ่งทำให้มีโครงสร้างที่เป็นเยื่อใยในรูปผนังเซลล์และเยื่อใยในรูปลิกโน-เซลลูโลสค่อนข้างสูง ทำให้มีแป้ง โปรตีน แร่ธาตุและมีค่าการย่อยได้ต่ำ (Leng *et al.,* 1994) และใช้เวลาอยู่ในกระเพาะหมักยาวนาน เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากวัตถุดิบอาหารข้นส่วนใหญ่มีความหนาแน่นมากกว่า มีค่าการย่อยได้สูงกว่าและมีความยาวของเยื่อใยสั้นกว่าเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ (Bhatti and Firkin, 1995) ทำให้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากวัตถุดิบอาหารข้นใช้เวลาอยู่ในกระเพาะหมักน้อยกว่า (Firkin, 1997) เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ เมื่อทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากวัตถุดิบอาหารข้นน่าจะทำให้แม่โครีดนมสามารถกินอาหารได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอาหารจะใช้เวลาอยู่ในกระเพาะหมักสั้นลง (Grant, 1997) ส่วนอาหารหยาบคุณภาพต่ำจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะใช้เวลาย่อยนานขึ้น ซึ่งนอกจากจะก่อให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นจากกระบวนการย่อยอาหารแล้วยังทำให้อาหารอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้นส่งผลให้โคกินอาหารได้ลดลง (Kanjanapruthipong and Thaboot, 2006) ดังนั้นคุณภาพของอาหารหยาบก็เป็นอีกหนึ่งปัจจัยหลักที่เป็นอุปสรรคต่อการเลี้ยงแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น (Kanjanapruthipong and Thaboot, 2006)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อาหารหยาบจะมีเยื่อใยปริมาณสูงและองค์ประกอบมีผนังเซลล์ (Cell wall) เช่น เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน โดยในสัตว์กระเพาะเดียวไม่สามารถย่อยสลายด้วยกรดหรือเอนไซม์ แต่ในสัตว์เคี้ยวเอื้องจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักสามารถย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสแต่ไม่สามารถย่อยลิกนินได้ ซึ่งระดับการย่อยได้จะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดและอายุของพืช ในส่วนของลิกนินจะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอาหารหยาบมากที่สุด คือ มีปริมาณเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ต่ำโดยพิจารณาจาก (Acid detergent lignin; ADL) ส่วนค่าเซลลูโลสและลิกนินพิจารณาจากค่าเยื่อใยในรูปลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber; ADF) และค่ารวมทั้ง เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินจะพิจารณาค่าเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ (ธันวา, 2547)

วัฏจักรของพืช C_4

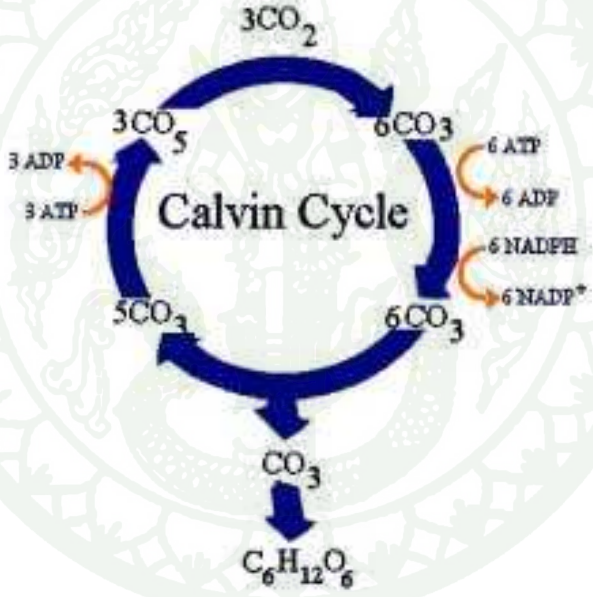
ปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในวัฏจักรคัลวินของพืชได้สารประกอบคงตัวชนิดแรก ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีคาร์บอน 3 อะตอม เรียกพืชชนิดนี้ว่าพืช C_3 แต่มีพืชบางชนิดในเขตร้อนมีวิวัฒนาการที่สามารถตรึงคาร์บอนไดออกไซด์นอกเหนือจากวัฏจักรคัลวินและได้สารประกอบคงตัวชนิดแรกซึ่งมีคาร์บอน 4 อะตอม และไม่ใช่กรดฟอสโฟกลีเซอริก (Phosphoglyceric acid; PGA) จึงเรียกพืชที่มีกระบวนการเช่นนี้ว่าพืช C_4 และใบพืชที่พบคลอโรพลาสต์มากในเซลล์มีโซฟิลล์จัดเป็นพืช C_3 (ภาพที่ 1) ส่วนใบพืช C_4 นอกจากจะพบคลอโรพลาสต์ในเซลล์มีโซฟิลล์แล้วในเซลล์บันเดิลชีทก็ยังพบคลอโรพลาสต์อยู่ด้วย พืชลักษณะนี้จัดเป็นพืช C_4 พืช C_3 มีปริมาณ 85 เปอร์เซ็นต์ของพืชทุกชนิด ส่วนใหญ่เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตอบอุ่น ส่วนพืช C_4 เป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในเขตร้อนหรือกึ่งร้อนซึ่งมีประมาณ 1500 สปีชีส์ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย หญ้าแพรก หญ้าแห้วหมู ผักโขมจีนและบานไม่รู้โรย เป็นต้น นอกจากนี้ในพืช C_4 เซลล์มีโซฟิลล์และเซลล์บันเดิลชีทที่อยู่ติดกันจะมีพลาสโมเดสมาตา (Plasmodesmata) เชื่อมระหว่างเซลล์ทั้งสองและทำหน้าที่เป็นทางผ่านและลำเลียงสารจากกระบวนการเมตาบอลิซึมระหว่างเซลล์มีโซฟิลล์และเซลล์บันเดิลชีท

การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เริ่มต้นโดยกรดฟอสโฟอีนอลไพรูวิก (Phosphoenolpyruvic-acid; PEP) ซึ่งเป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอม ตรึงคาร์บอนไดออกไซด์เป็นสารที่มีคาร์บอน 4 อะตอม เรียกว่า กรดออกซาโลแอซิติก (Oxaloacetic acid; OAA) ซึ่งเป็นสารประกอบคงตัวชนิดแรกที่ได้จากปฏิกิริยาตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ จึงเรียกพืชที่มีกระบวนการเช่นนี้ว่าพืช C_4 หลังจากนั้นกรดออกซาโลแอซิติกมีการเปลี่ยนแปลงหลายขั้นตอนและลำเลียงผ่านพลาสโมเดสมาตามายังเซลล์บันเดิลชีท สารคาร์บอน 4 อะตอม ที่ลำเลียงมานี้จะปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ให้กับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ไรบูโลส 1,5 บิสฟอสเฟต (Ribulose 1,5 bisphosphate; RuBP) ในวัฏจักรคัลวินกลายเป็นสารที่มีคาร์บอน 3 อะตอมซึ่งจะลำเลียงกลับมาที่สโตรมา (Stroma) ซึ่งเป็นของเหลวใสของเซลล์มีโซฟิลล์และเปลี่ยนแปลงเป็นสาร PEP เพื่อจะตรึงคาร์บอนไดออกไซด์อีกครั้งหนึ่ง (ภาพที่ 2)

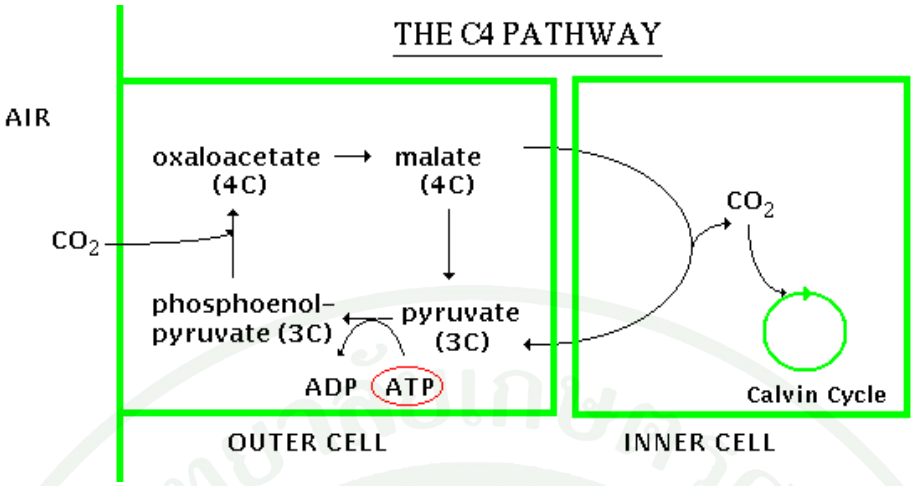
วัฏจักรคาร์บอนของพืช C_4 ช่วยให้พืชสามารถนำคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและในเซลล์มีโซฟิลล์ที่มีความเข้มข้นต่ำเข้าสู่บันเดิลชีท ทำให้ความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในเซลล์บันเดิลชีทสูงมากขึ้นเมื่อเทียบกับความเข้มข้นของออกซิเจน ทำให้ปฏิกิริยาการตรึงออกซิเจนโดย RuBP เกิดได้น้อย พืช C_4 จึงมีการสูญเสียคาร์บอนอะตอมจากโฟโตเรสไพเรชันน้อยมากจนวัดไม่ได้ในสภาพปกติ (Tommy and Gallant, 1999)



ภาพที่ 1 วัฏจักรของพืช C_3

ที่มา: John และ Kirk (1983)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 วัฏจักรของพืช C_4

ที่มา: Tommy และ Gallant (1999)

การย่อยและการหมักอาหารหยาบของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การกัดกินและการบดเคี้ยวอาหารซึ่งเป็นจุดเริ่มแรกของการย่อยอาหารจะเกิดบริเวณปากจะมีกระบวนการทางกายภาพเกิดขึ้น 3 ประการ คือ การจับดึงอาหารเข้าปาก (Prehension) การเคี้ยว (Mastication) และการกลืนอาหาร (Deglutition หรือ Swallowing) (Church, 1979)

พืชอาหารหยาบที่โคกินจะถูกส่งต่อไปยังหลอดอาหาร โดยมีลักษณะการเคลื่อนตัวเป็นคลื่นเรียกว่า Peristalsis และผ่านไปยังกระเพาะส่วนเรติคิวลัม (Reticulum) จากนั้นจะมีการหดตัวเพื่อส่งอาหารผ่านเข้าสู่กระเพาะส่วนรูเมน (Rumen) ซึ่งเป็นกระเพาะที่มีขนาดใหญ่กว่ากระเพาะอื่นๆ เมื่อโคกินอาหารจนเต็มที่แล้วก็จะสำรอกอาหาร (Regurgitation) หรือการขยอกกลับของก้อนอาหาร (Bolus) และของเหลวที่อยู่ในเรติคูโล-รูเมน (Reticulo-rumen) มายังหลอดอาหารและช่องปากตามลำดับ การขยอกกลับของอาหารเพื่อนำมาเคี้ยวเอื้องเกิดขึ้นโดยเรติคิวลัมเกิดการหดบีบตัวเพิ่มมากขึ้นทำให้บริเวณ Cardia มีความดันของของเหลวสูงขึ้น ร่วมกับการสูดลมหายใจเข้าสู่ปอดมากกว่าปกติ เกิดการหดตัวของกระบังลมเกิด Negative pressure ทำให้ความดันในหลอดลมลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนปลายของหลอดอาหารพองตัวออกทำให้ก้อนอาหารและของเหลวในส่วนเรติคิวลัมถูกดันขึ้นมาโดยมีลักษณะคลื่นที่เรียกว่า Antiperistatic เกิดการเคลื่อนบีบตัวให้อาหารกลับคืนสู่ปากเพื่อออกมาเคี้ยวใหม่อีกครั้งทำให้อาหารละเอียดยิ่งขึ้น เรียกว่า การเคี้ยวเอื้อง (Remastication) เพื่อช่วยย่อยหรือบดอาหารให้มีขนาดเล็กและสามารถผ่านไปยังอะโบมาซั่ม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

(Abomasum) เพื่อการย่อยต่อไป การเคี้ยวเอื้องยังเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับจุลินทรีย์ในการย่อยเซลล์พืชได้ดีขึ้นแต่เป็นการย่อยเชิงกลเท่านั้นและเมื่อ Ingesta ขยอกกลับถึงปากแล้ว ส่วนของของเหลวจะถูกบีบรัดและกลืนกลับลงสู่ เรติคูโล-รูเมน (Swallowing) ขณะที่สัตว์ทำการเคี้ยวอาหารอีกครั้ง น้ำลายจะถูกขับออกมาเพิ่มและผสมคลุกเคล้ากับอาหารอีก (Re-insalivation) โดยอาหารจะถูกย่อยและหมักอยู่ในกระเพาะรูเมนเป็นเวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับวัตถุดิบอาหารและต้องอาศัยการย่อยของแบคทีเรีย เชื้อราและโปรโตซัว ซึ่งจะช่วยย่อยสลายและหมักอาหารให้เป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acids; VFAs) และจนกระทั่งชิ้นส่วนอาหารมีขนาดเล็กและสามารถที่จะผ่านไปยัง Abomasum เพื่อการย่อยต่อไปได้ การเคี้ยวเอื้องจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของอาหาร ถ้าโคกินเมล็ดธัญพืช อาหารที่ถูกบด หรืออาหารอัดเม็ด จะใช้เวลาในการบดอาหาร 4,700 ครั้งต่อวัน หรืออาจใช้เวลาในการเคี้ยวเอื้องเพียงวันละ 30 นาที แต่ถ้าโคกินหญ้าแห้งจะใช้เวลาในการบดอาหารสูงถึง 10,530 ครั้งต่อวัน หรือใช้เวลาในการเคี้ยวเอื้องวันละ 8-10 ชั่วโมง ระหว่างการเคี้ยวจะกระตุ้นให้มีการหลั่งน้ำลายออกมาจากต่อมน้ำลายทั้งหมด 6 ต่อม ในน้ำลายจะประกอบไปด้วย โซเดียม โปแตสเซียม ฟอสเฟตและไบคาร์บอเนต การขับน้ำลายจะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่กิน เมื่อสัตว์เคี้ยวอาหารแล้วจะทำการกลืนอาหารลงสู่เรติคูโล-รูเมนใหม่อีกครั้งที่เรียกว่า Reswallowing (ธันวา, 2547)

ดังนั้นกระบวนการการเคี้ยวเอื้อง คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบย่อยอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยการเคี้ยวเอื้องทำให้อาหาร โดยเฉพาะอาหารหยาบได้กลับมาถูกบดเคี้ยวเพื่อให้มีขนาดเล็กยิ่งขึ้นและสามารถคลุกเคล้ากลับของเหลวในรูเมนได้ดีขึ้น ทำให้การย่อยและหมักเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้มีการขับน้ำลายเพิ่มขึ้นและน้ำลายที่ถูกขับออกมาจะช่วยรักษาสภาวะความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในเรติคูโล-รูเมนให้เหมาะสมโดยเฉพาะในสัตว์ที่ได้รับอาหารข้นในปริมาณสูงและยังช่วยทำให้การไหลผ่านของ Ingesta เร็วขึ้น ทำให้สัตว์กินอาหารได้เพิ่มขึ้น รักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในเรติคูโล-รูเมนทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตและขยายตัวได้เร็วขึ้น 50-60 เปอร์เซ็นต์ของพลังงานที่โคใช้ประโยชน์มาจากคาร์โบไฮเดรต (CHO) ในอาหาร อาหารที่โคกินเข้าไป เช่น หญ้าและถั่วจะมีคาร์โบไฮเดรตที่อยู่ในรูปของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และฟลุ้คโตซาน คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่จะถูกย่อยเป็น Simple sugars (Hexoses) โดยเอนไซม์ที่ผลิตโดยจุลินทรีย์ (Microbial enzymes) โดยเฉพาะ Cellulose simple sugars ที่ได้จะถูกจุลินทรีย์ใช้ประโยชน์โดยผ่านกระบวนการเมตาบอลิซึมภายในเซลล์จุลินทรีย์เองได้ผลิตผลของไพรูเวท (Pyruvate) แลคเตท (Lactate) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และกรดไขมันระเหยได้ ได้แก่ กรดอะซิติก (Acetic) กรดโปรปิโอนิค (Propionic) และกรดบิวไทริค (Butyric) มีเทนและพลังงานในรูป Adenosine triphosphate (ATP) กระบวนการย่อยและเมตาบอลิซึมพอสรุปได้ ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$\text{Hexose} \longrightarrow 2\ \text{Pyruvate} + 4\ \text{H} + 2\ \text{ATP}$$

$$\text{Pyruvate} + H_2O \longrightarrow \text{Acetate} + CO_2 + 2\ \text{H} + \text{ATP}$$

$$\text{Pyruvate} + 4\ \text{H} \longrightarrow \text{Propionate} + H_2O + \text{ATP}$$

$$2\ \text{Pyruvate} \longrightarrow \text{Butyrate} + 2\ CO_2 + 2\ \text{ATP}$$

กรดไขมันระเหยได้ที่ผลิตขึ้นจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน เรติคิวลัมและโอมาซัม เข้าสู่กระแสเลือด กรดบิวไทริค ส่วนใหญ่จะถูกเปลี่ยนเป็นเบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทเรท (ß-hydroxybutyrate) ที่ผนังกระเพาะรูเมนและตับทำหน้าที่เปลี่ยนกรดโปรปิโอนิคเป็นน้ำตาลกลูโคส กรดไขมันระเหยได้ที่เข้าสู่กระแสเลือดส่วนใหญ่จึงเป็นกรดอะซิติก (ธันวา, 2547)

สัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบเป็นอาหาร การกินได้ (Voluntary feed intake; VFI) จะถูกจำกัดโดยความจุของกระเพาะ ทั้งนี้สังเกตได้จากสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยสูงจะหยุดกินอาหารก่อนที่จะได้รับพลังงานเพียงพอตามความต้องการ ปัจจัยทางกายภาพนี้จะเกี่ยวข้องกับความสามารถในการขยายตัวของเรติคูโล-รูเมนและการไหลผ่านของ Digesta ออกจากเรติคูโล-รูเมนสัตว์เคี้ยวเอื้องที่ได้รับอาหารหยาบเป็นอาหารหลักจะกินอาหารได้จำนวนหนึ่งซึ่งค่อนข้างคงที่ตามความจุของกระเพาะ กล่าวคือ เมื่อสัตว์กินอาหารหยาบเข้าไประดับหนึ่งจนกระเพาะไม่สามารถที่จะขยายตัวรับอาหารเข้าไปได้อีกสัตว์จะหยุดกินอาหาร ซึ่งการขยายตัวของกระเพาะจะถูกกำหนดโดยความจุของช่องท้อง การจำกัดทางด้านกายภาพของช่องว่างภายในทางเดินอาหาร สามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากปริมาตรความจุมากกว่าน้ำหนักของ Digesta ปัจจัยควบคุมทางกายภาพจะเกี่ยวข้องถึงความสัมพันธ์ระหว่างความจุของระบบทางเดินอาหาร ส่วนประกอบที่เป็นเยื่อใยในอาหาร อัตราการย่อยสลายของอาหารและการไหลผ่านของอาหาร ฉะนั้นส่วนประกอบของอาหารที่ไม่ถูกย่อยจะเป็นปัจจัยทางกายภาพที่สำคัญทำให้จำกัดการกินได้ นอกจากคุณสมบัติทางกายภาพของอาหารจะเป็นตัวกำหนดปริมาณการกินได้ของอาหารแต่ละมื้อแล้วยังเป็นตัวกำหนดรูปแบบการกินอาหารของสัตว์อีกด้วย กล่าวคือถ้าสัตว์ได้รับอาหารข้นหรือเมล็ดธัญพืชเป็นอาหารสัตว์จะกินอาหารในมื้อนั้นๆ ในปริมาณมาก แต่กินไม่บ่อย แต่ถ้าให้กินอาหารหยาบจำนวนมาก สัตว์จะกินอาหารหยาบครั้งละน้อยๆ แต่บ่อยครั้งต่อวัน (Church, 1979)

ส่วนประกอบทางเคมีของอาหารประกอบด้วยส่วนที่ย่อยได้ง่าย เช่น คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (Soluble carbohydrate) ในปริมาณมาก Digesta ก็จะไหลผ่านได้เร็ว ตรงกันข้ามถ้าอาหารประกอบด้วย คาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง (Structural carbohydrate) ที่ย่อยได้ยากหรือประกอบด้วยเยื่อใยที่ย่อยได้ยากในปริมาณมาก อาหารจะถูกย่อยได้ช้า Digesta ก็จะไหลผ่าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เรติคูโล-รูเมนได้ช้าด้วย อัตราการย่อยสลายทางกายภาพและทางเคมีก็เป็นเช่นเดียวกัน คือ ถ้าย่อยได้ช้า Digesta ก็จะไหลผ่านได้ช้า ถ้าย่อยสลายได้เร็วก็ไหลผ่านเร็วการที่อาหารถูกเก็บกักอยู่ในเรติคูโล-รูเมน เรียกว่า Retention of feed ซึ่งจะทำให้โอกาสในการหมักของอาหาร โดยจุลินทรีย์มีมากขึ้นโดยทั่วไป 60 เปอร์เซ็นต์ของอินทรียวัตถุ (Organic matter) จะถูกย่อยภายในเรติคูโล-รูเมน ระยะเวลาที่อาหารถูกเก็บกัก (Retention time) ขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่กิน (ถ้าสัตว์กินอาหารได้มาก Retention time จะลดลง) ลักษณะทางกายภาพของอาหารหยาบ (ถ้าอาหารหยาบเป็นเส้นยาว Retention time จะเพิ่มขึ้น) สัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น (ถ้าสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นมาก Retention time เพิ่มขึ้น) ส่วนประกอบของเยื่อใยและลักษณะทางกายภาพของเยื่อใย (ถ้าอาหารมีเยื่อใยมาก และเป็นเยื่อใยที่ย่อยได้ยาก Retention time จะเพิ่มขึ้น) อาหารที่ไม่ถูกย่อย (Undigested feed) จะไหลผ่าน Reticulo-omasal orifice ได้เมื่อถูกย่อยจนมีขนาดเล็กกว่า 2.0 มิลลิเมตร แต่อัตราการไหลผ่านจะขึ้นอยู่กับปริมาณอาหารที่ไหลผ่านกับการบีบตัวของกระเพาะแต่ละครั้งมากกว่าขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคของอาหาร (Feed particle size)

เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ

เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ เป็นวัตถุดิบอาหารที่ใช้ปรับระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์สำหรับอาหารข้นหรืออาหารผสมเสร็จ (Total mixed rations; TMR) เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบไม่เหมาะที่จะใช้ทดแทนวัตถุดิบอาหารข้นแหล่งแป้งในสูตรอาหารที่ใช้เลี้ยงแม่โครีดนมในระยะหลังคลอดหรือที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงในภูมิอากาศร้อนชื้นเพราะทำให้สัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่รวมเยื่อใยลดลง ส่งผลให้แม่โครีดนมให้ผลผลิตน้ำนมลดลง (Kanjanapruthipong and Buatong, 2004) ดังนั้นเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบสามารถใช้ทดแทนอาหารหยาบได้บางส่วนในกรณีที่แหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบมีราคาถูกหรือวัตถุดิบอาหารหยาบมีราคาแพงและ/หรือขาดแคลน โดยให้ลดสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบลงเหลือ 55 เปอร์เซ็นต์ และให้เพิ่มสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบในปริมาณเท่ากับสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ลดจากอาหารหยาบ ตัวอย่างเช่น แม่โครีดนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมเมื่อปรับไขมันนมที่ 4 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 30 กิโลกรัมต่อวัน ซึ่งต้องการอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27 เปอร์เซ็นต์ โดยมีสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ 58 เปอร์เซ็นต์ หากใช้วัตถุดิบแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบแทนสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ ซึ่งสามารถใช้ทดแทนได้เท่ากับ 58-55 = 3 หากอาหารหยาบในที่นี้คือหญ้าขนซึ่งมีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ 66.05 เปอร์เซ็นต์โดยคำนวณตามสมการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก = ข x ค / ง เมื่อ ก หมายถึง สัดส่วนของอาหารหยาบในรูปวัตถุแห้ง ข หมายถึง ระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวมในอาหาร; ร้อยละ ค หมายถึง สัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ ง หมายถึง ระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบ; เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นสัดส่วนอาหารหยาบ คือ 27 x 58 / 66.05 = 24 เมื่อลดสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบลงเหลือ 55 เปอร์เซ็นต์ ทำให้สัดส่วนของอาหารหยาบลดลงเหลือเท่ากับ 27 x 55 / 66.05 = 22 ซึ่งหมายความว่าสามารถใช้วัตถุดิบเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบทดแทนอาหารหยาบได้ไม่น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ (24 – 22 = 2) ของอาหารทั้งหมด (จีระชัย, 2549)

อาหารที่มีส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบจะประกอบด้วยอนุภาคของ Forage neutral detergent fiber (FNDF) ซึ่งจะเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้องได้เป็นอย่างดี การใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบทดแทนการใช้พืชอาหารหยาบกับแม่โครีดนมช่วงรีดนมจะให้ผลดีอย่างยิ่ง โดยจะทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบในระดับที่ไม่ทำให้แม่โครีดนมเกิดภาวะกรดเกินในกระเพาะหมัก (Ruminal acidosis) (Kanjanapruthipong and Buatong, 2004) เนื่องจากเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ จะมีค่าความถ่วงจำเพาะที่สูง (High specific gravity) และมีอัตราการไหลผ่านในกระเพาะหมักที่สูงขึ้นอาจจะส่งผลกับค่าการเคี้ยวเอื้องที่ลดลงและอาจนำไปสู่การลดลงของสมดุลกรด-ด่างในกระเพาะรูมนได้ (Grant, 1996)

เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบกับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบจะมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากในเรื่องขนาดอนุภาค (Mertens, 1997) ความถ่วงจำเพาะ (Bhatti and Firkins, 1995) อัตราและระดับของการย่อย (Firkins, 1997) Grant (1996) ศึกษาถึงแหล่งที่มา ปริมาณและลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชอาหารหยาบที่มีต่อเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ อิทธิพลของกระเพาะหมัก กระบวนการย่อยเยื่อใย การไหลผ่านและสมรรถภาพของอาหารที่ประกอบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบในการทดแทนพืชอาหารหยาบ พบว่าเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบสามารถลดลงได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 60 เปอร์เซ็นต์เนื่องจากการมีขนาดอนุภาคที่เล็กและมีความถ่วงจำเพาะที่สูง จะเพิ่มอัตราการไหลผ่านกระเพาะหมักทำให้ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบต่ำลงถ้ามีปริมาณที่มากขึ้นในอาหาร จากการศึกษาพบว่าถ้ามีปริมาณของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่สูงขึ้นจาก 50 เป็น 95 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารอัดเม็ดของแม่โครีดนมจะเพิ่มอัตราการไหลผ่านอีก 8 เปอร์เซ็นต์ มีผลการทดลอง 5 การทดลอง พบว่าจะปรับปรุงการย่อยได้ของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองโดยการเสริมพืชอาหารหยาบ ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยต้องมีการปรับปรุงเพราะว่าฟางข้าวสามารถเพิ่มเวลาการอยู่ในกระเพาะหมักของแหล่งอาหารเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบได้และยังทำให้เกิดการย่อยที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด้วย การเสริมหญ้าอัลฟ่าฟ่าที่สับอย่างหยาบในพืชอาหารหมักที่ประกอบด้วย 25 เปอร์เซ็นต์ของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองจะเพิ่มความข้นหนืดที่กระเพาะหมักได้เป็น 49 เปอร์เซ็นต์ และยังทำให้การไหลผ่านของเปลือกเมล็ดถั่วที่กระเพาะหมักช้าลง 16 เปอร์เซ็นต์ ด้วย แต่การเสริมหญ้าอัลฟ่าฟ่ากับการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองจะปรับปรุงค่าการย่อยได้ของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองแต่จะส่งผลต่ออัตราการไหลผ่านเช่นกัน (Trater *et al.,* 2001) ดังนั้นการใช้วัตถุแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบในเปอร์เซ็นต์ที่สูงในสูตรอาหาร ต้องคำนึงถึงปริมาณการใช้ ขนาดของเยื่อใยที่พอเหมาะที่ทำให้สามารถกระตุ้นการเกิดการเคี้ยวเอื้องได้ ปริมาณและขนาดอนุภาคของเยื่อใยในอาหารจะเป็นตัวบ่งบอกถึงอัตราการย่อยได้และอัตราการไหลผ่านในกระเพาะหมักของอาหาร แหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบได้

กากแป้งมันสำปะหลัง

กากแป้งมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่เป็นผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตแป้งมันสำปะหลัง โดยปกติกากแป้งมันสำปะหลังที่ออกจากโรงงานจะมีลักษณะเปียก โดยมีความชื้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ และมีการใช้กากมันสำปะหลังเปียกนี้เป็นอาหารสัตว์ เช่น อาหารโค กระบือและปลา แต่กากแป้งมันสำปะหลังอาจถูกใช้เป็นวัสดุเจือปนผสมกับมันเส้นบดหรือมันอัดเม็ด ทำให้มันเส้นบดและมันอัดเม็ดมีคุณภาพต่ำลง อย่างไรก็ตามกากมันสำปะหลังก็ยังคงมีคุณค่าทางอาหารเหลืออยู่โดยเฉพาะในส่วนที่เป็นคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่าย (Nitrogen free extract; NFE) ประมาณ 65-70 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำมาใช้ในเชิงอาหารสัตว์ได้โดยตรง แม้ว่ากากมันสำปะหลังมีระดับเยื่อใยสูง แต่ยังคงมีปริมาณแป้งหลงเหลืออยู่ค่อนข้างมาก กากแป้งมันสำปะหลังจึงเหมาะกับสูตรอาหารสัตว์ที่ต้องการเยื่อใยสูง เช่น อาหารโค-กระบือ อาหารสุกรแม่อุ้มท้องและสุกรขุน (สมิตและสุกัญญา, 2009)

การใช้ประโยชน์ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ มีการศึกษาน้อยมากในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น พบว่ากากแป้งมันสำปะหลังถูกใช้เป็นแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบได้ ซึ่งประกอบไปด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ประมาณ 320-420 กรัม ต่อน้ำหนักแห้ง 1 กิโลกรัม กากแป้งมันสำปะหลังอาจใช้เป็นแหล่งพลังงานในแม่โครีดนม (Kanjanapruthipong and Buatong, 2004) ทั้งนี้กากแป้งมันสำปะหลังมีองค์ประกอบทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 คุณค่าทางโภชนะของกากแป้งมันสำปะหลัง

คุณค่าทางโภชนะ	เปอร์เซ็นต์[1]	เปอร์เซ็นต์[2]	เปอร์เซ็นต์[3]	เปอร์เซ็นต์[4]	เปอร์เซ็นต์[5]
วัตถุแห้ง	88.70	86-95	86.80	92.60	83.50
เถ้า	3.60	1- 11	1.80	3.80	3.90
โปรตีน	1.80	1-3.50	1.00	2.60	2.50
แคลเซียม	0.60	0.60	-	-	-
เยื่อใย	10	5-28	5.30	6.60	-
ฟอสฟอรัส	0.40	0.40	-	-	-
ไขมัน	0.50	0.10-0.80	-	0.20	0.10
โภชนะย่อยได้ (TDN)	65-70	65-70	-	70.30	-
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง (NDF)	-	25.70	-	37.60	39.30
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด (ADF)	-	17.80	-	-	19.60

[1] สมิตและสุกัญญา (2009)

[2] ทรงศักดิ์ (2543); อมรเดชและเพ็ญ (2542); Sriroth และคณะ, (2000); พีรพจน์และกฤตพล (2546)

[3] ทวี (2527)

[4] พิพัฒน์ (2550)

[5] Kanjanapruthipong และ Buatong (2004)

การใช้กากแป้งมันสำปะหลังเป็นอาหารแม่โครีดนม

Kanjanapruthipong และ Buatong (2004) ศึกษาผลของการใช้แหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบที่ได้จากกากแป้งมันสำปะหลังทดแทน Non fiber carbohydrates (NFC) ที่ได้จากมันเส้นต่อลักษณะการหมักย่อยที่กระเพาะหมักและผลผลิตน้ำนมในแม่โครีดนมช่วงกลางของการรีดนมในเขตภูมิอากาศร้อนชื้น โดยใช้สูตรอาหารผสมเสร็จที่ประกอบด้วย 17 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบ (Forage neutral detergent fiber; FNDF) จากข้าวโพดหมัก และ 0, 3, 6 และ 9 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากกากมันสำปะหลัง และ 11 เปอร์เซ็นต์ ของแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากแหล่งอื่นๆ จากการทดลองพบว่าผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมโดยเฉพาะโปรตีนลดลงตามสัดส่วนที่ทดแทน ทั้งนี้เนื่องจากแป้งเป็นข้อจำกัดทางด้านอาหารของแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น เมื่อลดปริมาณแป้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในอาหารลงจะทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะหมักลดลง (Stokes and Hoover, 1991) และปริมาณน้ำตาลสำหรับสร้างน้ำตาลนมลดลง จึงทำให้ผลผลิตน้ำนมลดลง Kanjanapruthipong และ Buatong (2004) จึงแนะนำให้ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบทดแทนอาหารหยาบในระดับที่ไม่มีผลเสียต่อการเคี้ยวเอื้องและการเกิดภาวะกรดเกิน

เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง

เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมแปรรูปถั่วเหลือง เช่น น้ำนมถั่วเหลือง จัดเป็นแหล่งอาหารเยื่อใยที่ให้ค่าพลังงานสูง (ตารางที่ 2) ซึ่งสามารถใช้ทดแทนฟางข้าวหรือแหล่งอาหารหยาบอื่นๆ ได้บางส่วนเมื่ออาหารหยาบมีราคาแพง (Weidner and Grant, 1994) เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบและมีค่าการย่อยได้สูง เมื่อให้แม่โครีดนมกินอาหารในปริมาณเท่าๆ กัน ทำให้การใช้เวลาในการกินอาหารและการเคี้ยวเอื้องลดลง แต่แม่โครีดนมสามารถให้ผลผลิตน้ำนมเพิ่มขึ้น 2 กิโลกรัมต่อตัวต่อวัน ทั้งนี้เป็นเพราะว่า ความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหมักเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบมีค่าน้อยกว่าจากการหมักเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ จึงทำให้แม่โครีดนมใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ (Halachmi *et al.*, 2004)

ตารางที่ 2 คุณค่าทางโภชนะของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง

คุณค่าทางโภชนะ	เปอร์เซ็นต์[1]	เปอร์เซ็นต์[2]
วัตถุแห้ง	91	88.71
โปรตีน	10-12	11.42
แคลเซียม	0.49	-
เยื่อใย	39.60	24.75
ฟอสฟอรัส	0.18	-
ไขมัน	2.20	3.57
โภชนะย่อยได้ (TDN)	78	-
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง	67	-
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด	50	-

[1] Trater และคณะ, (2001)

[2] เทอดชัย (2532)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Halachmi และคณะ (2004) ศึกษาการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อพฤติกรรมการกินและผลผลิตน้ำนมของแม่โครีดนมภายในสภาวะอากาศร้อน โดยใช้อาหารผสมเสร็จที่มีความแตกต่างของสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบ 2 กลุ่มโดยให้กินอาหารเต็มที่ กลุ่มควบคุมประกอบด้วย 18 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบและกลุ่มทดลองประกอบด้วย 12 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบและ 16.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง ผลการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ต่อมื้อและค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาระหว่างมื้อมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยในกลุ่มทดลองจะมีค่าปริมาณการกินได้ต่อมื้อและค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาระหว่างมื้อที่มากกว่า คือ 1.51 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้ง และใช้เวลาเฉลี่ย 12.10 นาทีต่อมื้อตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 1.22 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้งต่อมื้อและใช้เวลาเฉลี่ย 9.47 นาทีต่อมื้อตามลำดับ อย่างไรก็ตามจำนวนของมื้ออาหารต่อวันที่บันทึกได้ พบว่ากลุ่มควบคุมจะสูงกว่าคือ 21 มื้อต่อวันต่อตัว แต่กลุ่มทดลองเพียง 16.60 มื้อต่อวันต่อตัว สำหรับการกินได้ของน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อวันมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 25 ต่อ 25.70 กิโลกรัม แต่อย่างไรก็ตามปริมาณการกินได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จะสูงกว่าในกลุ่มทดลอง ดังนั้นจึงทำให้ค่าเฉลี่ยน้ำนมของกลุ่มทดลองสูงกว่า (35 และ 33 กิโลกรัมต่อวัน) และองค์ประกอบของน้ำนมในกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม จากการทดลองพบว่าอาหารผสมเสร็จของอาหารกลุ่มทดลองที่มี 12 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบและเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกถั่วเหลืองมีความเหมาะสมมากที่สุดสำหรับแม่โครีดนมที่อยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อน เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารผสมเสร็จในกลุ่มควบคุมที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ 18 เปอร์เซ็นต์

ภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นแม่โครีดนมมีความต้องการพลังงานมากเพื่อให้เพียงพอกับความต้องการของการดำชีพที่สูงขึ้นเช่นกัน พบว่าปริมาณการกินได้ของน้ำหนักแห้งจะลดลง 6 เปอร์เซ็นต์ ถ้ามีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่มากกว่า 30 องศาเซลเซียส (Eastridge *et al.*, 1998) ดังนั้นภายใต้สภาวะอากาศร้อน National Research Council (NRC; 2001) แนะนำให้ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบในอาหารผสมเสร็จในระดับ 18-19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นสัดส่วนที่สูงเกินในแม่โครีดนมที่เลี้ยงในสภาวะอากาศร้อน อาจทำให้เกิดปัญหาต่อความต้องการพลังงานของแม่โครีดนมที่ให้ผลผลิตสูง การเพิ่มขึ้นของระดับพลังงานที่ได้จากการเสริมแป้งจะลดระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในอาหารแต่อาจลดระดับไขมันในน้ำนมลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ดังนั้นการแก้ปัญหาการกินได้ที่ลดลงของแม่โครีดนมที่อยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อนชื้นโดยการเพิ่มพลังงานจากการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ย่อยได้สูง (Miron *et al.*, 2001) และถูกใช้เป็นแหล่งทดแทนแหล่งอาหารหยาบหลายชนิดในแม่โครีดนม Weidner และ Grant (1994) ศึกษาพบว่าประสบความสำเร็จในการลดการใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบจาก 18 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12 เปอร์เซ็นต์ และทดแทนด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารผสมเสร็จ

จากการศึกษา Kanjanapruthipong และ Buatong (2004) ดังกล่าวสรุปได้ว่าการใช้กากแป้งมันสำปะหลังที่มีปริมาณแป้งสูงและเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่มีโปรตีนสูงทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ (Halachmi *et al.*, 2004) น่าจะทำให้กระบวนการผลิตความร้อนและระยะเวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะหมักลดลงส่งผลให้แม่โครีดนมกินอาหารได้มากขึ้นและใช้พลังงานในการผลิตน้ำนมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ณัฐนิตย์ (2550) ศึกษาการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นต่อการให้ผลผลิตของน้ำนม คุณภาพของน้ำนมและน้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลงของแม่โครีดนมลูกผสมพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชียน ซึ่งอยู่ในระยะต้นของรอบการให้นม โดยแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลองคือ กลุ่มแรกได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบด 0 เปอร์เซ็นต์ กลุ่ม 2 ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบด 10 เปอร์เซ็นต์ กลุ่ม 3 ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบด 20 เปอร์เซ็นต์ โดยแม่โครีดนมทั้ง 3 กลุ่มได้รับข้าวโพดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ จากการทดลองพบว่าสามารถใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารแม่โครีดนมเป็นแหล่งพลังงานทดแทนข้าวโพดบดในอาหารข้นสำหรับเลี้ยงแม่โครีดนมได้ในระดับสูงสุด คือ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ส่งผลต่อการกินได้ของวัตถุแห้งของแม่โครีดนม น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง ปริมาณแลคโตสในน้ำนม (Lactose) และเนื้อนมไม่รวมไขมันนม (Solid not fat; SNF) ส่วนปริมาณน้ำนม ไขมันในน้ำนม (Milk fat) โปรตีนในน้ำนม (Milk protein) เนื้อนมรวม (Total solid; TS) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหารสูงขึ้น จากการทดลองปริมาณน้ำนมเมื่อใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดในระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีเท่ากับ 14.77, 15.47 และ 14.16 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ และปริมาณนมที่ปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเป็น 14.82, 16.47 และ 15.67 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณภาพน้ำนม

เป้าหมายสำคัญของการเลี้ยงแม่โครีดนม คือ การผลิตน้ำนมให้ได้ปริมาณมากและมีคุณภาพดี (ตารางที่ 3) ซึ่งครอบคลุมการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ การปนเปื้อนของเซลล์ต่างๆ องค์ประกอบทางเคมีในน้ำนมและการตกค้างของสารพิษในน้ำนมน้ำนมที่มีคุณภาพดีเหมาะสมกับการบริโภค ควรเป็นน้ำนมที่มีปริมาณจุลินทรีย์ เซลล์ต่างๆ และการตกค้างของสารพิษต่างๆ น้อยที่สุดหรือไม่มีเลย รวมทั้งต้องมีคุณค่าทางโภชนาการไม่ต่ำกว่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานน้ำนมดิบ (มกอช. 6003-2548) (มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2548) ปัจจัยที่ทำให้คุณภาพน้ำนมเสีย แบ่งออกเป็น 2 ปัจจัย คือ ปัจจัยโดยอ้อม ได้แก่ สภาพการเลี้ยงดูและคุณภาพอาหาร ปัจจัยโดยตรง ได้แก่ การเกิดโรคเต้านมอักเสบ สุขศาสตร์ของการรีดนมที่ไม่ดีและการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องต่อน้ำนมภายหลังการรีด (Ledford, 1998)

1. องค์ประกอบทางเคมีของน้ำดิบ

น้ำนมแม่โครีดนม คือ ของเหลวที่สะอาดบริสุทธิ์กลั่นได้จากเต้านมแม่โครีดนมที่มีสุขภาพสมบูรณ์ (วรรณาและวิบูรณ์ศักดิ์, 2531) น้ำนมประกอบด้วย น้ำ ไขมันนม โปรตีนนม แลคโตส และแร่ธาตุ โดยมีค่าเฉลี่ยขององค์ประกอบดังกล่าวเท่ากับ 87, 4.0, 3.4, 4.9 และ 0.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ องค์ประกอบน้ำนมส่วนใหญ่ประกอบด้วยน้ำ ส่วนที่เป็นเนื้อนมรวมเฉลี่ยมีเพียง 13 เปอร์เซ็นต์ (Webb *et al.,* 1974) องค์ประกอบหลักๆ ของน้ำนมมีรายละเอียด ดังนี้

1.1 ไขมันนม

ไขมันนมส่วนใหญ่ 97-98 เปอร์เซ็นต์ เป็นไตรกลีเซอรอล (Triacylglycerol) ส่วนประกอบที่เหลือเป็นพวก Phospholipid 0.5-1 เปอร์เซ็นต์ Glycolipid 0.06 เปอร์เซ็นต์ และมีวิตามินที่ละลายในไขมันเพียงเล็กน้อย ไขมันนมถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของ Rough endoplasmic recticulum ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม (Alveolus) โดยสารตั้งต้นที่สำคัญในการสังเคราะห์ไขมันนม คือ กรดอะซิเตท (40 เปอร์เซ็นต์) และเบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทเรท (10 เปอร์เซ็นต์) ที่ได้จากการหมักย่อยอาหารในกระเพาะรูเมนประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอีก 50 เปอร์เซ็นต์ได้จากไตรกลีเซอรอลในเลือด โดยมาจากการย่อยและดูดซึมกรดไขมันในลำไส้เล็กประมาณ 40-45 เปอร์เซ็นต์ และจากการย่อยสลายเนื้อเยื่อไขมันภายในตัวสัตว์ประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ (เทอดชัย, 2532; Larson, 1985; Gravert, 1987)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2 โปรตีนนม

โปรตีนนมประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ เคซีน (Casein) (77.9 เปอร์เซ็นต์) Whey protein (17.2 เปอร์เซ็นต์) และ Non protein nitrogen; NPN (4.9 เปอร์เซ็นต์) โดยเคซีนพบเฉพาะในน้ำนมและเป็นส่วนประกอบของโปรตีนนมที่พบมากที่สุด โปรตีนนมถูกสังเคราะห์ขึ้นในส่วนของ Rough endoplasmic recticulum เช่นเดียวกับไขมันนม (Cerbulus and Farrell, 1975; Whitney *et al.,* 1976)

1.3 แลคโตส

แลคโตสจัดเป็นคาร์โบไฮเดรทชนิดเดียวที่พบเฉพาะในน้ำนม แลคโตสเป็นน้ำตาล Disaccharides ที่ประกอบด้วย D-glucose กับ D-galactose แลคโตสถูกสังเคราะห์ในส่วนของ Golgi apparatus ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม ปริมาณของแลคโตสที่สังเคราะห์จะตอบสนองต่อแรงดันออสโมซีส แลคโตสจึงมีบทบาทสำคัญต่อแรงดันออสโมซีสของเต้านมและกระแสเลือดให้มีความสมดุลกัน แลคโตสจึงเป็นสาร Osmotic pressure active ของเซลล์กลั่นสร้างน้ำนม ปริมาณของแลคโตสในน้ำนมจึงค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงมาก (Gravert, 1987)

1.4 แร่ธาตุ

แร่ธาตุในน้ำนมมีบทบาทสำคัญทั้งในแง่คุณค่าทางอาหารและคุณสมบัติทางกายภาพของน้ำนมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเคซีนในน้ำนม ตามปกติเคซีนจับอยู่กับแคลเซียม ทำให้สามารถอยู่ในสภาพแขวนลอย (Colloidal) ในน้ำนมได้ ในน้ำนมปกติมีแร่ธาตุปริมาณคงที่คือเฉลี่ยประมาณ 0.7 เปอร์เซ็นต์ (Gravert, 1987)

ปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม มีความผันแปรแตกต่างกันอย่างมากในสัตว์แต่ละชนิดหรือแม้แต่ในสัตว์ชนิดเดียวกัน ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลักๆ คือ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับตัวสัตว์ เช่น สายพันธุ์ ระยะการให้นม จำนวนครั้งการให้นม สุขภาพของสัตว์และปัจจัยที่เกิดภายนอกตัวสัตว์ เช่น ฤดูกาล ชนิดของอาหาร ตลอดจนการจัดการฟาร์ม เป็นต้น ความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม มักเกิดจากหลายปัจจัยร่วมกัน (Gravert, 1987 ไขมันนมเป็นองค์ประกอบที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดและมีช่วงของการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างกว้างตั้งแต่ 1-3 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มีช่วงการเปลี่ยนแปลง 0.1-0.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแลคโตสและแร่ธาตุในน้ำนมมีปริมาณค่อนข้างคงที่ (Gravert, 1987)

ตารางที่ 3 มาตรฐานคุณภาพน้ำนมโค

รายการ	**ค่ามาตรฐาน**
ไขมัน	มากกว่า 3.2 เปอร์เซ็นต์
โปรตีน	มากกว่า 2.8 เปอร์เซ็นต์
ของแข็งไม่รวมไขมัน	มากกว่า 8.25 เปอร์เซ็นต์
ของแข็งทั้งหมด	มากกว่า 11.45 เปอร์เซ็นต์
จุดเยือกแข็ง	-0.520 ถึง -0.525 องศาเซลเซียส
จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด	น้อยกว่า 400,000 โคโลนีต่อมิลลิลิตร
ยาปฏิชีวนะ	ต้องไม่พบ
เมทิลินบูล	มากกว่า 4 ชั่วโมง
อะฟลาท๊อกซิน	น้อยกว่า 0.5 ppb

ที่มา: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2551)

2. ปัจจัยด้านอาหารที่มีผลต่อองค์ประกอบน้ำนม

อาหารนับเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม เซลล์กลั่นสร้างน้ำนมต้องการสารอาหารที่เพียงพอต่อการสังเคราะห์นมที่มาจากเลือด ได้แก่ กลูโคส กรดอะซิเตท เบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทเรท กรดอะมิโน กรดไขมันและแร่ธาตุ การจัดการด้านอาหารมีผลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบน้ำนมมากกว่าปัจจัยอื่น การจัดการด้านอาหารมีผลต่อความผันแปรของปริมาณไขมันนมอยู่ในช่วง 3 เปอร์เซ็นต์ และมีผลต่อโปรตีนนม 0.69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปริมาณแลคโตสไม่ค่อยมีผลกระทบจากการจัดการด้านอาหาร ยกเว้นในกรณีการขาดอาหารหรือได้รับอาหารมากเกินไป (Nickerson, 1995) สำหรับปัจจัยจากอาหารที่มีผลต่อความผันแปรของปริมาณและองค์ประกอบนมที่สำคัญ ได้แก่ แหล่งพลังงานและแหล่งโปรตีน ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1 อิทธิพลของอาหารพลังงานต่อปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม

อาหารพลังงานมีบทบาทสำคัญต่อแม่โครีดนมเพราะเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ นอกจากนั้นยังเป็นแหล่งพลังงานสำหรับตัวสัตว์เพื่อการดำรงชีพและการสร้างน้ำนม หากสัตว์ได้รับพลังงานไม่เพียงพอย่อมส่งผลกระทบต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม อาหารพลังงานที่สำคัญสำหรับแม่โครีดนม คือ อาหารประเภทคาร์โบไฮเดรท คาร์โบไฮเดรตในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 คาร์โบไฮเดรทที่เป็นโครงสร้าง เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืช ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส เพคตินและลิกนิน ระดับของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในอาหารแม่โครีดนมมีความสัมพันธ์กับปริมาณการกินได้ การย่อยได้ของอาหาร ผลผลิตนมและองค์ประกอบน้ำนม

Beauchemin และคณะ (1994) ศึกษาระดับของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ 3 ระดับ คือ 32, 36 และ 40 เปอร์เซ็นต์ ในอาหารแม่โครีดนม พบว่าปริมาณการกินได้ ผลผลิตน้ำนม โปรตีนและแลคโตส มีแนวโน้มลดลง แต่ปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ NRC (1988) ได้แนะนำว่าระดับที่เหมาะสมของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในอาหารแม่โครีดนมควรมีระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ไม่ต่ำกว่า 25 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ควรมาจากอาหารหยาบ ส่วนเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด ควรอยู่ระหว่าง 19-21 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อกระบวนการหมัก ปริมาณการกินได้ ผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม

2.1.2 คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้าง (Non structural carbohydrate; NSC) เป็นคาร์โบไฮเดรทที่ย่อยสลายได้ง่าย จึงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญในอาหารแม่โครีดนมโดยเฉพาะเป็นแหล่งพลังงานสำหรับจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน คาร์โบไฮเดรทชนิดที่ไม่เป็นโครงสร้าง ได้แก่ แป้งเพคติน น้ำตาล เมล็ดธัญพืชมีแป้งเป็นองค์ประกอบถึง 80 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่หญ้าในเขตร้อนมีแป้งเพียง 1-5 เปอร์เซ็นต์ และน้ำตาลประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ (Van soest, 1991)

Batajoo และ Shaver (1994) ทดลองใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างในอาหารแม่โครีดนม 4 ระดับ คือ 24, 30, 36 เปอร์เซ็นต์ และ 42 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่าปริมาณการกินได้ เปอร์เซ็นต์โปรตีนนมและกรดไขมันระเหยได้เพิ่มขึ้นตามระดับของคาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างที่เพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณเปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง เมื่อเพิ่มระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้าง ความสามารถการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีนหยาบ เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ และเยื่อใยในรูปลิกโนเซลลูโลส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้าง ระดับ 30 และ 36 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างในระดับ 42 เปอร์เซ็นต์ การย่อยได้ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Stokes และคณะ (1991) ที่ทดลองใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างในอาหารแม่โครีดนม 3 ระดับ คือ 25, 37 และ 54 เปอร์เซ็นต์ พบว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ จำนวนของจุลินทรีย์และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมเพิ่มขึ้น เมื่อใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างในระดับ 37 เปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ จำนวนของจุลินทรีย์และเปอร์เซ็นต์ไขมันนมลดลงเมื่อใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างในระดับ 54 เปอร์เซ็นต์ การให้อาหารแม่โครีดนมจึงต้องพิจารณาระดับคาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างที่เหมาะสมไม่ต่ำเกินไปเพราะทำให้ประสิทธิภาพในการหมักในกระเพาะรูเมนลดลง มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม แต่หากใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างในระดับสูงเกินไป อาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพสัตว์ เช่น เกิดภาวะกรดเกิน และท้องอืด เป็นต้น จึงไม่ควรใช้คาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างเกิน 42 เปอร์เซ็นต์ หรือควรใช้ในระดับ 25-26 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหาร อาหารแม่โครีดนมจึงควรมีระดับของคาร์โบไฮเดรทที่เป็นโครงสร้างและคาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างในสัดส่วนที่เหมาะสม ทั้งนี้เพราะว่าคาร์โบไฮเดรทที่เป็นโครงสร้างมีความสำคัญต่อกระบวนการเคี้ยวเอื้องและนิเวศวิทยาที่เหมาะสมของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ส่วนคาร์โบไฮเดรทที่ไม่เป็นโครงสร้างเป็นแหล่งพลังงานสำหรับการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์และการสังเคราะห์โปรตีนจากจุลินทรีย์

Emery (1978) กล่าวว่า ถึงแม้ว่าการเพิ่มอาหารพลังงานทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันลดลง แต่ทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์โปรตีนนมเพิ่มขึ้นและยังช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำนมด้วย เนื่องจากอาหารพลังงานช่วยเพิ่มปริมาณกลูโคสและเพิ่มพลังงานให้กับเต้านม การเพิ่มระดับพลังงานนอกจากการเพิ่มอาหารประเภทแป้งแล้วการใช้ไขมันเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มพลังงานให้กับสัตว์ แต่การใช้ไขมันในสัตว์กระเพาะรวมมีข้อจำกัดไม่สามารถใช้ในระดับสูงได้ เพราะทำให้การย่อยได้ของอาหารในกระเพาะรูเมนลดลง เนื่องจากไขมันไปเคลือบหรือหุ้มอาหารเอาไว้ จุลินทรีย์เข้าไปย่อยอาหารได้ยาก การย่อยได้ของอาหารจึงลดลง ทำให้ผลผลิตของกรดอะซิเตท และบิวไทเรทลดลง ส่งผลให้ไขมันและโปรตีนนมลดลง (Jenkin and Jenny, 1989) แนวทางการใช้ไขมันในระดับสูง (6-8 เปอร์เซ็นต์) ควรใช้ไขมันในรูปที่ป้องกันการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน ซึ่งช่วยเพิ่มปริมาณไขมันนมและผลผลิตน้ำนมด้วย (Macleod *et al*., 1978)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 อิทธิพลของอาหารโปรตีนต่อปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม

อาหารโปรตีนมีความสัมพันธ์โดยตรงกับโปรตีนนม อาหารโปรตีนแบ่งตามความสามารถในการละลายได้เป็น 2 กลุ่ม คือโปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (Rumen degradable protein; RDP) และโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (Rumen undegradable protein; RUP) แหล่งโปรตีนที่เต้านมนำไปสังเคราะห์โปรตีนนมได้จากแหล่งสำคัญ 2 แหล่ง คือ โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนและโปรตีนจากจุลินทรีย์ แหล่งโปรตีนทั้ง 2 แหล่งมีผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนนม ดังนั้นสัดส่วนของโปรตีนทั้งสองแหล่งต้องมีความสมดุลกัน การให้อาหารโปรตีน RUP ต่ำ มีผลทำให้โปรตีนนมลดลง เนื่องจากการย่อยสลายโปรตีนในกระเพาะรูเมนลดลง ทำให้ปริมาณแอมโมเนียที่จุลินทรีย์นำไปสังเคราะห์เป็นโปรตีนของจุลินทรีย์ลดลง ส่งผลให้ปริมาณโปรตีนที่ย่อยและดูดซึมที่ลำไส้เล็กลดลง รวมทั้งการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลงด้วย (Spain *et al*., 1990) จุลินทรีย์ต้องการเป็บไตด์กรดอะมิโน (Peptides amino acid) และแอมโมเนียจากอาหารเพื่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนของประชากร เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงควรให้ปริมาณไนโตรเจนแก่จุลินทรีย์ในรูป NPN ร่วมกับอาหารพลังงานที่ย่อยสลายได้ง่าย ซึ่งช่วยเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนและเพิ่มโปรตีนจากจุลินทรีย์ที่เข้าสู่ลำไส้เล็ก (Depetter and Cant, 1992) สัดส่วนของ RDP และ RUP ขึ้นอยู่กับผลผลิตของสัตว์ด้วย แม่โครีดนมที่ให้ผลผลิตต่ำ RUP ไม่มีความสำคัญเพราะโปรตีนทีได้จากโปรตีนจากจุลินทรีย์เพียงพอสำหรับการสร้างผลผลิตน้ำนมและโปรตีนนม แต่แม่โครีดนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูงย่อมมีความต้องการโภชนะสูงตามไปด้วย โปรตีนจากจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียวย่อมไม่เพียงพอกับความต้องการ จำเป็นต้องได้รับอาหาร RUP การเพิ่มระดับของ RUP ช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำนม (Higginbothan *et al.,* 1989; Taylor *et al.,* 1991; Wohlt *et al.,* 1991) และโปรตีนนม (Winsryg *et al*., 1991)

อย่างไรก็ตามอาหารพลังงานและอาหารโปรตีนมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งต่อจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน กล่าวคือ หากสัตว์ได้รับอาหารโปรตีนไม่เพียงพอมีผลทำให้การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตลดลง แต่ในขณะเดียวกันหากสัตว์ได้รับอาหารคาร์โบไฮเดรตไม่เพียงพอ ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่จุลินทรีย์นำไปใช้รวมกับไนโตรเจนเพื่อสร้างโปรตีนจากจุลินทรีย์ลดลง ทำให้มีการสูญเสียโปรตีนในรูปแอมโมเนียสูงขึ้น จุลินทรีย์เป็นแหล่งโปรตีนสำคัญของสัตว์กระเพาะรวมและมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์โปรตีนนม การเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ จำเป็นต้องใช้ผลผลิตจากการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมนร่วมกับเป็บไตด์กรดอะมิโนความสามารถของจุลินทรีย์ในการใช้ประโยชน์จากอาหารคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขึ้นอยู่กับอัตราการย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน กับอัตราการไหลผ่านกระเพาะรูเมนของอาหาร (Nocek and Russel, 1988) ความสัมพันธ์ของอาหารพลังงานและโปรตีน จึงเป็นความสัมพันธ์ในแง่การเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์และการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ซึ่งย่อมมีผลโดยตรงต่อปริมาณน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนม

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยทางด้านการให้อาหารกับการให้ผลผลิตน้ำนมและองค์ประกอบน้ำนมของ ฉลอง (2546) พบว่าปริมาณการกินได้ของแม่โครีดนมมีผลในทางบวกกับการให้ผลผลิตน้ำนม แต่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนนมลดลง ถ้าปริมาณการกินได้เพิ่มขึ้น ส่วนการให้อาหารที่มีสัดส่วนของอาหารหยาบหรือเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในอาหารที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีผลในทางลบกับการให้ผลผลิตน้ำนมและเปอร์เซ็นต์น้ำตาลแลคโตส แต่ทำให้เปอร์เซ็นต์ไขมันและโปรตีนนมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนระดับโปรตีนหยาบและพลังงานในอาหารไม่พบว่ามีผลกระทบต่อการให้ผลผลิตหรือองค์ประกอบน้ำนม อาจเนื่องมาจากระดับโปรตีนหยาบและพลังงานที่แม่โครีดนมได้รับอยู่ในระดับที่เท่ากับหรือมากกว่าความต้องการจึงไม่แสดงสหสัมพันธ์ระหว่างกัน

3. เซลล์โซมาติก (Somatic cells) ในน้ำนม

เซลล์โซมาติกเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวและเยื่อบุผนังของท่อส่งนมหรือถุงพักน้ำนม ซึ่งลอกหลุดปนในน้ำนมขณะรีดนม ปริมาณของเซลล์โซมาติก จะเป็นตัวชี้สุขภาพของเต้านม ถ้าสุขภาพของเต้านม รังนมและถุงพักน้ำนมเป็นปกติ ปริมาณเซลล์โซมาติกจะต่ำ แต่เมื่อมีการติดเชื้อ จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคเต้านมอักเสบจะเข้าสู่เต้านมทางหัวนม จุลินทรีย์อาจเข้าไปในเต้านมโดยการแบ่งตัวหรือเคลื่อนตัวเข้าไปหรือถูกดูดเข้าไปขณะรีดนม อัตราการติดเชื้อที่เต้านมประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ จะเป็นอันตรายที่เกิดขึ้นที่ท่อในหัวนม เช่น ในกรณีถูกเหยียบหรือมีบาดแผลที่หัวนม (ศิริรัตน์, 2546)

โรคเต้านมอักเสบมีสาเหตุจากการติดเชื้อแบคทีเรียเป็นส่วนมาก แต่อาจเกิดจากเชื้อราหรือยีสต์ก็ได้ แม่โครีดนมสามารถติดเชื้อแบคทีเรียได้จาก 2 แหล่ง คือ จากแม่โครีดนมที่เป็นโรคเต้านมอักเสบและจากสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวแม่โครีดนมเอง เช่น อุจจาระ พื้นคอก มือผู้รีด เป็นต้น เชื้อแบคทีเรียที่พบในสิ่งแวดล้อมรอบๆ ตัวแม่โครีดนมได้แก่ *Streptococcus* spp., *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Enterobacter* spp., *Pseudomonas aeruginosa, Pseudomonas pseudomallei* ส่วนเชื้อที่พบเฉพาะที่ตัวแม่โครีดนมได้แก่เชื้อ *Staphylococcus aureus, Streptococcus agalactiae*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อเข้าสู่ภายในแล้ว เชื้อจะไปทำลายเนื้อเยื่อของเต้านม เมื่อเซลล์เต้านมอักเสบเม็ดเลือดขาวจากเส้นเลือดก็จะถูกซึมเข้าสู่เต้านมเพื่อทำลายเชื้อ แม่โครีดนมที่เป็นโรคเต้านมอักเสบจึงตรวจพบปริมาณเม็ดเลือดขาวมากกว่าปกติ (ธีระพงศ์ และคณะ, 2529) ซึ่งร่างกายจะสร้างเม็ดเลือดขาวโดยเฉพาะชนิด (Polymorphonuclear cells; PMN) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 98 เปอร์เซ็นต์ของเซลล์ทั้งหมดในน้ำนมเพื่อทำลายเชื้อโรค ขณะเดียวกันเนื้อเยื่อบุเต้านม ท่อน้ำนม ที่ถูกเชื้อโรคทำลายจะอ่อนแอมีการลอกหลุดมากขึ้น น้ำนมโคที่รีดได้จากแม่โครีดนมสุขภาพดี ควรมีปริมาณเซลล์โซมาติกอยู่ในระดับไม่เกิน 200,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร บางครั้งปริมาณเซลล์โซมาติกในน้ำนมจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากอยู่ในระยะพักการให้นม แม่โครีดนมอยู่ในภาวะเครียดหรือมีอายุเพิ่มขึ้นและที่สำคัญ คือ ปริมาณเซลล์โซมาติกในนมจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการตอบสนองของร่างกายต่อการติดเชื้อโดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อโรคเต้านมอักเสบ การศึกษาวิจัยจำนวนมากในต่างประเทศระบุถึงปริมาณเซลล์โซมาติกในน้ำนมเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับการเกิดโรคเต้านมอักเสบในแม่โครีดนม การมีปริมาณเซลล์โซมาติกมากกว่า 500,000 เซลล์ต่อมิลลิลิตร จะบ่งชี้สภาพผิดปกติของเต้านมและความเป็นไปได้ที่จะมีการติดเชื้อของเต้านม (Firat, 1993) จึงนิยมใช้วิธีการตรวจนับเซลล์โซมาติกในน้ำนม เพื่อบอกถึงสภาวะการเกิดโรคเต้านมอักเสบ นอกจากนั้นปริมาณของเซลล์โซมาติกที่เพิ่มขึ้น ยังสามารถเกิดจากการรีดนมที่ไม่ถูกต้อง การใช้เครื่องรีดนมที่มีความดันสูงเกินไป หรือจังหวะรีดนมที่ไม่เหมาะสม ทำให้เกิดการอักเสบบอบช้ำเม็ดเลือดขาวจึงเพิ่มขึ้น

ความสมบูรณ์พันธุ์

การเป็นสัด (Heat หรือ Estrus) คือ ช่วงเวลาที่สัตว์เพศเมียยอมรับการผสมพันธุ์จากตัวผู้ ไข่ในรังไข่ (Ovary) ของเพศเมียเจริญเต็มที่แล้วเกิดการตกไข่ พฤติกรรมการเป็นสัดอยู่ภายใต้อิทธิพลของฮอร์โมนชนิดต่างๆ โดยเฉพาะเอสโตรเจน (Estrogen) นอกจากอาการยอมรับการผสมพันธุ์จากเพศผู้ ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาอื่นๆ เช่น อวัยวะเพศบวมแดง น้ำเมือกไหลออกทางช่องคลอด ร้องเสียงดัง กระวนกระวายและพร้อมที่จะให้โคเพศผู้ผสม เมื่อถึงวัยสาวหรือวัยเจริญพันธุ์อายุแม่โครีดนมที่ถึงวัยเจริญพันธุ์ประมาณ 7-18 เดือน (โดยเฉลี่ยประมาณ 10 เดือน) จะเริ่มเป็นสัด ขึ้นกับการเลี้ยงดู ความสมบูรณ์ของอาหาร การได้รับอาหารไม่เพียงพอ จะทำให้แม่โครีดนมเจริญพันธุ์ช้า ปัจจัยที่มีผลมากต่อวัยเจริญพันธุ์คือน้ำหนักตัว เมื่อเทียบกับน้ำหนักตัวที่โตเต็มที่ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับ ชนิดของแม่โครีดนมแต่ละสายพันธุ์ด้วย การเป็นสัดครั้งแรกยังไม่ควรผสมควรปล่อยไปก่อนจนกระทั่งอายุ 14-15 เดือน จึงทำการผสมพันธุ์ การเป็นสัดแต่ละครั้งจะใช้เวลาประมาณ 18 ชั่วโมง โดยปกติแม่โครีดนมจะมีวงรอบการเป็นสัดเฉลี่ย 20-21 วัน (18-24 วัน) หรือแม่โครีดนมจะกลับสัดและยอมให้โคเพศผู้ผสมอีกครั้งใน 21 วันถัดไป แต่ถ้าผสมติด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แม่โครีดนมก็จะไม่เป็นสัดและไม่ยอมให้โคเพศผู้ผสมพันธุ์อีก แม่โครีดนมจะตั้งท้อง 280-290 วัน โดยปกติแม่โครีดนมจะคลอดลูกเองโดยไม่ต้องช่วยเหลือ (ชาญวิทย์, 2547)

แม่โครีดนมพันธุ์เมืองร้อนแสดงการเป็นสัดสั้นโดยเฉลี่ยแสดงอาการเป็นสัด ประมาณ 11 ชั่วโมง และสัตว์เริ่มแสดงอาการในช่วงเย็นของวัน หลังจากแสดงอาการเป็นสัดแล้วจะเกิดการตกไข่โดยประมาณ 25-26 ชั่วโมง ส่วนแม่โครีดนมพันธุ์เมืองหนาวจะแสดงอาการเป็นสัดที่นานกว่าประมาณ 18 ชั่วโมง และเกิดการตกไข่ประมาณ 28-31 ชั่วโมงหลังการเป็นสัด (สรรเพชญ, 2530) วงรอบการเป็นสัดแบ่งเป็น 4 ระยะ ตามลักษณะพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงอวัยวะสืบพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงฮอร์โมนที่มีความสอดคล้องกัน (ภาพที่ 3) ซึ่งระยะทั้ง 4 (สรรเพชญ, 2530) คือ

1. ระยะก่อนการเป็นสัด (Pro-oestrus) คือ วันที่ 17-20 หลังการเป็นสัดเป็นระยะที่แม่โครีดนมเข้าสู่การเป็นสัดรอบใหม่ ระบบสืบพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงฟอลลิเคิล (Follicle) เจริญอย่างรวดเร็วคอร์ปัสลูเตียม (Corpus luteum; CL) จากการเป็นสัดในรอบที่แล้วฝ่ออย่างรวดเร็ว มดลูกมีการเปลี่ยนแปลงมีเลือดเลี้ยงมาก ต่อมสร้างสารคัดหลั่งเจริญขยายตัวในส่วนคอมดลูกและช่องคลอด โดยช่องคลอดจะบวมแดงมีเมือกใสเหนียวไหลจากช่องคลอดจากอิทธิพลของเอสโตรเจน

2. ระยะเป็นสัด (Oestrus) คือ วันที่ 0 ของการเป็นสัด เป็นระยะที่ฟอลลิเคิลขนาดใหญ่ (Dominant follicle) มีการเจริญเติบโตเต็มที่และเกิดการตกไข่ แม่โครีดนมจะแสดงการเป็นสัดโดยเฉลี่ยประมาณ 4-24 ชั่วโมงและแม่โครีดนมจะแสดงการยอมรับการผสมและยืนนิ่งเมื่อมีตัวอื่นปีน (Standing heat) ระยะการเป็นสัด แม่โครีดนมจะแสดงอาการต่างๆ เช่น กระวนกระวาย ถ้าเป็นแม่โครีดนมระยะให้นมจะมีการสร้างน้ำนมลดลง การยืนนิ่งยอมให้ตัวอื่นปีน พบเมือกหรือสารคัดหลั่งจากมดลูก คอมดลูก และช่องคลอด เยื่อเมือกของปากช่องคลอดจะแดงมีเลือดคลั่ง ในระยะนี้ระดับฮอร์โมนแอลเอช (Luteinzing hormone; LH) จะเพิ่มขึ้นสูงมากก่อนที่จะตกไข่ หลังจากที่แสดงอาการเป็นสัดประมาณ 30 ชั่วโมง การผสมเทียม (AI) ระยะที่เหมาะสมคือ 12-18 ชั่วโมง หลังการยืนนิ่ง

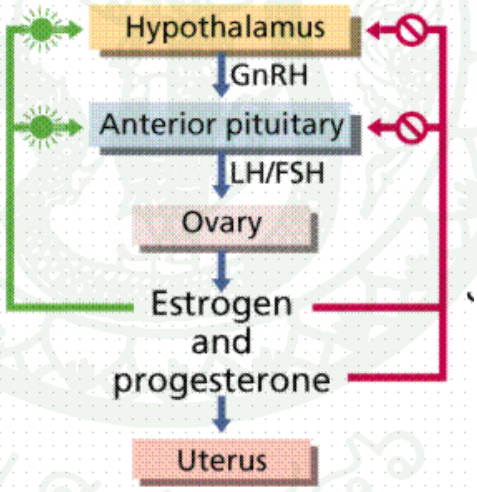
3. ระยะหลังการเป็นสัด (Metoestrus) คือ วันที่ 2-4 ของการเป็นสัด ในระยะนี้แม่โครีดนมจะหยุดแสดงอาการเป็นสัดและรังไข่มีการสร้างคอร์ปัสลูเตียม และเริ่มมีการผลิตโปรเจสเตอโรน (Progesterone) บางครั้งอาจจะพบว่าเลือดออกมาจากช่องคลอด (Metoestrus bleeding) ได้ในระยะนี้ ปกติพบประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ และไม่เกิน 45 เปอร์เซ็นต์ ในแม่โครีดนมซึ่งเป็นลักษณะเมือกปน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลือดพบติดตามหลังหรือบริเวณช่องคลอดด้านนอก การพบเลือดจากช่องคลอดไม่ได้บ่งบอกว่าจะผสมติดหรือผสมไม่ติด

4. ระยะไม่เป็นสัดในวงรอบ (Dioestrus) คือ วันที่ 5-17 หลังจากการเป็นสัด เป็นระยะที่มีคอร์ปัสลูเตียมเจริญเติบโตเต็มที่ มดลูกพร้อมรับการตั้งท้อง มีระดับโปรเจสเตอโรนสูง คอมดลูกปิด มีเมือกเหนียวปิดอยู่ เยื่อเมือกช่องคลอดค่อนข้างซีด ในช่วงท้ายของระยะนี้ถ้าแม่โครีดนมไม่มีการตั้งท้องก็จะมีการสร้างฮอร์โมนพรอสตาแกลนดิน (Prostaglandin) จากมดลูกเพื่อสลายคอร์ปัสลูเตียม หลังจากนั้นก็จะมีการเริ่มกระบวนการเป็นสัดในรอบใหม่

วงรอบการเป็นสัดสามารถแบ่งเป็น 2 ระยะ ตามการพบฟอลลิเคิลและคอร์ปัสลูเตียม (ภาพที่ 3) คือ ระยะที่ฟอลลิเคิลเจริญทำงานมากเรียกว่า ระยะฟอลลิคิวลาเฟส (Follicular phase) เป็นช่วงที่รวมระยะก่อนเป็นสัดและระยะเป็นสัด ส่วนระยะที่มีคอร์ปัสลูเตียมทำงานเรียกว่า ระยะลูเทียลเฟส (Luteal phase) โดยรวมระยะหลังการเป็นสัดและระยะไม่เป็นสัดในวงรอบ



ภาพที่ 3 หน้าที่ของฮอร์โมนเพศเมีย

ที่มา: Purves, 1995

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเป็นสัด

จตุพร (2549) ได้สรุปฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการเป็นสัดดังแสดงในตารางที่ 4

1. ฮอร์โมนระหว่างไฮโปธาลามัส-ต่อมใต้สมองส่วนหน้า (Hypothalamus-anterior pituitary) คือ (Gonadotrophin releasing hormone; GnRH) เป็นฮอร์โมนที่กระตุ้นให้เริ่มต้นกระบวนการเป็นสัด

2. ฮอร์โมนระหว่างต่อมใต้สมองส่วนหน้า-รังไข่ (Anterior pituitary-ovary) คือ ฮอร์โมนที่กระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของกระเปาะไข่ เช่น (Follicle stimulating hormone; FSH) ฮอร์โมน FSH ที่ผลิตมาใช้ประโยชน์เหนี่ยวนำให้เกิดการตกไข่จำนวนมาก (Super ovulation) เพื่อใช้ในการย้ายฝากตัวอ่อนหรือเป็นฮอร์โมนที่เหนี่ยวนำให้เกิดการเป็นสัดปกติ ฮอร์โมนอีกชนิดหนึ่ง คือ ฮอร์โมนแอลเอช เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมองส่วนหน้ากระตุ้นให้รังไข่ที่เจริญเต็มที่แล้วเกิดการตกไข่

3. ฮอร์โมนระหว่างรังไข่-ไฮโปธาลามัส (Ovary-hypothalamus) คือ โปรเจสเตอโรนเป็นฮอร์โมนที่สร้างจากรังไข่ส่วนของคอร์ปัสลูเตียม เพื่อช่วยในการตั้งท้องนอกจากนี้โปรเจสเตอโรนยังทำงานโดยการกดการทำงานของไฮโปธาลามัสเพื่อลดการสร้าง GnRH และยับยั้งการเป็นสัดไว้

4. ฮอร์โมนระหว่างมดลูก-รังไข่ (Uterus-ovary) คือ ฮอร์โมนพรอสตาแกลนดิน (Prostaglandin) เป็นฮอร์โมนที่สร้างจากมดลูกเพื่อให้เกิดการเสื่อมสลายของคอร์ปัสลูเตียม ทำให้เกิดการเป็นสัดตามมา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของต่อมไร้ท่อ อวัยวะ และฮอร์โมนในการควบคุมการทำงานของระบบสืบพันธุ์ในสัตว์เพศเมีย

ต่อมไร้ท่อและอวัยวะ	ฮอร์โมน	หน้าที่
ไฮโปธาลามัส	GnRH	กระตุ้นการหลั่ง FSH และฮอร์โมนแอลเอช
ต่อมใต้สมองส่วนหน้า	FSH	จากต่อมใต้สมองกระตุ้นการเจริญของกระเปาะไข่และไข่สุก
รังไข่	LH	กระตุ้นกระเปาะไข่สุกทำให้เกิดการตกไข่
	Oestrogens	สร้างและรักษาสภาพคอร์ปัสลูเตียม กระตุ้นอาการเป็นสัดกระตุ้นการหลั่ง GnRH
	Progesterone	ก่อนการตกไข่
มดลูก		เตรียมเยื่อบุมดลูกเพื่อการฝังตัวของตัวอ่อน รักษาสภาพการตั้งท้องลดการหลั่ง GnRH
	Prostaglandin	จึงเป็นการยับยั้งการตกไข่ การสลายคอร์ปัสลูเตียม

ที่มา: ดัดแปลงข้อมูลจาก จตุพร (2549)

ปัจจัยที่มีผลต่อการผสมติดในแม่โครีดนม

ปัญหาที่สำคัญที่สุดของการเลี้ยงแม่โครีดนม คือ การผสมติดยาก ปัญหาเกี่ยวกับการผสมไม่ติด เช่น โรคเกี่ยวกับอวัยวะสืบพันธุ์ ความไม่สมดุลของฮอร์โมน ความผิดปกติทางกายวิภาคของอวัยวะสืบพันธุ์ คุณค่าทางอาหารที่เลี้ยงและการจัดการไม่ดี จึงทำให้เกิดความสูญเสียในทางเศรษฐกิจแก่เจ้าของสัตว์และงานผสมเทียมอย่างมาก การติดตามผลการเกิดของลูกสัตว์ที่มีความสมบูรณ์พันธุ์ที่ดีที่สุด คือ การดูจากอัตราการคลอดลูกที่มีชีวิตและที่มีสุขภาพปกติ ปัจจัยที่ทำให้แม่โครีดนมผสมไม่ติดมีหลายอย่างดังนี้ (ชาญวิทย์, 2547)

1. ผสมในช่วงเวลาไม่เหมาะสม แม่โครีดนมโดยทั่วไปจะแสดงอาการเป็นสัดโดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 18 ชั่วโมง (อาการเป็นสัดอยู่ระหว่าง 2-28 ชั่วโมง) แม่โครีดนมควรได้รับการผสมเทียมระหว่างระยะเวลาตอนกลางของอาการเป็นสัดถึงตอนปลายระยะเวลาของการสิ้นสุดการเป็นสัดถึงตอนปลายระยะเวลาของการสิ้นสุดการเป็นสัด ดังนั้นเมื่อแม่โครีดนมเป็นสัดในตอนเย็น ควร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ได้รับการผสมเทียมก่อนเที่ยงวันของวันรุ่งขึ้นและถ้าตรวจดูอาการเป็นสัดในตอนเช้า พบว่าเป็นสัดในตอนเช้า ควรได้รับการผสมเทียมก่อนบ่ายสามโมงของวันเดียวกัน

2. อวัยวะสืบพันธุ์มีการติดเชื้อ มักพบการติดเชื้อและอักเสบบริเวณช่องคลอดของแม่โครีดนม ทั้งนี้อาจเกิดขึ้นจากหลายภาวะ เช่น ภาวะตกขาว (Leucorrhoea) หรือมีของเหลวข้นเหนียวจากมดลูกและผนังมดลูกบวมหนา มดลูกอักเสบ (Metritis), มดลูกอักเสบแบบเป็นหนอง (Pyometra), ปากมดลูกอักเสบ (Cervicitis), ถุงน้ำที่รังไข่ (Cystic ovaries disease), ปีกมดลูกอักเสบ (Salpingitis) และช่องคลอด (Vaginitis)

3. คุณภาพน้ำเชื้อต่ำ ความสมบูรณ์พันธุ์ของน้ำเชื้อมีความแตกต่างกัน ดังนั้นจำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพของการรีดเก็บน้ำเชื้อแต่ละครั้ง ต้องมีการตรวจดูความสามารถและคุณภาพของน้ำเชื้อ โดยการทำ Dysplasia of Fibrous Sheath (DFS) ทุกครั้งที่ได้รับน้ำเชื้อ DFS ก่อนนำมาใช้ต้องตรวจดูคุณภาพของน้ำเชื้ออีกครั้งเพื่อเปรียบเทียบกับใบส่งน้ำเชื้อ คุณภาพของน้ำเชื้อของพ่อพันธุ์โคทุกตัว ถ้าพบว่าคุณภาพของน้ำเชื้อต่ำก็ไม่ควรใช้ การจัดและเตรียมน้ำเชื้อแช่เย็นจัดจะต้องให้ถูกวิธีและกระทำด้วยความรวดเร็ว เพื่อหลีกเลี่ยงไม่ให้ DFS เกิด Temperature shock ถังที่ใช้เป็นภาชนะเก็บหรือสำหรับนำไปผสมเทียมในท้องที่ต้องหมั่นตรวจสอบว่ามีคุณภาพที่ยังใช้ได้ดีหรือไม่ การละลายน้ำเชื้อต้องถูกวิธี

4. การจัดการ อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้อัตราการผลิตต่ำ แม่โครีดนมที่เลี้ยงดูด้วยอาหารหยาบคุณภาพต่ำอย่างเดียวเป็นเวลานาน แม่โครีดนมที่มีร่างกายที่ผอมไม่สมบูรณ์และมักต้องมีการผสมซ้ำ แม่โครีดนมที่อ้วนพอเหมาะและสุขภาพสมบูรณ์จะทำให้การผสมติดเกิดขึ้นได้ (ชาญวิทย์, 2547) ทั้งนี้เมื่ออาหารที่กินเข้าไปจะใช้ตามความจำเป็น โดยให้เพียงพอต่อการดำรงชีพ ทำให้สัตว์มีชีวิตอยู่ ซึ่งเป็นอาหารที่จำเป็นและขาดไม่ได้ ถ้ามีสารอาหารส่วนที่เหลือก็จะเหลือไปถึงการสร้างน้ำนม ใช้สำหรับการเจริญเติบโตและสร้างเซลล์ของระบบสืบพันธุ์ ซึ่งจะมีความจำเป็นน้อยกว่าอาหารที่ใช้ในการดำรงชีวิต การเจริญเติบโต ดังนั้นอาหารเป็นส่วนที่สำคัญอย่างหนึ่งที่เกี่ยวกับการผสมติดของแม่โครีดนม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อน

โคนมมีอุณหภูมิร่างกายปกติอยู่ระหว่าง 38.3 – 39.1 องศาเซลเซียส (Hafez, 1968) เพื่อจะรักษาอุณหภูมิร่างกายให้อยู่ช่วงนี้ การสร้างความร้อนในร่างกายและความร้อนที่ร่างกายได้รับจากสิ่งแวดล้อมต้องสมดุลกับการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ถ้าโคนมระบายความร้อนออกจากร่างกายได้น้อยกว่าที่มีการสร้างและรับจากสิ่งแวดล้อมเข้าสู่ร่างกาย จะทำให้อุณหภูมิภายในร่างกายสูงขึ้น และทำให้โคเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อน ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการระบายความร้อนออกจากร่างกายได้แก่ อุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม ความชื้นสัมพัทธ์ การไหลเวียนของอากาศ และรังสีความร้อนที่กระทบกับตัวสัตว์ เป็นต้น แต่ปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญคือ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศรอบๆ ตัวสัตว์ ดังนั้น โดยทั่วไปจึงใช้ค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น (Temperature-Humidity Index; THI) เป็นค่าที่ทำนายว่าโคเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในระดับใด พฤติกรรมการตอบสนองต่อความเครียดเนื่องจากความร้อนของโคนมนั้นแสดงออกได้หลายวิธีได้แก่ การเดินหาร่มเงา การลดปริมาณการกินอาหารเพื่อลดการสร้างความร้อนภายในร่างกาย โดยเฉพาะลดปริมาณการกินอาหารหยาบเพื่อเป็นการลดการสร้างความร้อนจากขบวนการหมักในกระเพาะรูเมน ดื่มน้ำมากขึ้น เลือดไหลเวียนไปที่บริเวณผิวหนังมากขึ้น ขณะที่ลดการไหลเวียนของเลือดไปที่อวัยวะภายใน และเพิ่มอัตราการหายใจมากขึ้นจนกระทั่งแสดงอาการหอบเพื่อเพิ่มการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ซึ่งการตอบสนองเพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ เหล่านี้ท้ายที่สุดจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การผลิตน้ำนมและความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่โครีดนม (Arieli *et al.,* 2004)

โดยปกติความร้อนที่เกิดขึ้นในร่างกายแม่โครีดนมเกิดได้จาก 2 แหล่ง คือ อุณหภูมิสภาพแวดล้อมและความชื้น และเกิดจากกระบวนการเมตาบอลิซึมและการย่อยที่เกิดขึ้นภายในร่างกายแม่โครีดนมที่อยู่ภายใต้ภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อน จะลดการกินได้ของอาหาร แต่กินน้ำมากขึ้น หายใจเร็วและเพิ่มการผลิตน้ำลาย เหงื่อและปัสสาวะ เพื่อพยายามรักษาสมดุลอุณหภูมิของร่างกาย แม่โครีดนมที่ให้ผลผลิตสูงๆ จะไวต่อภาวะนี้มากกว่า เพราะมีการกินได้สูงกว่า NRC (1981) แนะนำให้มีการกินได้ของวัตถุแห้งที่ลดลงและเพิ่มพลังงานในการดำรงชีพให้สูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงกว่า 25 องศาเซลเซียส แต่ถ้าอุณหภูมิสภาพแวดล้อมสูงกว่า 32.2 องศาเซลเซียส การกินได้ของวัตถุแห้งของแม่โครีดนมจะลดลง 8-12 เปอร์เซ็นต์ และอาจสูญเสียผลผลิตน้ำนมลง 20-30 เปอร์เซ็นต์ การจัดการด้านการลดผลกระทบที่เกิดจากภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนมี 3 แนวทาง คือปรับเปลี่ยนลักษณะทางกายภาพของสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปรับปรุงพันธุ์แม่โครีดนมให้มียีนทนร้อน และปรับเปลี่ยนการให้อาหาร ซึ่ง 3 แนวทางนี้สามารถลดสภาวะการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในแม่โครีดนมได้ (Churng-Faung, 2003)

ความร้อนที่เกิดขึ้นยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดอะซิติกเปรียบเทียบกับกรดโปรปิโอนิค อาหารแม่โครีดนมในสภาวะอากาศร้อนควรมีสัดส่วนของเยื่อใยที่ต่ำ กินอาหารที่มีความเข้มข้นของเยื่อใยที่สูงจะเพิ่มสัดส่วนความต้องการพลังงานในร่างกายตามด้วย เนื่องจากต้องใช้พลังงานในการหมักย่อยเยื่อใย (West, 1999) ดังนั้นในช่วงอากาศร้อนจะมีการเพิ่มการใช้เมล็ดธัญพืชและลดระดับการใช้เยื่อใยลง แต่ควรระวังอาจทำให้เกิดภาวะกรดเกินในกระเพาะหมักได้ (Mishra *et al.,* 1970) การใช้เมล็ดธัญพืชได้สูงที่สุดที่เกิดประโยชน์ คือ ประมาณ 60-65 เปอร์เซ็นต์ ของอาหาร (Coppock, 1985)

1. ภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อการกินได้ของวัตถุแห้ง

ช่วงแรกของรอบการให้นมหรือช่วงระยะ 3 สัปดาห์แรกหลังคลอด แม่โครีดนมจะกินอาหารได้น้อยกว่าในช่วงหลังของรอบการให้นม เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางเมตาโบลิซึมหลายอย่างทั้งในช่วงก่อนและหลังคลอด ซึ่งแม่โครีดนมจะมีการกินได้ของวัตถุแห้งเฉลี่ยลดลงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ เพื่อรักษาความสมดุลความร้อนในร่างกายด้วยการลดปริมาณการกินอาหาร (Johnson, 1987) โดยเฉพาะการลดปริมาณการกินอาหารหยาบ (Kanjanapruthipong *et al.,* 2001) เพื่อลดปริมาณการผลิตความร้อนภายในร่างกาย การลดปริมาณการกินอาหารทำให้แม่โครีดนมได้รับโภชนะลดลง ดังนั้นการลดปริมาณการกินอาหารของแม่โครีดนมจึงเป็นหนึ่งในปัญหาหลักของการเลี้ยงแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น (Leng *et al.,* 1994) โดยทั่วไปหลังจากแม่โครีดนมคลอดลูกจะมีผลผลิตนมสูงสุดในช่วง 4-8 สัปดาห์ แต่การกินได้ของวัตถุแห้งจะสูงสุดในช่วง 10-14 สัปดาห์ (โอสถและยวงยศ, 2543) อ้างโดย NRC (1988) การที่แม่โครีดนมไม่สามารถกินอาหาร (วัตถุแห้ง) ได้สูงสุดหลังจากผลผลิตนมสูงสุดจะทำให้สมดุลของพลังงานในช่วงแรกของการให้นมมีค่าเป็นลบ ซึ่งแม่โครีดนมจำเป็นต้องดึงเอาโภชนะที่สะสมในร่างกาย เช่น ไขมันมาทดแทนพลังงานส่วนที่ไม่พอกับความต้องการ เป็นผลให้น้ำหนักตัวของแม่โครีดนมลดลง นอกจากนี้อุณหภูมิเฉลี่ยของสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปของประเทศไทยจะมีค่าสูงกว่าค่าอุณหภูมิปกติ ซึ่งแม่โครีดนมชอบอยู่ในสภาพอุณหภูมิแวดล้อมที่ต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส หรือเรียกว่า Thermoneutral zone ทำให้แม่โครีดนมให้ผลผลิตสูงจะดำรงชีพอยู่ได้ในสภาพปกติ ซึ่งค่าการกินได้ของวัตถุแห้งของแม่โครีดนมในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงจะมีค่าน้อยกว่าค่าการกินได้ในสภาพอุณหภูมิปกติและจะมีผลกระทบต่อการกินได้ของวัตถุแห้งมากขึ้น Eastridge และคณะ (1998) และ Holter

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และคณะ (1997) รายงานการกินได้ของวัตถุแห้งจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ Eastridge และคณะ (1998) ยังแนะนำปัจจัยที่นำมาใช้ปรับการกินได้ของวัตถุแห้ง เมื่ออุณหภูมิสูงกว่าหรือต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส ดังสมการ DMI (>20ºC) = DMI x (1 – ((ºC – 20) x 0.005992)) และ DMI (<5ºC) = DMI / (1 – ((5 - ºC) x 0.004644)) ในช่วงแรกของรอบการให้นม เมื่อพิจารณาระดับโภชนะของแม่โครีดนมในช่วง 0-3 สัปดาห์หลังคลอดที่แนะนำโดย NRC (1988) ที่ให้ใช้อาหารผสมเสร็จที่มีโปรตีน 19 เปอร์เซ็นต์ พลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ 2,800 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ซึ่งการปรับสูตรอาหารที่มีระดับพลังงานตามคำแนะนำนี้ โดยที่ต้องการให้แม่โครีดนมมีการกินได้ของวัตถุแห้งสูงด้วย จำเป็นต้องเลือกใช้วัตถุดิบอาหารสัตว์บางชนิดมาประกอบเป็นสูตรอาหาร ซึ่งวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่จำเป็นชนิดหนึ่ง คือ ไขมัน เนื่องจากไขมันมีค่าของ Heat increment น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับคาร์โบไฮเดรตโปรตีนและเยื่อใย การใช้ไขมันในอาหารสัตว์จะเพิ่มระดับของพลังงานและกรดไขมันกับแม่โครีดนมให้ได้รับสูงขึ้นรวมทั้งแก้ปัญหาไขมันนมต่ำจากการที่แม่โครีดนมได้รับอาหารที่มีเยื่อใยไม่เพียงพอและได้รับอาหารข้นมากเกินไป แต่การใช้ไขมันระดับสูงในอาหารแม่โครีดนมมีแนวโน้มว่าการกินได้ของอาหารจะลดลงและยังทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนย่อยเยื่อใยได้ลดลง (Devendra and Lewis, 1974) ดังนั้นจึงมีการเพิ่มปริมาณเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ เช่นกากแป้งมันสำปะหลัง เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองลงในอาหาร เนื่องจากการเพิ่มแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจะทำให้ลด Heat increment ลงได้ เพราะเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ เช่น กากแป้งมันสำปะหลังเป็นแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบและมีแป้งสูง เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบและมีค่าการย่อยได้สูง วัตถุดิบทั้ง 2 ชนิดมีขนาดอนุภาคที่เล็กซึ่งทำให้ไม่ถูกอัดแน่นในกระเพาะหมักและมีพื้นที่ยึดเกาะสำหรับจุลินทรีย์ อาจช่วยให้สามารถเข้าย่อยสลายได้เร็วขึ้น ส่งผลทำให้ปริมาณการกินได้เพิ่มสูงขึ้น การเคี้ยวเอื้องลดลง ทำให้ไม่สูญเสียพลังงานมากในการย่อยและดูดซึม Kanjanapruthipong และ Buatong (2004) จึงแนะนำให้ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบทดแทนอาหารหยาบในระดับที่ไม่มีผลกระทบต่อการเคี้ยวเอื้องและการเกิดภาวะกรดเกิน

Dado และ Allen (1995) รายงานว่าในอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์มากถึง 35 เปอร์เซ็นต์ การกินได้ของวัตถุแห้งจะลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะเกิดการเต็มของกระเพาะหมักและความฟ่าม แต่ถ้าอาหารมีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ 25 เปอร์เซ็นต์การกินได้ของวัตถุแห้งจะไม่ถูกจำกัด Allen (2000) สรุปจากงานวิจัยจำนวน 15 งาน พบว่าการกินได้ของวัตถุแห้งลดลงเมื่อเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในอาหารเพิ่มขึ้นมากกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ โดยให้เหตุผลว่าการกินได้ของวัตถุแห้งลดลงนั้นเกี่ยวข้องกับขนาดอนุภาค ค่าการย่อยได้และอัตราการไหลผ่าน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. ภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อผลผลิตน้ำนม

Arieli และคณะ (2004) รายงานว่าแม่โครีดนมที่เลี้ยงในภูมิอากาศร้อน ทำให้การกินได้ลดลง และส่งผลทำให้ปริมาณน้ำนมน้อยลง จึงต้องมีการปรับสูตรอาหารโดยการเพิ่มความเข้มข้นของสารอาหารที่กิน โดยลดการเกิด Heat increment ที่เกิดจากการกินได้ การเพิ่มความเข้มข้นของสารอาหารประเภทไขมันและลดระดับโปรตีนหรือเยื่อใยในอาหารลง จะช่วยปรับปรุงปริมาณน้ำนมที่เกิดจากอาหารที่ทำให้เกิดภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนได้ในแม่โครีดนม ซึ่งเป็นข้อมูลที่ดีมากและอาจเป็นแบบแผนที่ดีที่จะลดการเกิดความร้อนที่เกิดจากเมตาบอลิซึมภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูง (West, 1999) อีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถทำได้ คือ การใช้แหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบทดแทนแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบ (Clark and Armentano, 1997) ซึ่งสามารถลดสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อโปรปิโอนิคลงได้ (Mowrey *et al,* 1999) เช่น การเปลี่ยนรูปแบบการหมักในกระเพาะหมักอาจส่งผลให้ลดการเกิดความร้อนที่เกิดจากเมตาบอลิซึม (MacRae and Lobley, 1982) การลดการเกิดความเครียดเนื่องจากความร้อนในแม่โครีดนมโดยการใช้แหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของผลผลิตน้ำนมได้ (Halachmi *et al.*, 2004)

Arieli และคณะ (2004) ทดลองใช้อาหารผสมเสร็จประกอบด้วย พลังงานสุทธิของการให้นม โปรตีนรวม และระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ คือ 7.4 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมของวัตถุแห้ง 15.5 และ 37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่มทดลองใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง 2 กิโลกรัม ทดแทนฟางข้าว 2 กิโลกรัม ผลการทดลองดังตารางที่ 5 พบว่า ความเข้มข้นของไขมัน และพลังงานนมของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

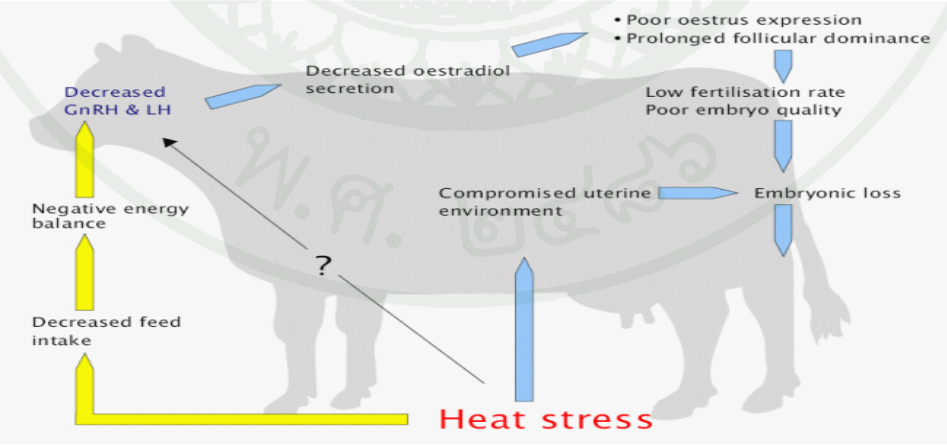
ตารางที่ 5 การตอบสนองผลผลิตน้ำนมต่อภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนในแม่โครีดนม

	กลุ่มควบคุม	กลุ่มทดลอง	ค่าเฉลี่ย
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัมต่อวัน)	30.8	31.1	31.0
ไขมันนม (เปอร์เซ็นต์)	3.05	3.21	3.16
โปรตีนนม (เปอร์เซ็นต์)	3.08	3.08	3.08
แลคโตส (เปอร์เซ็นต์)	4.84	4.77	4.80
พลังงานนม (เมกกะจูนต่อวัน)	84.1	85.3	84.7

ที่มา: Arieli และคณะ, (2004)

3. ภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อระบบสืบพันธุ์

สภาวะอากาศร้อนมีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ของแม่โครีดนมหลายประการ (ภาพที่ 4) ซึ่งรวมไปถึงการเกิด ผลกระทบในทางลบต่อระบบสืบพันธุ์ การเสื่อมลงของฮอร์โมนต่างๆ ที่ผลิตจากระบบต่อมไร้ท่อและการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการพัฒนาของรังไข่ คุณภาพของน้ำเชื้อ ไข่ (Oocytes) และตัวอ่อน (Embryo) ลดลงและเกิดผลกระทบในทางลบต่อสารอาหารและความสมดุลของพลังงาน



ภาพที่ 4 ผลกระทบของความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อระบบสืบพันธุ์

ที่มา: Roth (2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1. ผลกระทบในทางลบต่อระบบสืบพันธุ์

ภายใต้อิทธิพลของการเกิดสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนทำให้วงรอบการเป็นสัดลดลง การแสดงออกของการเป็นสัดลดลง (Roth, 2008) เกิดอุบัติการณ์การเป็นสัดเงียบ (Silent heat) สูงขึ้น ซึ่งพบรายงานส่วนมากในแม่โครีดนมที่เลี้ยงในสภาวะอากาศร้อน

3.2. อิทธิพลของสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อระบบต่อมไร้ท่อและการพัฒนาของรังไข่

สภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนดังกล่าว เกิดจากหน้าที่ของ Hypothalamic-hypophyseal-ovarian axis ทำงานไม่สมบูรณ์

3.2.1. การผลิตฮอร์โมน FSH

FSH ถูกหลั่งจากต่อมใต้สมอง แต่จะหลั่งลดลงหรือเกิดการเสื่อมลงในสัตว์ที่อยู่ในสภาวะอากาศร้อน

3.2.2. การผลิตฮอร์โมนแอลเอช

ทางกลับกันในแม่โครีดนมที่อยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อน Pulse และ Amplitude ของการหลั่งฮอร์โมนแอลเอช จะลดลงอย่างชัดเจน ดังนั้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะอากาศร้อนจะมีปัญหาดังนี้

1) การพัฒนาของ Dominant follicle ภายใต้การหลั่งฮอร์โมนแอลเอชที่ต่ำ
2) ลดการหลั่งฮอร์โมน Oestradiol
3) การแสดงออกการเป็นสัดไม่ชัดเจนและความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง

(Rensis and Scaramuzzi, 2003)

นอกจากนั้น Pulse และ Amplitude ของการหลั่งฮอร์โมนแอลเอช จะลดลงซึ่งส่งผลกระทบดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1) เกิด Follicular dominance ที่ยาวนานขึ้น
2) วงรอบการตกไข่ช้าลง
3) เกิดภาวะ Persistent dominant follicles
4) เกิดการลดลงของคุณภาพไข่ และลดอัตราการตั้งท้อง (Roth, 2008)

3.2.3. ความเข้มข้นของระดับโปรเจสเตอโรน

โปรเจสเตอโรนเป็นฮอร์โมนที่ผลิตโดยคอร์ปัสลูเตียมของรังไข่ โดยการทำงานเกิดขึ้นระหว่างรังไข่-ไฮโปธาลามัส โดยจะกดการทำงานของรังไข่และลดการหลั่งเอสโตรเจน ระดับโปรเจสเตอโรนที่สูงขึ้นและระดับเอสโตรเจนที่ลดลงจะป้องกันการเป็นสัดของแม่โครีดนมโปรเจสเตอโรนมีความจำเป็นสำหรับการลองรับการเกิดการปฏิสนธิของไข่และช่วยในการพัฒนาตัวของมดลูกตลอดการตั้งท้อง (Jack, 1993) ระดับโปรเจสเตอโรนในเลือดจะสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับการตอบสนองของรังไข่ว่ามีการเจริญเติบโตเต็มที่เพียงใด โดยโปรเจสเตอโรนหลั่งจากส่วนของคอร์ปัสลูเตียม ซึ่งคอร์ปัสลูเตียมจะมีการพัฒนาเป็นลำดับ คือ ถุงน้ำจำนวนมากจะมีการพัฒนาตัวอยู่บนรังไข่ อย่างไรก็ตามแม่โครีดนมที่ใกล้จะเป็นสัดจะมีถุงน้ำ 1 ถุงที่จะค่อยๆ เจริญเติบโตขึ้นทีละน้อยซึ่งต่อมาภายหลังจะส่งผลต่อต่อมใต้สมองทำให้เกิดการหลั่งฮอร์โมนแอลเอชออกมา ซึ่งมีผลให้เกิดการตกไข่เกิดขึ้นหลังจากนั้น 4-8 วันจะพบเซลล์ลูเตียลและเกิดการพัฒนาตัวในคอร์ปัสลูเตียม คอร์ปัสลูเตียมจะหลั่งโปรเจสเตอโรนออกมาในระบบเลือดและน้ำนมตามลำดับ ถ้าแม่โครีดนมได้รับการผสมและเกิดการตั้งท้อง คอร์ปัสลูเตียมยังคงอยู่บนรังไข่และหลั่งโปรเจสเตอโรนตลอดการตั้งท้อง แต่ถ้าแม่โครีดนมไม่เกิดการตั้งท้องคอร์ปัสลูเตียมก็จะสลายไปและสิ้นสุดการหลั่งโปรเจสเตอโรน หลังจากนั้นแม่โครีดนมก็จะกลับมาเป็นสัดอีกรอบภายใน 21 วัน และถ้าอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมระดับโปรเจสเตอโรนในเลือดหรือในน้ำนมจะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ภายใน 4-6 วันภายหลังการเกิดการตกไข่ ระดับโปรเจสเตอโรนจะมีความเข้มข้นสูงที่สุดในช่วงวันที่ 10-17 ของวงรอบ ในแม่โครีดนมที่ไม่ตั้งท้องจะมีระดับโปรเจสเตอโรนลดลงในวันที่ 18-19 ส่วนเอสโตรเจนจะเริ่มสูงขึ้นในช่วงนี้และแม่โครีดนมก็จะเข้าสู่ช่วงการเป็นสัดต่อไป (Shearer, 2003)

ในช่วงที่แม่โครีดนมเป็นสัดระดับโปรเจสเตอโรนในกระแสเลือดและน้ำนมจะมีปริมาณต่ำมากและมีปริมาณสูงสุดในช่วงกึ่งกลางของวงรอบการเป็นสัด ถ้าแม่โครีดนมไม่ได้รับการผสมหรือผสมไม่ติดระดับโปรเจสเตอโรนจะลดลงในช่วง 2-3 วัน ก่อนช่วงเป็นสัดต่อไป ในทางตรงกันข้ามถ้าการผสมติด คอร์ปัสลูเตียมจะคงทำงานต่อทำให้ระดับโปรเจสเตอโรนมีค่าสูงตลอดการ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตั้งครรภ์ โดยโปรเจสเตอโรนยังทำงานโดยการกดการทำงานของไฮโปธาลามัส เพื่อลดการสร้าง GnRH และยับยั้งการเป็นสัดไว้ โดยแม่โครีดนมที่ดีควรเป็นสัดหลังคลอดได้ไม่เกิน 60 วัน (จตุพร, 2549)

ปัจจุบันการผสมเทียมเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการผสมติด ระดับฮอร์โมนในร่างกายในแต่ละช่วงของรอบเดือนจะเป็นตัวชี้ที่สำคัญว่าระยะเวลาใดที่มีไข่ตกและไข่ควรจะได้รับการผสม ฮอร์โมนที่สามารถเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญ คือ โปรเจสเตอโรน โปรเจสเตอโรนเป็นฮอร์โมนเพศที่สำคัญที่สุดในแม่โครีดนม เพราะมันจะทำหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งครรภ์ เช่น การเตรียมพร้อมของมดลูกให้เหมาะแก่การฝังตัวของไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว ปรับสภาพสิ่งแวดล้อมของมดลูกให้เหมาะกับการเติบโตของตัวอ่อน และกระตุ้นการทำงานของต่อมน้ำนม เป็นต้น ระดับโปรเจสเตอโรนในเลือดหรือแม้แต่ในน้ำนมของสัตว์เคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ ในแต่ละรอบเดือน หรือรอบของการเป็นสัด จะมีรูปแบบที่ค่อนข้างชัดเจน ตัวอย่างเช่น ก่อนที่ไข่จะสุก ระดับโปรเจสเตอโรนในเลือดหรือน้ำนมจะอยู่ในระดับที่ต่ำมาก เช่น ในเลือดประมาณ 0.2-0.9 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร เมื่อไข่สุกจนกระทั่งมีการตกไข่ ระดับโปรเจสเตอโรนจะค่อยๆ สูงขึ้น จาก 1 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร จนถึงค่าสูงสุดประมาณ 35-40 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร และจะลดระดับลงมาทันทีภายใน 2-3 วัน ซึ่งช่วงเวลานี้เป็นเวลาที่เหมาะสำหรับไข่ที่จะได้รับการผสม ถ้าไข่ได้รับการผสมและมีการตั้งท้องระดับโปรเจสเตอโรนจะสูงขึ้นอีกและคงตัวอยู่ที่ระดับสูง (20-400 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ไปจนกว่าจะคลอดหรือถ้าไม่มีการตั้งครรภ์หรือแท้งระดับโปรเจสเตอโรนก็จะลดลง (จตุพร, 2549)

การตรวจวัดระดับโปรเจสเตอโรน เพื่อยืนยันการเป็นสัดของแม่โครีดนม เนื่องจากความผิดพลาดในการตรวจสอบช่วงการเป็นสัดในแม่โครีดนมก่อให้เกิดปัญหาอย่างมากต่อเกษตรกร เนื่องจากทำให้เพิ่มระยะเวลาช่วงระหว่างการคลอดให้นานขึ้น ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจหาระดับโปรเจสเตอโรนในเลือดหรือน้ำนม เพื่อยืนยันความถูกต้องของช่วงเป็นสัด หากพบว่าระดับโปรเจสเตอโรนมีค่าสูงแสดงว่าแม่โครีดนมไม่อยู่ในช่วงเป็นสัดจึงไม่ควรผสมในช่วงนี้ (วิไลวรรณ และคณะ, 2552)

ทั้งนี้หากมีการนำเอาผลการวิเคราะห์โปรเจสเตอโรน ไปใช้ตรวจการเป็นสัดก็จะมีประโยชน์อย่างมาก เนื่องจากระยะการเป็นสัดในแม่โครีดนมมีเวลาสั้น หากได้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วก็จะช่วยให้เจ้าหน้าที่ทำการผสมเทียมได้ทันเวลาก่อนที่จะเลยช่วงที่เหมาะสมซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผสมเทียมให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นระดับความเข้มข้นของระดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โปรเจสเตอโรน ไม่ว่าจะเป็นในเลือดหรือในน้ำนมย่อมเป็นตัวบ่งชี้ที่มีความสำคัญที่สุด การวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว จึงเป็นที่ต้องการของแพทย์และสัตวแพทย์ ปัจจุบันวิธีวิเคราะห์ที่ถูกต้องแม่นยำ ง่ายและรวดเร็วนั้น เป็นวิธี Radioimmuno assay (RIA) จากชื่อของวิธี คือ Immuno assay บอกให้ทราบถึงว่าเป็นวิธีที่เลียนแบบปฏิกิริยาที่เกิดในระบบอิมมูนในร่างกายของสิ่งมีชีวิต คือ ปฏิกิริยาที่เกิดระหว่างแอนติเจน (Antigen) และแอนติบอดี (Antibody) โดยแอนติเจนก็คือ ตัวโปรเจสเตอโรน และแอนติบอดีก็เป็น Anti - progesterone ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจึงเป็นปฏิกิริยาที่มี Specificity สูง ถ้าปริมาณแอนติเจนมีจำนวนมากก็จะจับกับแอนติบอดีได้มาก Antigen - antibody complex ที่เกิดขึ้นก็จะมีปริมาณมากขึ้น การวัดปริมาณ Complex ที่เกิดขึ้นโดยตรงว่ามีมากน้อยเพียงใดค่อนข้างทำได้ยาก จึงมีการนำไอโซโทปรังสีมาติดไว้ที่โมเลกุลของแอนติเจนเพื่อให้สะดวกในการติดตามดูปริมาณ Complex ที่เกิดขึ้น ทำให้วิธีนี้มีชื่อว่า (Radioimmuno assay; RIA) ความเข้มข้นของระดับโปรเจสเตอโรนที่ต่ำในเลือดของแม่โครีดนมเกี่ยวข้องและส่งผลกระทบต่อหน้าที่ของระบบสืบพันธุ์ของแม่โครีดนมและอัตราการตั้งท้องลดลง (Butler *et al.,* 1996; Mann *et al.,* 1995) การเกิดปัญหาความเครียดเนื่องจากความร้อนในแม่โครีดนมส่งผลทำให้ความสมบูรณ์พันธุ์ลดลง คอปัสลูเทียมเกิดการหลั่งระดับโปรเจสเตอโรนที่ไม่เพียงพอ

Ranasinghe และคณะ (2011) ศึกษาลักษณะของการเกิดระยะลูเทียลเฟสที่นานออกไป (Prolonged luteal phase; PLP) โดยตรวจวัดจากระดับความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรนในน้ำนม ที่มีผลต่อระบบสืบพันธุ์ในแม่โครีดนมสายพันธุ์โฮสไตส์ฟรีเซี่ยน โดยจำแนกลักษณะและปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องของการเกิด PLP และผลต่อระบบสืบพันธุ์ที่จะเกิดขึ้นตามมาภายหลังในแม่โครีดนมที่ให้ผลผลิตน้ำนมสูง ทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมอาทิตย์ละ 2 ครั้ง และตรวจวัดจากระดับความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรนในน้ำนมโดยวิธี ELISA ทำ Vaginoscopy และล้วงตรวจทุกเดือน จากนั้นดูการทำงานของรังไข่ภายใน 35 วันหลังคลอด ถ้าทำงานปกติถือว่าปกติ การเกิด PLP คือ ในวันที่ 20 หรือมากกว่าวันที่ 20 หลังคลอด จะมีระดับความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรนมากกว่าหรือเท่ากับ 5 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร การเกิดความล้าช้าของการตกไข่ครั้งแรก คือ เกิดการตกไข่ในช่วง 35-60 วันหลังคลอด เรียกว่า การเกิด Delayed first ovulation type I ถ้ามากกว่า 60 วัน เรียกว่า การเกิด Delayed first ovulation type II การเกิดระยะลูเทียลเฟส เร็วกว่า 14 วันในวงรอบการเป็นสัด เรียกว่าเกิด Short luteal phase ยกเว้นการเป็นสัดครั้งแรกหลังคลอด และการไม่มีระยะลูเทียลเฟส ภายหลัง 14 วันในวงรอบการเป็นสัด เรียกว่า ไม่เกิดการทำงานของรังไข่ในวงรอบการเป็นสัด ซึ่งทั้งหมดเกิดจากความผิดปกติของรังไข่ จากการทดลองพบว่าการเกิด PLP เกิดในช่วงการเป็นสัดครั้งแรกหลังคลอด (11.9 เปอร์เซ็นต์) มากกว่าการเป็นสัดครั้งที่ 2 และ 3 หลังคลอด การเกิด PLP ที่อยู่ในช่วง 20-28 วัน ประมาณ 83 เปอร์เซ็นต์ และมีความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรนสูงที่สุด สูงกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การเกิด PLP ที่อยู่ในช่วงมากกว่า 35 วัน แม่โครีดนมที่อยู่ในภาวะ PLP จะลดอัตราการผสมเทียมในครั้งแรกลง (36 เปอร์เซ็นต์) และลดอัตราการตั้งท้องลง (56 เปอร์เซ็นต์) แม่โครีดนมในกลุ่มทดลองที่เกิดภาวะ PLP จะใช้เวลาตั้งแต่ออกลูกจนถึงผสมเทียมในครั้งแรกได้ยาวนานถึง 74 วัน และจากออกลูกจนถึงตั้งท้องยาวนานถึง 141 วัน ซึ่งยาวนานกว่าแม่โครีดนมที่ไม่ได้อยู่ในภาวะ PLP 53 และ 80 วันตามลำดับ ดังนั้นการเกิดภาวะ PLP ส่งผลถึงความสมบูรณ์พันธุ์ทำให้อัตราการตั้งท้องลดลง ซึ่งทำให้ยืดเวลาของการออกลูกออกไป

Burchard (1998) กล่าวว่า ช่วงที่แม่โครีดนมเป็นสัด ส่วนของคอร์ปัสลูเตียมจะทำงานอย่างสมบูรณ์ และมีการตรวจสอบช่วงเวลาที่แม่โครีดนมเป็นสัด โดยการวัดระดับความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรน ซึ่งจะมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตรในพลาสม่า และ Windig และคณะ (2008) รายงานว่าการทำงานของระยะลูเตียลเฟสในครั้งแรก เรียกว่า (Commencement of luteal activity; C-LA) ซึ่งถ้าแม่โครีดนมเกิดความไม่สมดุลของพลังงานและโปรตีนในอาหารจะทำให้เกิด C-LA ล้าช้ากว่าปกติ และจะเกิดการตกไข่ล้าช้าโดยจะเกิดภายใน 100 วันหลังคลอด ความสัมพันธ์ระหว่างสมดุลของโปรตีนในอาหารกับการเกิด C-LA ยังคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างพันธุกรรมของแม่โครีดนม พบว่าแม่โครีดนมที่มีสายเลือดระดับสูงและให้ผลผลิตสูงจะเกิด C-LA ล้าช้ากว่าปกติ เนื่องจากมักเกิดความไม่สมดุลของโปรตีนในอาหาร ขณะที่แม่โครีดนมที่มีสายเลือดระดับต่ำจะไม่เกิดเหตุการณ์ดังกล่าว แต่ทั้งนี้แม่โครีดนมที่เกิดความไม่สมดุลของพลังงานในอาหารมีความเสี่ยงของการเกิดการตกไข่ล้าช้ากว่าปกติมากกว่าแม่โครีดนมที่เกิดความไม่สมดุลของโปรตีนในอาหาร

Srivastava และคณะ (2008) ศึกษาระดับโปรเจสเตอโรนของช่วงที่แม่โครีดนมเป็นสัด ในแม่โครีดนมสายพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชี่ยน และลูกผสมโฮสไตน์ฟรีเชี่ยน ทำการทดลองโดยการเจาะเก็บเลือดในวันเริ่มต้นของการเป็นสัดจนถึงวันที่ 21 หรือมากกว่า โดยเจาะเก็บเลือดวันเว้นวันและตรวจวัดระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่า พบว่าความเข้มข้นของโปรเจสเตอโรนในพลาสม่าจะสูงที่สุดในวันที่ 15 ของวงรอบการเป็นสัด ในแม่โครีดนมสายพันธุ์โฮสไตน์ฟรีเชี่ยน และลูกผสมโฮสไตน์-ฟรีเชี่ยน (6.20±0.38 และ 6.09±0.23 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ตามลำดับ

Vinkler และคณะ (1996) ศึกษาผลของการเกิดความเครียดเนื่องจากเมตาบอลิกต่อการตกไข่และระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่าของแม่โครีดนม ผลของการเกิดความเครียดเนื่องจากเมตาบอลิกจากการเกิดภาวะกรดเกินและด่างเกิน แบบไม่แสดงอาการระยะยาว ทำให้การเป็นสัด การตกไข่ และระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่าและในน้ำนมลดลง โดยปกติการเกิดความเครียด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เนื่องจากการเกิดภาวะกรดเกิน ทำให้สัดส่วนของการย่อยได้ของโปรตีนต่อพลังงานลดลง (1:8.1) ในแม่โครีดนม 11 ตัว ขณะที่การเกิดความเครียดเนื่องจากการเกิดภาวะด่างเกิน ทำให้สัดส่วนของสารอาหารลดลงในแม่โครีดนม 8 ตัว (1:2.81) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (1:4.5-5) ใน แม่โครีดนม 11 ตัว ทั้งนี้การเกิดความเครียดเนื่องจากการเกิดภาวะกรดเกิน ยังทำให้เกิดความผิดปกติของการตกไข่ในแม่โครีดนม 4 ตัวจาก 11 ตัว (36.4 เปอร์เซ็นต์) ส่วนแม่โครีดนมที่เกิดความเครียดเนื่องจากการเกิดภาวะด่างเกินเกิด 2 ตัว จาก 8 ตัว (25 เปอร์เซ็นต์) ส่วนแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมไม่เกิดความผิดปกติของการตกไข่ภายหลังการเป็นสัด 7 วัน ระดับโปรเจสเตอโรนในเลือดมีค่า 1.26 ± 0.84 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ในแม่โครีดนมที่เกิดภาวะกรดเกิน และ 3.48 ± 2.99 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ในแม่โครีดนมที่เกิดภาวะด่างเกิน และ 3.12 ± 1.98 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ในกลุ่มควบคุม เกิดความแตกต่างระหว่างแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมกับแม่โครีดนมที่เกิดภาวะกรดเกิน ($P<0.05$) ระหว่างการตั้งท้อง (18 ถึง 276 วัน) โดยค่าเฉลี่ยของระดับโปรเจสเตอโรนต่ำที่สุดในแม่โครีดนมที่เกิดภาวะกรดเกิน เฉลี่ย 2.65 ± 1.40 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนแม่โครีดนมที่เกิดภาวะด่างเกิน เฉลี่ย 3.67 ± 2-2.29 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมเฉลี่ย 5.62 ± 2-2.24 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร

3.3. อิทธิพลของสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนต่อคุณภาพและการพัฒนาการของตัวอ่อน

การสร้างตัวของ Gametes และการพัฒนาของตัวอ่อนในระยะต้นจะมีความไวต่ออุณหภูมิที่สูงมาก ความเครียดเนื่องจากความร้อนมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำเชื้อและไข่

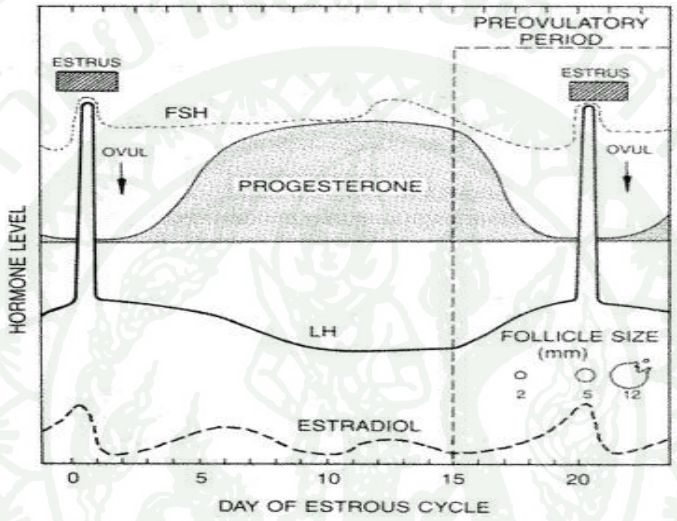
3.3.1. คุณภาพของน้ำเชื้อ (Semen quality)

ความเครียดเนื่องจากความร้อนเป็นสาเหตุทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิที่ถุงหุ้มอัณฑะและลูกอัณฑะ ซึ่งส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างและหน้าที่ของน้ำเชื้อ Hansen (1997) รายงานว่าช่วงฤดูร้อนการเกิดภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อนทำให้ความสมบูรณ์พันธุ์ของพ่อพันธุ์โคเสื่อมลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.2. คุณภาพของไข่ (Oocyte quality)

ความเครียดเนื่องจากความร้อนทำให้วงรอบการตกไข่ช้าลง และเกิดภาวะรังไข่ค้างไม่เกิดการสลาย ซึ่งเหนี่ยวนำทำให้การตกไข่ยาวนานออกไป คุณภาพของไข่แย่ลงซึ่งเกี่ยวข้องทำให้อัตราการผสมติดลดลงและเกิดตัวอ่อนตายจำนวนมาก (Sartori *et al.,* 2002; Roth *et al.,* 2008) อุณหภูมิสูงขึ้นส่งผลให้การฝังตัวของตัวอ่อนเสียไป (Ealy *et al.,* 1993)



ภาพที่ 5 รูปแบบของการหลั่งและการลดลงของระดับฮอร์โมนระหว่างช่วงวงรอบการเป็นสัด 21 วัน ของแม่โครีดนม

ที่มา: Jack (1993)

4. ผลกระทบในทางลบต่อสถานะของสารอาหารและความสมดุลของพลังงาน

การเกิดผลกระทบในทางลบ จากความเครียดเนื่องจากความร้อนที่มีผลโดยตรงต่อหน้าที่การทำงานของระบบสืบพันธุ์และการพัฒนาของตัวอ่อน ความเครียดเนื่องจากความร้อนในแม่โครีดนมทำให้การกินได้ของวัตถุแห้งลดลง ถ้าเกิดความไม่สมดุลของพลังงานยาวนานจะส่งผลทำให้ความเข้มข้นของระดับอินซูลิน IGF-I และกลูโคสในพลาสมาลดลงได้ ซึ่งผลดังกล่าวทำให้เกิดการพัฒนาการของรังไข่ลดลง การแสดงออกของการเป็นสัดไม่ชัดเจนและคุณภาพของไข่ลดลง (Roth, 2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ความหมายของพฤติกรรม

พฤติกรรม (Behaviour หรือ Behavior) หมายถึงวิธีการหรือแนวทางที่สิ่งมีชีวิต (สัตว์หรือมนุษย์) แสดงออกมาเพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์หรือสิ่งเร้าจำเพาะใดๆ ส่วนคำว่า “Ethology” หมายถึง ศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ที่ว่าด้วยการศึกษาพฤติกรรมของสัตว์หรือมนุษย์ หรือองค์กรทางสังคมด้วยมุมมองทางชีววิทยา พฤติกรรมอาจมองง่ายๆ เช่น ขั้นตอนการบีบตัวของกล้ามเนื้อหรือบางครั้งอาจอยู่ในรูปของการตอบสนองต่อสิ่งเร้าอย่างรวดเร็ว เช่น ปฏิกิริยาตอบสนองแบบฉับพลันของร่างกาย (Reflex) หากจะมองในรูปแบบที่กว้างและยุ่งยากซับซ้อนมากๆ เช่น การอพยพข้ามทวีปของนก การกำหนดตำแหน่งของดวงดาว จุดสังเกต (Landmark) หรือคุณสมบัติแม่เหล็กของโลก ซึ่งบางครั้งยังไม่ทราบแน่ชัดว่าอะไรคือปัจจัยที่ไปกระตุ้นให้สัตว์เริ่มแสดงพฤติกรรมดังกล่าว (พิพัฒน์, 2551)

บัญชีชื่อพฤติกรรม (Ethogram)

พิพัฒน์ (2551) อธิบายว่าความหมายของบัญชีชื่อพฤติกรรม ได้มีผู้ให้นิยามของคำดังกล่าวเป็นจำนวนมาก เช่น Fraser และ Broom (1997) ให้นิยามว่า การพรรณนารายละเอียดของพฤติกรรมต่างๆ ของสัตว์ชนิดใดชนิดหนึ่ง ส่วน Ewing และคณะ (1999) ให้นิยามว่า บันทึกเกี่ยวกับพฤติกรรมของสัตว์ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือตัวใดตัวหนึ่ง และ Lehner (1996) ให้นิยามว่า รายชื่อพฤติกรรมทั้งหมดที่ได้จากการที่เราเฝ้าสังเกต ฟัง หรือมีความรู้สึกเกี่ยวกับพฤติกรรมนั้นๆ ของสัตว์

พิพัฒน์ (2551) อธิบายว่าบัญชีชื่ออาจถูกจำกัดอยู่เพียงแค่ประเภทใดประเภทหนึ่งของพฤติกรรมที่เฉพาะลงไป (เช่น การเกี้ยวพาราสี) กลุ่มเพศหรืออายุ ซึ่งเป็นสิ่งที่นักวิจัยสนใจที่จะศึกษา บัญชีชื่อพฤติกรรมอาจเป็นเพียงบางส่วนของพฤติกรรมทั้งหมดที่สัตว์นั้นจะสามารถแสดงออกได้ ดังนั้นขนาดของบัญชีชื่อจึงแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับชนิดประเภทหรือวัตถุประสงค์ของการทดลอง ตามชนิดของสัตว์ หรือสัตว์แต่ละกลุ่มหรือแต่ละตัว (เพศ อายุและประสบการณ์ของสัตว์) ในบางครั้งการแสดงบัญชีชื่อพฤติกรรมที่ใช้การอธิบายเพียงอย่างเดียว อาจทำให้ผู้อ่านเข้าใจยาก ดังนั้นการแสดงบัญชีชื่อจึงอาจใช้การอธิบายร่วมกับใช้รูปภาพประกอบ

บัญชีชื่อพฤติกรรมของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (โค กระบือ แพะและแกะ)

พิพัฒน์ (2551) อธิบายถึงบัญชีชื่อพฤติกรรมของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การกิน (Eating) คือ การจับชิ้นส่วนของอาหารเข้าปาก เคี้ยว และกลืน ตามลำดับ โดยทั่วไปจะกินอาหารในท่ายืน (หรือเดิน) แต่บางครั้งอาจกินอาหารในท่านอนบนอก (Sternal recumbency)

2. การนอน คือ การพักผ่อนโดยการย่อตัวลงแนบกับพื้น สัตว์อาจยกศีรษะขึ้น (ปลายคางชี้ลงด้านล่าง) หรืออาจวางคางไว้บนขาหน้า (ขาหน้าข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างอาจงอพับอยู่ใต้อกหรือเหยียดออก) ขาหลังข้างหนึ่งจะอยู่ใต้ลำตัว ส่วนอีกข้างหนึ่งวางขนานไปกับลำตัว บางครั้งอาจหันพับศีรษะไปทางด้านหลังและวางคางไว้บนส่วนอก อาจหลับตาหรือลืมตา ในลูกสัตว์หรือสัตว์เต็มวัยบางตัว อาจนอนราบโดยด้านข้างและศีรษะแนบราบไปกับพื้น ซึ่งเรียกว่าท่านอนราบ (Lateral recumbency)

3. การยืน คือ สัตว์อยู่ในท่าที่ขาทั้ง 4 ข้างรับน้ำหนักตัว (โดยไม่มีการเคลื่อนไหว)

4. การเดิน คือ สัตว์เคลื่อนที่ด้วยขาทั้ง 4 ข้าง อย่างช้าๆ โดยการยกเท้าขึ้นจากพื้นทีละข้าง

5. การเคี้ยวเอื้อง คือ การสำรอกเพื่อนำก้อนอาหารขึ้นมาเคี้ยวบดซ้ำ โดยใช้ฟันกราม อาจอยู่ในท่านอนหรือยืน (Phillips, 2002; Aich *et al*, 2007)

การบันทึกพฤติกรรม

พิพัฒน์ (2551) อธิบายว่าการบันทึกพฤติกรรมของสัตว์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์จะต้องทำอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เที่ยงตรงและแม่นยำ Martin และ Bateson (2004) ได้แบ่งระบบการบันทึกพฤติกรรมจากการสังเกตโดยตรงออกเป็น 2 ระบบ คือ กฎของการสุ่ม (Sampling rule) และกฎของการบันทึก (Recording rule)

1. กฎของการสุ่ม วิธีการนี้จะต้องตอบคำถามให้ได้ว่าสัตว์ตัวไหนที่เราดูและดูเมื่อไหร่

1.1 Scan sampling หมายถึงกลุ่มของสิ่งทั้งหมด (กลุ่มหรือฝูง) ถูกมองแบบกวาดอย่างรวดเร็ว ในช่วงระยะห่างของเวลาสม่ำเสมอ (โดยกำหนดไว้ล่วงหน้า) และพฤติกรรมของสัตว์ที่มองกวาดแต่ละตัวที่เห็นในขณะนั้นจะถูกบันทึก ดังนั้นพฤติกรรมของสัตว์ที่มองแบบกวาดแต่ละครั้งจะถูกบันทึกด้วยวิธี Instantaneous sampling (ดูกฎของการบันทึก) ถึงแม้ศัพท์ทั้งสองรูปจะไม่ใช่คำพร้อง (ความหมายเหมือนกัน) ก็ตาม แต่ Scan sampling มักจะจำกัดให้ผู้สังเกตบันทึกพฤติกรรมที่แบ่งออกอย่างง่ายๆ เพียง 1, 2 หรือ 3 ระดับ (พฤติกรรม) เท่านั้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. กฎของการบันทึก

2.1 Time sampling พฤติกรรมจะถูกสุ่มบันทึกเป็นช่วงๆ ข้อมูลที่ถูกบันทึกจะมีความแม่นยำและถูกต้องน้อยลง (เมื่อเปรียบเทียบกับกฎของการบันทึกแบบ Continuous recording) หากระยะห่างในการบันทึกยาวนานขึ้น ดังนั้นหากต้องการบันทึกพฤติกรรมที่แน่นอน ไม่ควรใช้การบันทึกด้วยวิธีนี้ และสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดย่อย ได้แก่ การสุ่มสังเกตในขณะนั้น หรือ Instantaneous sampling และวิธีการสุ่มแบบปรากฏให้เห็นหรือไม่ปรากฏให้เห็น One-zero sampling

Instantaneous samping เปรียบเสมือนการบีบอัดสารสนเทศ (ข้อมูล) จึงทำให้ผู้สังเกตสามารถเก็บบันทึกพฤติกรรมได้หลากหลายประเภทในเวลาเดียวกัน เพื่อที่จะทำให้การสังเกตแบบนี้เกิดขึ้นได้ วาระ (Event) ของการสังเกตจึงถูกแบ่งออกเป็นช่วงสั้นๆ เรียกว่า ช่วงห่างหรือระยะห่างของการสุ่ม (Sample interval) และ ณ เวลาใด ๆ ที่สิ้นสุดการสังเกตในแต่ละช่วงของการสุ่ม จะเรียกว่า จุดสุ่มหรือ Sample point ซึ่งผู้สังเกตจะทำการบันทึกพฤติกรรม ณ จุดสุ่มนี้ ยกตัวอย่างเช่น หากวาระของการสังเกตที่มีระยะเวลาทั้งสิ้น 30 นาที อาจถูกแบ่งเป็นช่วง (ห่างของการสุ่ม) ช่วงละ 15 วินาที ดังนั้นจุดสุ่มจะมีทั้งหมด 120 จุด หรือ (30x60)/15

Instantaneous sampling (บางครั้งอาจใช้ Point sampling หรือ Fixed – interval time point sampling) วาระของการสังเกตจะถูกแบ่งออกเป็นช่วงห่างสั้นๆ ณ Sample point ใด (ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีเสียง Beep ในกรณีใช้อุปกรณ์ช่วยเตือน) ผู้สำรวจจะบันทึกพฤติกรรมนั้นๆ เกิดขึ้นหรือไม่ ยกตัวอย่างเช่น วาระการบันทึก 30 นาที จะถูกแบ่งออกเป็น Sample interval ช่วงละ 15 วินาที และพบว่า พฤติกรรมนั้นๆ เกิดขึ้น 40 ใน 120 Sampling interval ช่วงละ 15 วินาที และพบว่า พฤติกรรมนั้นๆ เกิดขึ้น 40 ใน 120 Sample point ดังนั้น Score จะเท่ากับ 40/120 = 0.33 (คะแนนของ Instantaneous sampling จะไม่มีดัชนีทิศทาง (Dimensionless index) จึงไม่มีหน่วยวัด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. สัตว์ทดลอง

แม่โครีดนมลูกผสมโฮลสไตน์-ฟรีเชี่ยน ที่มีเลือดโฮลสไตน์-ฟรีเชี่ยน 87.5 เปอร์เซ็นต์ ชาล์ฮีวาล์ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในรอบการให้นมที่ 3-4 จำนวน 27 ตัว โดยน้ำหนักตัวเฉลี่ยของกลุ่มควบคุม กลุ่มที่ทดแทนด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง และกลุ่มที่ทดแทนด้วยกากแป้งมัน มีค่า 407.56, 407.94 และ 404.39 กิโลกรัม ตามลำดับ เพื่อให้ได้รับอาหารทดลอง 3 กลุ่ม

2. อาหารทดลอง

การศึกษาทดลองนี้มุ่งเน้นศึกษาการใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ ได้แก่ เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากมันสำปะหลังทดแทนอาหารหยาบบางส่วน โดยให้แม่โครีดนมได้รับอาหารผสมเสร็จที่แตกต่างกันดังนี้

สูตรที่ 1 ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.9 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 50.4 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 2 ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.3 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 37.9 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง 12.7 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 38.7 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง 12.8 เปอร์เซ็นต์

อาหารทดลองใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ และวัตถุดิบอาหารข้นอื่นที่ประกอบเป็นอาหารผสมเสร็จโดยให้แม่โครีดนมกินอาหารได้เต็มที่ดังแสดงในตารางที่ 7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. อุปกรณ์และสารเคมี

3.1 โรงเรือนทดลองและอุปกรณ์ในการเลี้ยงแม่โครีดนม

- แม่โครีดนมทดลองอยู่ภายใต้โรงเรือนแบบเปิด โดยมีหลังคาแบบจั่วชั้นเดียว ปูฟอยล์ใต้กระเบื้องหลังคา อยู่ในคอกขังเดี่ยวแบบปล่อยอิสระ และสามารถกินน้ำและอาหารได้ตลอดเวลา คอกมีขนาดพื้นที่ 4 x 5 ตารางเมตรต่อตัว และพื้นคอกเป็นคอนกรีต

3.2 อุปกรณ์สำหรับการเลี้ยงและอุปกรณ์สำหรับการให้อาหาร

3.3 เครื่องชั่งน้ำหนักโค

- สามารถชั่งได้สูงสุด 1,000 กิโลกรัม โดยมีความละเอียดเท่ากับ 1 กิโลกรัม

3.4 อุปกรณ์สำหรับการรีดนมและเก็บตัวอย่างน้ำนม

- อุปกรณ์ทำความสะอาดเต้านม เช่น ผ้าสะอาด น้ำสะอาด และน้ำยาคลอรีน
- อุปกรณ์ในการรีดนม เช่น เครื่องรีดนม (Milking machine) ถังนมสแตนเลส (Bucket) น้ำยาจุ่มหัวนม (Teat dipping solution) ขวดพลาสติกสำหรับบรรจุตัวอย่างนม ลังโฟมสำหรับเก็บตัวอย่างน้ำนมขณะขนส่ง

3.5 อุปกรณ์และสารเคมี สำหรับการวิเคราะห์ค่าทางเคมีของอาหารทดลอง

- อุปกรณ์และสารเคมีสำหรับการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและโภชนะของอาหารทดลองโดยวิธี Proximate analysis และ Detergent method

3.6 อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม

- เครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม (ไขมันนม โปรตีนนม แลคโตส เนื้อนมรวม และเนื้อนมไม่รวมไขมันนม) ยี่ห้อ FOSS รุ่น Milko scan FT 6000

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.7 อุปกรณ์สำหรับตรวจนับจำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาว (SCC) ในน้ำนม

- เครื่องมือที่ใช้ตรวจเซลล์เม็ดเลือดขาว ยี่ห้อ FOSS รุ่น Fossomatic 5000

3.8 เครื่องมือและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างเลือด และการวิเคราะห์

- หลอดเก็บเลือด ชนิดไม่ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด
- หลอดเก็บเลือด ชนิดใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (EDTA)
- หลอดเก็บเลือด ชนิดไม่ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด (NaF)

4. กล้อง CCTV บันทึกพฤติกรรมการกินและการพักผ่อน

- รุ่น specialist Model H.264 DVR จำนวน 4 กล้อง

5. เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (Thermohygrometer)

- Testo hygrometer รุ่น Testo 608-H1

6. เครื่องมือวัดอุณหภูมิร่างกาย (Thermometer)

- รุ่น Electronic clinical thermometer HF-365

วิธีการ

1. การเลี้ยงแม่โครีดนมทดลอง

ทำการทดลองในคอกที่แม่โครีดนมได้รับน้ำและอาหารแบบผสมเสร็จอย่างเต็มที่ ทำการชั่งและให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้ง เช้าและเย็น เวลาประมาณ 07.30 น. และ 18.00 น. และชั่งอาหารเหลือทุกวันในช่วงเช้า บันทึกอาหารที่กินได้และอาหารเหลือ บันทึกพฤติกรรมการกินและการพักผ่อนโดยใช้กล้อง CCTV รุ่น specialist Model H.264 DVR จำนวน 4 กล้อง ตรวจพฤติกรรมต่างๆ รายตัว โดยบันทึกพฤติกรรมตัวละ 3 วัน ระยะเวลาการทดลอง 60 วัน วัดอุณหภูมิทวารหนัก (Rectal temperature) ในช่วงก่อนรีดนมเช้า เวลา 05.30 น และหลังรีดนมเช้า เวลา 07.00 น. ในช่วงก่อนรีดนมเย็น 16.00 น. และหลังรีดนมเย็น เวลา 17.00 น. บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนทุกวันเช้า เวลา 07.00 น. และเย็น เวลา 17.00 น. รีดนมแม่โคทุกวันวันละ 2 ครั้ง เช้าเวลา 06.00 น. และเย็น เวลา 16.30 น. บันทึกปริมาณน้ำนมของแม่โคหลังคลอด ทั้งเช้าและเย็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตลอดการทดลองเป็นเวลา 60 วัน เก็บตัวอย่างน้ำนมทุก 10 วัน เพื่อวิเคราะห์หาองค์ประกอบน้ำนมทั้งหมด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อนมรวม เปอร์เซ็นต์เนื้อนมไม่รวมไขมันนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน เปอร์เซ็นต์แลคโตส และตรวจนับจำนวนเซลล์โซมาติก เก็บตัวอย่างเลือดเพื่อเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์องค์ประกอบในพลาสม่า ได้แก่ ระดับของน้ำตาลกลูโคส การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ (Complete blood count; CBC) การนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว (White blood cell differential count) และโปรเจสเตอโรน และองค์ประกอบในซีรั่มได้แก่ ยูเรีย โปรตีนรวม โคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ HDL LDL และเบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทเรท โดยเจาะเลือดทุกๆ 10 วัน จำนวน 6 ครั้ง เลือกเก็บเลือดตัวอย่างในหลอดทดลองแล้วส่งวิเคราะห์ เพื่อศึกษาถึงสุขภาพ ภาวะสมดุลพลังงานและความสมบูรณ์พันธุ์ในแม่โครีดนมหลังคลอด ส่วนระดับโปรเจสเตอโรนทำการเจาะเก็บเลือดแม่โครีดนมหลังวันเป็นสัดครั้งที่ 2 ที่ 0 และ 14 วัน

2. การให้อาหาร

แม่โครีดนมทดลองได้รับอาหารผสมเสร็จเต็มที่ อาหารผสมเสร็จมีอาหารหยาบและอาหารข้นในอัตราส่วนดังเสนอในตารางที่ 7 โดยชั่งและให้อาหารทดลองวันละ 2 ครั้งๆ ละ 10 กิโลกรัม เช้าและเย็น เวลาประมาณ 07.30 น. และ 18.00 น. และชั่งอาหารเหลือทุกวันในช่วงเช้า อาหารเหลือถูกสุ่มและนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะต่อไป

3. การจดบันทึกข้อมูล

3.1 บันทึกปริมาณอาหารที่กินได้และเหลือของแม่โครีดนมหลังคลอดทุกวัน ทั้งเช้าและเย็นตลอดการทดลองเป็นเวลา 60 วัน

3.2 บันทึกปริมาณการให้ผลผลิตน้ำนมของแม่โครีดนมหลังคลอดทุกวัน ทั้งเช้าและเย็นตลอดการทดลองเป็นเวลา 60 วัน

3.3 บันทึกน้ำหนักแม่โครีดนมทุกตัวหลังรีดนมตอนเช้าก่อนเข้าการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง

3.4 บันทึกพฤติกรรมการกินและการพักผ่อนโดยใช้กล้อง CCTV รุ่น Specialist model H.264 DVR จำนวน 4 กล้อง ทำการจับพฤติกรรมแบบรายตัว (1 กล้อง ต่อ 1 ตัวสัตว์ทดลอง อีก 1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กล้องจับพฤติกรรมโดยรวม) ทำการจับพฤติกรรมทั้ง 3 กลุ่ม ต่อการจับ 1 ครั้ง โดยบันทึกพฤติกรรมตัวละ 3 วัน เมื่อครบ 3 วัน ทำการย้ายอุปกรณ์ไปยังตัวต่อไปจนครบทั้ง 27 ตัว โดยวิธีการใช้กฎของการสุ่มแบบ Scan sampling และกฎของการบันทึกแบบ Time sampling ชนิดการสุ่มสังเกตในขณะนั้น หรือ Instantaneous sampling (พิพัฒน์, 2551) โดยบันทึกบัญชีชื่อพฤติกรรมของแม่โครีดนมทดลอง คือ

3.4.1 การกิน (Eating) ซึ่งหมายถึง การจับชิ้นส่วนของอาหารเข้าปาก เคี้ยว และกลืนตามลำดับ โดยกินอาหารในท่ายืน (หรือเดิน) แต่บางครั้งอาจกินอาหารในท่านอนบนอก (Sternal recumbency) การทดลองนี้กำหนด Bout หรือคาบของพฤติกรรม คือ ใน 1 Bout ของการกินแต่ละมื้อใช้เวลา 5 นาที กล่าวคือ ถ้าการก้มกินแต่ละมื้อไม่ถึง 5 นาที ไม่จัดว่าเป็น 1 มื้อของการกิน ถ้าการก้มกินของแม่โครีดนมทดลองมากกว่าหรือเท่ากับ 5 นาที หลังจากนั้นแม่โครีดนมทดลองทำพฤติกรรมอย่างอื่นแต่ไม่ถึง 5 นาที แล้วแม่โครีดนมทดลองกลับมาก้มกินอาหารต่อ ให้นับรวมการก้มกินครั้งแรกและการกลับมาก้มกินอีกครั้งเป็น 1 มื้อของการกิน และนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าของ Bout ที่นับได้ในแต่ละวันของกลุ่มการทดลองนั้นๆ มาหาค่าแฉลี่ยต่อไป

3.4.2 การนอน ซึ่งหมายถึง การพักผ่อน (Lying behavior) โดยการย่อตัวลงแนบกับพื้น สัตว์อาจยกศีรษะขึ้น (ปลายคางชี้ลงด้านล่าง) หรืออาจวางคางไว้บนขาหน้า (ขาหน้าข้างใดข้างหนึ่งหรือทั้งสองข้างอาจงอพับอยู่ใต้อกหรือเหยียดออก) ขาหลังข้างหนึ่งจะอยู่ใต้ลำตัว ส่วนอีกข้างหนึ่งวางขนานไปกับลำตัว บางครั้งอาจหันพับศีรษะไปทางด้านหลังและวางคางไว้บนส่วนอก อาจหลับตาหรือลืมตา (Phillips, 2002; Aich *et al*, 2007) การทดลองนี้ใช้ Bout หรือคาบของพฤติกรรมการนอนดังกล่าว โดยหาความถี่ในการพักผ่อนต่อวัน (ครั้ง) ระยะเวลาในการพักผ่อนต่อวัน (นาที) และระยะเวลาในการพักผ่อนต่อครั้ง (นาที) โดยนำข้อมูลที่ได้จากกล้องวงจรปิดมาบันทึกพฤติกรรมการพักผ่อนและหาค่าเฉลี่ยของกลุ่มการทดลองต่อไป

3.5 บันทึกอุณหภูมิ

3.5.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือนโดยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม วัดอุณหภูมิภายในโรงเรือนหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

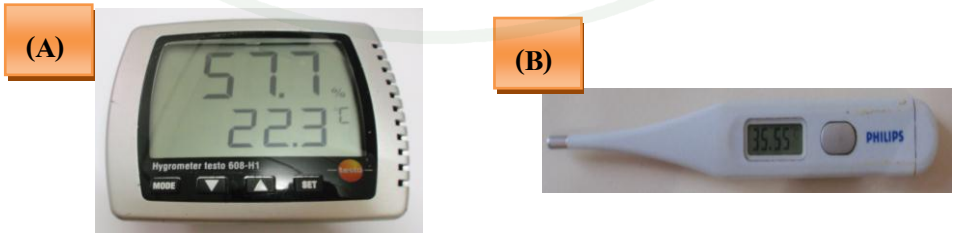
3.5.2 อุณหภูมิทวารหนัก โดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิทวารหนักหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพที่ 6 แม่โครีดนมทดลองได้รับการให้อาหารแบบผสมเสร็จ

ภาพที่ 7 การชั่งน้ำหนักแม่โครีดนมทุกตัวหลังรีดนมตอนเช้าก่อนเข้าการทดลองและหลังสิ้นสุดการทดลอง

ภาพที่ 8 บันทึกพฤติกรรมการกินโดยใช้กล้อง CCTV specialist Model H.264 DVR



ภาพที่ 9 เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิสิ่งแวดล้อม (A) เครื่องมือวัดอุณหภูมิทวารหนัก (B)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.6 บันทึกข้อมูลทั้งหมดและนำเข้าสู่โปรแกรมจัดการข้อมูล Microsoft office excel

4. การวิเคราะห์ทางเคมี

4.1 ตัวอย่างอาหารทดลอง

4.1.1 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นและอาหารหยาบที่ใช้ในการทดลองและอาหารเหลือโดยวิธี Proximate analysis และ Detergent method (Goering and Van Soest, 1968) ซึ่งวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะต่างๆ ได้แก่ พลังงาน (Energy) โปรตีนรวม (Crude Protein) เยื่อใย (Crude Fiber) เถ้า (Ash) ไขมันรวม (Fat) ความชื้น (Moisture cotent) เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง และวัตถุแห้ง ที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4.2 ตัวอย่างน้ำนมดิบ

4.2.1 วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำนมดิบ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เนื้อนมรวม เปอร์เซ็นต์เนื้อนมไม่รวมไขมันนม เปอร์เซ็นต์ไขมันนม เปอร์เซ็นต์โปรตีน และเปอร์เซ็นต์น้ำตาล โดยเครื่องมือที่ใช้ตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำนม ยี่ห้อ FOSS รุ่น Milko Scan FT 6000

4.2.2 วิเคราะห์ปริมาณเซลล์โซมาติก โดยเครื่องมือที่ใช้ตรวจเซลล์เม็ดเลือดขาวยี่ห้อ FOSS รุ่น Fossomatic 5000 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการ สัตวแพทย์ภาคตะวันตก กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

การเก็บตัวอย่างน้ำนมเพื่อตรวจหาองค์ประกอบน้ำนมและจำนวนเซลล์โซมาติก โดยสุ่มเก็บตัวอย่างน้ำนมดิบประมาณ 30 มิลลิลิตร จากถังรีดนมของแต่ละตัว และบรรจุในขวดพลาสติกขนาด 30 มิลลิลิตร ทำการเขียนชื่อแม่โครีดนมกำกับบนขวด นำตัวอย่างน้ำนมเก็บรักษาที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส และส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการภายใน 24 ชั่วโมง โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำนมทุก 10 วัน ภายหลังคลอดจนกระทั่งสิ้นสุดการทดลองที่ 60 วัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

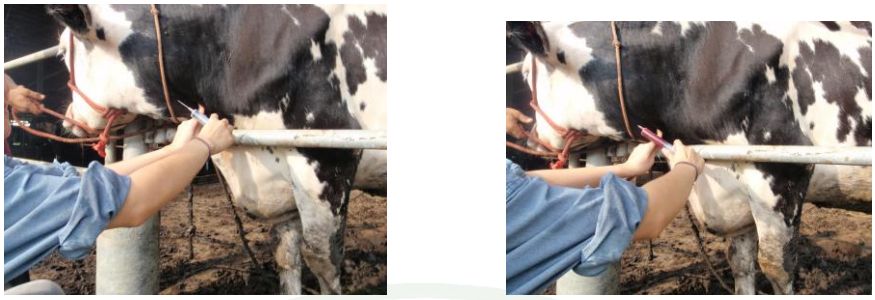
ภาพที่ 10 แสดงเครื่องตรวจองค์ประกอบน้ำนมดิบ (FOSS รุ่น Milko Scan FT 6000) และเครื่องตรวจนับเซลล์โซมาติก (FOSS รุ่น Fossomatic 5000)

4.3 ตัวอย่างเลือด

4.3.1 ทำการเจาะเลือดแม่โครีดนมที่บริเวณคอ (Jugular vein) จำนวน 20 มิลลิลิตร โดยแบ่งใส่หลอดเก็บพลาสม่า (ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด; EDTA, NaF) 10 มิลลิลิตร หลอดเก็บส่วนซีรั่ม (ไม่ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด) 10 มิลลิลิตร เพื่อเป็นตัวอย่างในการวิเคราะห์องค์ประกอบในพลาสม่า ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ การนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว และโปรเจสเตอโรน องค์ประกอบในซีรั่ม ได้แก่ ยูเรีย โปรตีนรวม โคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ HDL LDL และเบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทเรทในซีรั่ม โดยเจาะเก็บเลือดทุกๆ 10 วัน จำนวน 6 ครั้ง เก็บตัวอย่างเลือดในหลอดทดลองที่ไม่ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือดและใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือดชนิด EDTA และ NaF และส่งวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ

4.3.1.1 การวิเคราะห์ระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่า เจาะเก็บเลือดแม่โครีดนมในวันที่เป็นสัดครั้งที่ 2 หลังคลอด นับเป็นวันที่ 0 และเจาะเก็บเลือดซ้ำอีกครั้งในวันที่ 14 ซึ่งเป็นช่วงที่ระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่ามีค่าสูงที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 11 แสดงการเจาะเลือดโคที่บริเวณคอ (Jugular vein)

ภาพที่ 12 แสดงหลอดเก็บเลือดที่ใช้ในการทดลอง

(A) หลอดสีแดง (ไม่ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือด) ได้แก่ ยูเรีย โปรตีนรวม โคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ HDL LDL และเบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทเรท

(B) หลอดสีม่วง (ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือดชนิด EDTA) ได้แก่ การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ การนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว และโปรเจสเตอโรน

(C) หลอดสีเทา (ใส่สารป้องกันการแข็งตัวของเลือดชนิด NaF) ได้แก่ น้ำตาล

5. แผนการทดลอง

การศึกษาทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 แผนการทดลองดังนี้

5.1 ศึกษาถึงพฤติกรรมการกิน การพักผ่อน การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว และอุณหภูมิทวารหนักของแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) แบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของแผนการทดลอง ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

$$X_{ij} = \overline{X} + t_i + e_{ij}$$

เมื่อ i = จำนวน Treatment ในการทดลอง 1, 2, 3

j = จำนวนวัตถุทดลองในแต่ละ Treatment ตัวที่ 1, 2, 3,…, 9

$\overline{X}$ = ค่าเฉลี่ยของค่าสังเกตทั้งหมด

t_i = อิทธิพลของ Treatment ที่ i

e_{ij} = ความผันแปรของค่าสังเกตตัวที่ j ใน Treatment i

5.2 ศึกษาถึงสมรรถภาพการผลิตของแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น ได้แก่ ปริมาณโภชนะที่กินได้ต่อวัน ผลผลิต องค์ประกอบและคุณภาพของน้ำนม ค่าทางโลหิตวิทยา ค่าชีวเคมีของเลือด โปรเจสเตอโรนในพลาสม่า และวงรอบการเป็นสัดของแม่โครีดนมทดลอง โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์และมีการวัดซ้ำค่าสังเกต (Repeated measurement in completely random design) แบบหุ่นทางคณิตศาสตร์ของแผนการทดลอง ดังนี้

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_{k(i)} + T_j + AT_{ij} + e_{ijk}$$

เมื่อ Y_{ijk} = ค่าสังเกตของลักษณะที่ศึกษา จากปัจจัยของทรีตเมนท์ ที่ i และเวลาที่ j ซ้ำที่ k เมื่อ k = 1, 2, 3, 4

μ = Overall mean

A_i = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัยของทรีตเมนท์ที่ระดับ i เมื่อ i = 1,…, a

T_j = อิทธิพลเนื่องจากปัจจัย Time ที่ระดับ j เมื่อ j = 1, …, t

AT_{ij} = อิทธิพลร่วมเนื่องจากปัจจัยของทรีตเมนท์ที่ระดับ i และเวลาที่ระดับ j

$B_{k(i)}$ = อิทธิพลเนื่องจากตัวสัตว์ที่ระดับ k เมื่อ k = 1,…, 12

e_{ijk} = อิทธิพลของความคลาดเคลื่อนอื่นๆ ที่ไม่ได้พิจารณาในโมเดล

การศึกษาทดลองนี้วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ R-stat และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของทรีตเมนต์ โดยวิธี Least significant difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6. สถานที่ทำการวิจัย

1) ทำการศึกษาในฝูงแม่โครีดนมลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน ที่วฏกาญจน์ฟาร์ม สมาชิกสหกรณ์โคนมกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2) วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารแม่โครีดนม ณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

3) วิเคราะห์องค์ประกอบและคุณภาพน้ำนม ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์ ภาคตะวันตก กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ อำเภอจอมบึง จังหวัดราชบุรี

4) วิเคราะห์โลหิตวิทยา ณ ห้องปฏิบัติการสรีรวิทยา ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน และโรงพยาบาลสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน และหนองโพ จังหวัดนครปฐม

5) วิเคราะห์โลหิตวิทยา ณ โรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (กำแพงแสน) และโรงพยาบาลสัตว์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (หนองโพ) คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม

7. ระยะเวลาในการทำวิจัย

เริ่มทำการทดลองในเดือนเมษายน - มิถุนายน พ.ศ. 2552

8. **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1) การใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีศักยภาพสูงสำหรับการป้องกันการลดลงของการกินได้ของแม่โครีดนมในภูมิอากาศร้อนชื้น ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มผลิตภาพการผลิตของแม่โครีดนมด้วยต้นทุนการผลิตที่ลดลง

2) การใช้วัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมที่สามารถทดแทนอาหารหยาบ เพื่อเพิ่มผลิตภาพการผลิตของแม่โครีดนมด้วยต้นทุนการผลิตที่ลดต่ำลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลการทดลอง

ค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น

อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความชื้นและดัชนีอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน ดังแสดงในตารางที่ 6 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือน มีค่าสูงสุด-ต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเช้า มีค่าเท่ากับ 30.40 และ 25.60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือน มีค่าสูงสุด-ต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเย็น มีค่าเท่ากับ 35.00 และ 27.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน มีค่าสูงสุด-ต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเช้ามีค่าเท่ากับ 89.90 และ61.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน มีค่าสูงสุด-ต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเย็นมีค่าเท่ากับ 84.50 และ 59.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดัชนีอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน มีค่าสูงสุด-ต่ำสุดเฉลี่ยในช่วงเช้ามีค่าเท่ากับ 85.00 และ 71.25 ตามลำดับ ดัชนีอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือนมีค่าสูงสุด-ต่ำสุดในช่วงเย็นเท่ากับ 91.67 และ 76.10 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 อุณหภูมิสิ่งแวดล้อม ความชื้นและดัชนีอุณหภูมิและความชื้น ภายในโรงเรือน

รายการ	**เช้า (7.00 น.)**	**เย็น (17.00 น.)**
อุณหภูมิสิ่งแวดล้อมภายในโรงเรือน (องศาเซลเซียส)		
ต่ำสุด	25.60	27.50
สูงสุด	30.40	35.00
ความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเรือน (เปอร์เซ็นต์)		
ต่ำสุด	61.60	59.00
สูงสุด	89.90	84.50
ดัชนีอุณหภูมิและความชื้นภายในโรงเรือน*		
ต่ำสุด	71.25	76.10
สูงสุด	85.00	91.67

หมายเหตุ * ดัชนีอุณหภูมิและความชื้น (THI) = { (1.8 x Temp.(^{0}C)) + 32} - {0.55 – (0.0055 x Humidity (%)) } x { (1.8 x Temp. (^{0}C) + 32) -58} (Spiers *et al*., 2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุดิบอาหารทดลอง และองค์ประกอบโภชนะทางเคมี

อาหารแม่โครีดนมทดลองนี้ใช้วัตถุดิบอาหารทดลองในปริมาณใกล้เคียงกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 สิ่งที่แตกต่างกัน คือ แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.9 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 50.4 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 1 ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.3 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 37.9 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง 12.7 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มทดลองที่ 2 ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 38.7 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง 12.8 เปอร์เซ็นต์

อาหารทดลองมีองค์ประกอบโภชนะทางเคมีดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 อาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีโภชนะจากการวิเคราะห์ได้แก่ วัตถุแห้ง โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ และพลังงานสุทธิและโภชนะย่อยได้ที่ได้จากการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกัน นอกจากนั้นยังมีต้นทุนค่าอาหารที่ใกล้เคียงกันด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบอาหารทดลองและผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง

รายการ	สูตรอาหารผสมเสร็จ (กิโลกรัม)		
	ฟางข้าว	เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	กากแป้งมันสำปะหลัง
วัตถุดิบ (เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง)			
กากถั่วเหลือง	10.5	9.1	10.6
เมล็ดถั่วเขียวบด	24.4	24.5	24.5
รำข้าว	7.9	8.0	8.0
กากงา	7.3	7.3	7.3
ปลายข้าว	4.9	5.0	5.0
มันเส้น	18.0	18.9	13.7
กากซ๊อส	5.6	5.6	5.6
วิตามิน/แร่ธาตุ	2.4	2.5	2.5
เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	-	5.1	-
กากแป้งมันสำปะหลัง	-	-	8.8
ฟางข้าว	19.0	14.0	14.0
รวม	100	100	100
องค์ประกอบทางเคมี			
วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	87.4	87.1	87.1
โปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์)	15.2	15.3	15.3
ไขมันรวม (เปอร์เซ็นต์)	3.1	3.1	3.0
เยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม (เปอร์เซ็นต์)	27.9	27.3	27.5
- เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวจากการคำนวณ	14.1	10.4	10.4
- เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากการคำนวณ	-	3.5	3.5
โภชนะย่อยได้จากการคำนวณ (เปอร์เซ็นต์)	62.7	63.6	63.2
พลังงานสุทธิจากการคำนวณ (เมกกะแคลอรี่ต่อกก.วัตถุแห้ง)	1.6	1.5	1.5
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/กก.)	7.7	7.9	7.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปริมาณโภชนะที่กินได้ต่อวันและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

1. ปริมาณโภชนะที่กินได้ต่อวัน

แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณการกินได้เมื่อเปรียบเทียบเป็นน้ำหนักตัว ($p<0.05$) มีค่าสูงที่สุด และวัตถุแห้งต่อวัน ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังและกลุ่มควบคุม กลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินได้เมื่อเปรียบเทียบเป็นน้ำหนักตัว ($p<0.05$) มีค่าต่ำที่สุด และวัตถุแห้งต่อวันต่ำ ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังและเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีโปรตีนรวมและไขมันรวมที่กินได้ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่กินได้ ($p<0.05$) มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง และแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่กินได้ ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ($p<0.01$) สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง และแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณการกินได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกัน แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีโภชนะย่อยได้ที่กินได้ ($p<0.05$) มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง และแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีโภชนะย่อยได้ที่กินได้ ($p<0.05$) มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีพลังงานสุทธิที่กินได้ ($p<0.01$) มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง และแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีพลังงานสุทธิที่กินได้ ($p<0.01$) มีค่าต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีต้นทุนค่าอาหารสูงที่สุด (100.58 บาทต่อวัน) แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด (93.19 บาทต่อวัน)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีน้ำหนักตัวเฉลี่ยก่อนและหลังการทดลองไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 8 แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ($p<0.01$) มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง และแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว ($p>0.05$) มีค่าต่ำที่สุด ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง

ตารางที่ 8 ผลของอาหารทดลองต่อปริมาณโภชนะที่กินได้และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

รายการ	ฟางข้าว	เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	กากมันสำปะหลัง	SEM
ปริมาณโภชนะที่กินได้				
วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว)	2.98[ฉ]	3.13[ง]	3.06[จ]	0.60
วัตถุแห้ง (กิโลกรัมต่อวัน)	12.15[ก]	12.78[ก]	12.39[ข]	1.08
โปรตีนรวม (กิโลกรัมต่อวัน)	1.85	1.95	1.89	0.19
ไขมันรวม (กิโลกรัมต่อวัน)	0.37	0.39	0.37	0.06
เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ (กิโลกรัมต่อวัน)	3.39[จ]	3.49[ง]	3.40[จ]	0.35
- เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว (กิโลกรัมต่อวัน)	1.71[ก]	1.32[ข]	1.28[ข]	0.43
- เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ (กิโลกรัมต่อวัน)	-	0.44	0.44	-
โภชนะย่อยได้ (กิโลกรัมต่อวัน)	7.62[ฉ]	8.13[ง]	7.83[จ]	0.78
พลังงานสุทธิ (เมกกะแคลอรี่ต่อวัน)	18.83[ก]	19.68[ก]	19.08[ข]	1.88
ต้นทุนค่าอาหาร (บาทต่อวัน)	**93.19**	**100.58**	**95.15**	**-**
การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว				
น้ำหนักตัวเมื่อเริ่มต้นทดลอง (กิโลกรัม)	403.89	402.00	400.11	3.10
น้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลอง (กิโลกรัม)	411.22	413.89	408.67	3.09
อัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว (กรัมต่อวัน)	122.22[ข]	198.15[ก]	142.59[ข]	3.02

[ก, ข, ค] อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.01$)

[ง, จ, ฉ] อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิทวารหนัก

การทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังมีผลต่ออุณหภูมิทวารหนักแม่โครีดนมดังแสดงในตารางที่ 9 แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดนมมื้อเช้าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีอุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเช้าไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) และแม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดนมมื้อเช้า ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกับอุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเช้า

แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดนมมื้อเย็น ($p<0.01$) มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง และแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดนมมื้อเย็น ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีอุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเย็น ($p<0.05$) มีค่าสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง และแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีอุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเย็น ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดนมมื้อเย็น ($p<0.05$) สูงกว่าอุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเย็น และแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดนมมื้อเย็น ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกับอุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเย็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 อุณหภูมิทวารหนักก่อนและหลังรีดน้ำนมมื้อเช้าและอุณหภูมิทวารหนักก่อนและหลังรีดน้ำนมมื้อเย็น

รายการ (องศาเซลเซียส)	**ฟางข้าว**	**เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง**	**กากมันสำปะหลัง**	**SEM**
อุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดน้ำนมมื้อเช้า	39.07	39.31	38.95	0.39
อุณหภูมิทวารหนักหลังรีดน้ำนมมื้อเช้า	39.06	39.00	38.81	0.36
SEM	0.57	0.36	0.51	-
อุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดน้ำนมมื้อเย็น	$40.07^{ก}$	$39.53^{ข, 1}$	$39.52^{ข}$	0.42
อุณหภูมิทวารหนักหลังรีดน้ำนมมื้อเย็น	$39.83^{ก}$	$39.01^{ง, 2}$	$39.22^{ง}$	0.59
SEM	0.52	0.46	0.57	-

$^{ก, ข}$ อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.01$)

$^{ก, ง}$ อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

$^{1, 2}$ อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวตั้งแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

พฤติกรรมการกินอาหารและการพักผ่อน

แม่โครีดนมที่กินอาหารผสมเสร็จที่ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว มีผลต่อพฤติกรรมการกินอาหารของแม่โครีดนมทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 แม่โครีดนมทดลองที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลัง แสดงความถี่ในการเข้ากินอาหารต่ำกว่า ($p<0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวแต่ใช้ระยะเวลาการเข้ากินอาหารต่อมื้อมากกว่า ($p<0.01$) แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว

แม่โครีดนมที่กินอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว มีผลต่อพฤติกรรมการพักผ่อนของแม่โครีดนมทดลองดังแสดงในตารางที่ 10 แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มแสดงความถี่ในการพักผ่อนและใช้เวลาในการพักผ่อนต่อวันไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แม่โครีดนมทดลองที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองใช้ระยะเวลาในการพักผ่อนเฉลี่ยต่อครั้งนานที่สุด ($p<0.05$) เมื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง แต่แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังใช้เวลาพักผ่อนเฉลี่ยต่อครั้งไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 10 พฤติกรรมการกินและการพักผ่อน

รายการ	ฟางข้าว	เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	กากมันสำปะหลัง	SEM
ความถี่ในการเข้ากินต่อวัน (ครั้ง)	33.41[ก]	20.67[ข]	23.42[ข]	1.36
ระยะเวลาในการเข้ากินต่อวัน (นาที)	302.42	275.06	309.25	8.55
ระยะเวลาในการเข้ากินต่อมื้อ (นาที)	8.99[ข]	13.12[ก]	13.08[ก]	1.48
ความถี่ในการพักผ่อนต่อวัน (ครั้ง)	7.00	7.00	7.50	2.47
ระยะเวลาในการพักผ่อนต่อวัน (นาที)	431.08	664.75	544.92	11.74
ระยะเวลาในการพักผ่อนต่อครั้ง (นาที)	62.31[ง]	99.95[ก]	76.22[ง]	1.55

[ก, ข] อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.01$)

[ก, ง] อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ผลผลิต องค์ประกอบและคุณภาพของน้ำนม

1. ผลผลิตน้ำนม

แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบของฟางข้าวมีปริมาณน้ำนมสูงกว่า ($p<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มควบคุม แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณน้ำนม ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์สูงที่สุด ($p<0.05$) เมื่เปรียบเทียบกับแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลัง และแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ($p>0.05$) ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมดังแสดงในตารางที่ 11

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. องค์ประกอบและคุณภาพของน้ำนม

แม่โครีดนมทั้งสามกลุ่มการทดลองมีความเข้มข้นขององค์ประกอบและเซลล์โซมาติกในน้ำนมไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 11 แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองให้ผลผลิตไขมันนมและเนื้อนมรวมสูงกว่ากลุ่มแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากมันสำปะหลังและกลุ่มควบคุม ($p<0.01$) แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังให้ผลผลิตไขมันนมและเนื้อนมรวมไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองให้ผลผลิตโปรตีนนมสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.01$) แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังให้ผลผลิตโปรตีนนมที่ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากจากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกลุ่มควบคุม ($p>0.05$) แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองให้ผลผลิตน้ำตาลแลคโตสและเนื้อนมไม่รวมไขมันนมสูงกว่าแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากมันสำปะหลังและกลุ่มควบคุม ($p<0.01$) และแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังให้ผลผลิตน้ำตาลแลคโตสและเนื้อนมไม่รวมไขมันนมสูงกว่ากลุ่มควบคุม ($p<0.01$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 ปริมาณน้ำนม องค์ประกอบและคุณภาพน้ำนมของแม่โครีดนมทดลอง

ปริมาณและองค์ประกอบน้ำนม	ฟาง ข้าว	เปลือก เมล็ดถั่วเหลือง	กากมัน สำปะหลัง	ค่า มาตรฐาน*	SEM
ไขมันนม					
- เปอร์เซ็นต์	3.91	3.85	3.44	> 3.20	0.82
- กิโลกรัมต่อวัน	0.64[ข]	0.74[ก]	0.61[ข]	-	0.14
โปรตีนนม					
- เปอร์เซ็นต์	2.81	2.83	2.85	> 2.80	0.15
- กิโลกรัมต่อวัน	0.46[ข]	0.54[ก]	0.50[ก, ข]	-	0.02
น้ำตาลแลคโตส					
- เปอร์เซ็นต์	5.10	5.00	5.07	-	0.19
- กิโลกรัมต่อวัน	0.83[ค]	0.96[ก]	0.89[ข]	-	0.04
เนื้อนมไม่รวมไขมันนม					
- เปอร์เซ็นต์	8.56	8.33	8.55	> 8.25	0.18
- กิโลกรัมต่อวัน	1.40[ค]	1.60[ก]	1.51[ข]	-	0.03
เนื้อนมรวม					
- เปอร์เซ็นต์	12.41	12.02	12.03	> 12.00	0.88
- กิโลกรัมต่อวัน	2.03[ข]	2.31[ก]	2.13[ข]	-	0.15
เซลล์โซมาติก (cells x 1000)	421.80	364.10	337.90	$< 5 \times 10^5$	6.32
ปริมาณน้ำนม (กิโลกรัมต่อวัน)	16.30[จ]	19.25[ง]	17.65[ง, จ]	-	1.09
ปริมาณนมที่ปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ [1/] (กิโลกรัมต่อวัน)	16.10[จ]	18.80[ง]	16.21[จ]	-	0.44

***ที่มา**: กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (2551)

[ก, ข, ค] อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.01$)

[ง, จ] อักษร ที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

[1/] สูตรคำนวณ = [0.4 x ปริมาณน้ำนม (กก.)] + [15 x ปริมาณไขมันนม (กก.)]

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าทางโลหิตวิทยา

ผลการทดลองจากการเก็บค่าโลหิตวิทยาของแม่โครีดนมทดลองจำนวน 27 ตัว ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่มการทดลองๆ ละ 9 ตัว จากการนับเม็ดเลือดแดง (Red blood cell count) จำนวนเม็ดเลือดขาว (White blood cell count) การจำแนกเม็ดเลือดขาวแต่ละชนิดโดยคิดจากเปอร์เซ็นต์ สามารถจำแนกออกได้เป็น 6 ประเภท คือ แบนด์นิวโทรฟิล (Band neutrophils) เซ็กเมนต์นิวโทรฟิล (Segmented neutrophils) อีโอซิโนฟิล (Eosinophils) เบโซฟิล (Basophils) ลิมโฟซัยต์ (Lymphocytes) และโมโนซัยต์ (Monocytes) ค่าฮีโมโกลบิน ฮีมาโตคริต ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (Mean corpuscular volume; MCV) ปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular hemoglobin; MCH) ความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (Mean corpuscular hemoglobin con-centration; MCHC) และปริมาตรเกล็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (Mean platelet volume; MPV) จากการเจาะตรวจค่าทางโลหิตวิทยาของแม่โครีดนมทั้ง 3 กลุ่มการทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ($p>0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 12

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 ค่าทางโลหิตวิทยาของแม่โครีดนมทดลอง

รายการ	ฟางข้าว	เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	กากมันสำปะหลัง	ค่ามาตรฐาน*
จำนวนเม็ดเลือดขาว (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	8.70	8.51	8.58	4.0-12.0
จำนวนเม็ดเลือดแดง (x 10^6 ต่อไมโครลิตร)	6.16	5.85	6.01	5.0-10.0
ฮีโมโกลบิน (กรัมต่อเดซิลิตร)	8.60	8.60	8.50	8.0-15.0
ฮีมาโตคริต (เปอร์เซ็นต์)	26.80	26.90	26.30	24.0-46.0
ปริมาตรของเม็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (ฟลูอิด)	43.40	45.64	41.21	40.0-60.0
ปริมาณเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (พิกกะกรัม)	14.10	14.80	14.11	13.7-18.2
ความเข้มข้นเฉลี่ยของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง (กรัมต่อเดซิลิตร)	32.50	32.60	32.43	30.0-36.0
ปริมาตรของเกล็ดเลือดแดงโดยเฉลี่ย (ฟลูอิด)	5.45	6.28	5.17	3.5-6.5
แบนด์นิวโทรฟิล (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	0.09	0.19	0.09	0.0-2.0
เซ็กเมนต์นิวโทรฟิล (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	31.78	32.55	36.09	15.0-45.0
ลิมโฟซัยต์ (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	57.72	59.30	53.09	45.0-75.0
โมโนซัยต์ (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	4.50	4.79	5.43	2.0-7.0
อีโอซิโนฟิล (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	5.91	3.17	5.30	0.0-20.0
เบโซฟิล (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	0	0	0	0.0-2.0
พยาธิเม็ดเลือด (x 10^3 ต่อไมโครลิตร)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ

***ที่มา**: เฉลียว (2548)

ค่าชีวเคมีของเลือด

แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีค่าชีวเคมีต่อไปนี้ในระดับที่ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) คือ การวิเคราะห์องค์ประกอบในพลาสม่า ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส การตรวจนับเม็ดเลือดอย่างสมบูรณ์ การนับแยกชนิดเม็ดเลือดขาว และโปรเจสเตอโรน องค์ประกอบในซีรั่ม ได้แก่ ยูเรีย โปรตีนรวม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โคเลสเตอรอล ไตรกลีเซอไรด์ HDL LDL และเบต้า-ไฮดรอกซีบิวไทเรทในซีรั่ม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าชีวเคมีของเลือดแม่โครีดนมทดลอง

รายการ	ฟางข้าว	เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	กากมันสำปะหลัง	ค่ามาตรฐาน	SEM
น้ำตาลในพลาสม่า (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	69.19	73.78	70.96	60-100[1]	4.87
ยูเรียในซีรั่ม (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	14.85	14.00	14.29	10-20[2]	2.65
โปรตีนรวมในซีรั่ม (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	7.55	7.54	7.45	6.8-7.6[2]	0.87
โคเลสเตอรอลในซีรั่ม (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	133.36	132.45	132.06	> 80[3]	2.79
ไตรกลีเซอไรด์ในซีรั่ม (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	15.50	14.55	15.83	-	2.98
HDL ในซีรั่ม (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	95.05	94.27	94.33	-	7.44
LDL ในซีรั่ม (มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร)	23.36	21.77	21.11	-	3.62
เบต้า-ไฮดร้อกซีบิวไทเรทในซีรั่ม (มิลลิโมลต่อลิตร)	0.63	0.49	0.58	< 0.70[4]	0.30

[1] Lott และคณะ, (1975)

[2] พิสิทธิ์ และคณะ (2549)

[3] Banchart (1993)

[4] Ward และ Parker (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โปรเจสเตอโรนในพลาสม่าของแม่โครีดนมทดลอง

แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่าหลังตรวจพบคอร์ปัสลูเตียม ในวันที่ 0 และ 14 ของการเป็นสัดครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$)

ตารางที่ 14 โปรเจสเตอโรนในพลาสม่าของแม่โครีดนมทดลอง

รายการ	ฟางข้าว	เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	กากมันสำปะหลัง	SEM
โปรเจสเตอโรนในพลาสม่า (นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร)				
- หลังวันเป็นสัดครั้งที่ 2 ที่ 0 วัน	1.50	1.43	1.22	0.71
- หลังวันเป็นสัดครั้งที่ 2 ที่ 14 วัน	4.24	5.32	5.23	1.38

วงรอบการเป็นสัดของแม่โครีดนมทดลอง

แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีจำนวนวันหลังคลอดถึงวันที่เป็นสัดครั้งแรกไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากเมล็ดถั่วเหลืองมีจำนวนวันหลังคลอดถึงวันที่เป็นสัดครั้ง 2 สั้นที่สุด ($p<0.05$) ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังมีจำนวนวันหลังคลอดถึงวันที่เป็นสัดครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากเมล็ดถั่วเหลือง ($p>0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 15

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 15 แสดงวงรอบการเป็นสัดของแม่โครีดนมทดลอง

รายการ	ฟางข้าว	เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง	กากมันสำปะหลัง	SEM
จำนวนวันหลังคลอดถึงวันที่เป็นสัดครั้งแรก	41.33	40.78	41.00	2.23
จำนวนวันหลังคลอดถึงวันที่เป็นสัดครั้งที่ 2	62.89[ง]	59.78[ก]	61.33[ก, ง]	2.16

[ก, ง] อักษรที่กำกับตัวเลขในแถวนอนแสดงถึงความแตกต่างทางสถิติ ($p<0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจารณ์

อาหารทดลองในการศึกษาครั้งนี้ใช้สัดส่วนอาหารข้นระหว่าง 77.2-81 เปอร์เซ็นต์ซึ่งสูงกว่าที่กำหนดใน NRC (2001) แต่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวในปริมาณที่มากพอต่อการกระตุ้นให้เกิดการเคี้ยวเอื้อง (จีระชัย, 2549) ซึ่งยืนยันได้จากสุขภาพของแม่โครีดนมทดลองทั้ง27 ตัว แม้ว่าการทดลองนี้ไม่ได้ตรวจวัดระดับความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะหมัก แม่โครีดนมทดลองไม่ได้แสดงอาการป่วยเนื่องจากภาวะการเกิดกรดเกินและกีบอักเสบ

ค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น

Armstrong (1994) รายงานว่าถ้าสภาพแวดล้อมมีค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น ระหว่าง 72-78 หรือ ความชื้น 70 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส แม่โครีดนมที่ให้ผลผลิตนมมากจะอยู่ในสภาพเครียดเล็กน้อย (Mild stress) ถ้าค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น อยู่ระหว่าง 79-89 แม่โครีดนมจะเครียดปานกลาง (Moderate) ถ้าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น ระหว่าง 89-99 แม่โครีดนมจะอยู่ในสภาพเครียดจัด (Severe stress) ถ้าค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้น มากกว่า 99 แม่โครีดนมจะตายเนื่องจากความเครียดจากความร้อน แม่โครีดนมแสดงพฤติกรรมการตอบสนองต่อความเครียดเนื่องจากความร้อนของแม่โครีดนมโดยการลดปริมาณการกินอาหารเพื่อลดการสร้างความร้อนจากขบวนการหมักในกระเพาะรูเมน โดยเฉพาะลดปริมาณการกินอาหารหยาบเพื่อเป็นการลดการสร้างความร้อนจากกระบวนการย่อยและหมักอาหารในกระเพาะรูเมน นอกจากนั้นยังเพิ่มอัตราการหายใจมากขึ้นจนกระทั่งแสดงอาการหอบเพื่อเพิ่มการระบายความร้อนออกจากร่างกาย ทั้งนี้เพื่อรักษาอุณหภูมิร่างกายให้คงที่ท้ายที่สุดจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต การผลิตน้ำนมและความสมบูรณ์พันธุ์ของแม่โครีดนมค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้นต่ำสุดและสูงสุดเฉลี่ยของวันระหว่างการทดลองนี้มีค่าระหว่าง 71.25 และ 91.67 ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) ที่ทดลองในช่วงฤดูร้อน ค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้นดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าแม่โครีดนมทดลองอยู่ในสภาพภูมิอากาศที่มีความเครียดปานกลาง

คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง

การทดลองแบ่งอาหารทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม เพื่อให้แม่โครีดนมทดลองได้รับอาหารทดลองดังนี้ กลุ่มควบคุม ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.9 เปอร์เซ็นต์และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 50.4 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ 2 ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.3 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว 37.9 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง 12.7 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์รวม 27.5 เปอร์เซ็นต์ และเป็นสัดส่วนเยื่อใยในรูป

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผนังเซลล์จากฟางข้าว 37.7 เปอร์เซ็นต์ และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง 12.8 เปอร์เซ็นต์ โดยให้แม่โครีดนมกินอาหารได้เต็มที่ และถึงแม้ว่าแม่โครีดนมทดลองจะได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบจากฟางข้าว ก็ยังทำให้โปรตีนรวมและพลังงานสุทธิในอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรใกล้เคียงกัน

ปริมาณโภชนะที่กินได้และการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

1. ปริมาณโภชนะที่กินได้

ลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของอาหารจะมีผลโดยตรงต่อการกินได้ อาหารที่ทำให้สัดส่วนของกรดโปรปิโอนิคที่สูงจะทำให้เกิด Hypophagic effect มาก เนื่องจากจะเกิดการ Osmolality สูงขึ้นในกระเพาะเรติคิวโล-รูเมนร่วมกับการเกิด Specific effect ของกรดโปรปิโอนิค (Propionic) ซึ่งทั้ง Hypophagic และ Specific effect ดังกล่าวทำให้การกินได้ลดลงในสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตหนาว (Allen, 2000) อย่างไรก็ตามสัตว์เคี้ยวเอื้องในเขตร้อนชื้นจะมีความอยากอาหารลดลงซึ่งจะเชื่อมโยงกับกระบวนการเผาผลาญกรดอะซิติก เมื่อสารอาหารถูกดูดซึมไม่สมดุล (Leng *et al.,* 1994) นอกจากนั้นปัจจัยทางกายภาพที่จำกัดการกินได้ของอาหารที่มีเยื่อใยสูง คือ ความฟ่ามของอาหาร การเต็มของกระเพาะรูเมน อัตราและระยะเวลาในการย่อย อัตราการไหลผ่าน การเคี้ยวเอื้องและเวลาในการเคี้ยวเอื้อง (Sudweeks *et al.,* 1981) อาหารที่มีเยื่อใยสูงจะทำให้มีสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโปรปิโอนิคในรูเมนสูงขึ้น (Schwartz and Gilchrist, 1975) การทดลองครั้งนี้แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีปริมาณการกินได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบจากฟางข้าวสูงกว่าแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง การที่แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับกากแป้งมันสำปะหลังมีการกินได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบสูงกว่าทำให้มีการใช้อาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า เนื่องจากการย่อยได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบจากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังดีกว่าการย่อยได้ของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ (Grant, 1997) เมื่อให้แม่โครีดนมกินอาหารในปริมาณใกล้เคียงกัน ทำให้การใช้เวลาในการกินอาหารและการเคี้ยวเอื้องลดลง นอกจากนั้นอัตราการไหลผ่านยังดีกว่าเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบจากฟางข้าว (Grant, 1997) ในขณะเดียวกันแม่โคกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังซึ่งเป็นเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบมีความหนาแน่นมากกว่ามีค่าการย่อยได้สูงกว่าแต่มีความยาวของเยื่อใยสั้นกว่าเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ (Bhatti and Firkin, 1995) ทำให้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบใช้เวลาอยู่ในกระเพาะหมักน้อยกว่า (Firkin, 1997) เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหาร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

หยาบเมื่อทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลัง อาจจะทำให้แม่โครีดนมสามารถกินอาหารได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอาหารจะใช้เวลาอยู่ในกระเพาะหมักสั้นลง ส่วนอาหารหยาบคุณภาพต่ำจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักจะใช้เวลาย่อยนานขึ้น ซึ่งนอกจากจะก่อให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นจากกระบวนการย่อยอาหารแล้วยังทำให้อาหารอยู่ในกระเพาะหมักนานขึ้นส่งผลให้โคกินอาหารได้ลดลง ดังนั้น แม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวจึงกินอาหารได้น้อยกว่าแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลัง เนื่องจากเกิด Hypophagic effect ของกรดอะซิติกความฟ่ามของอาหารหยาบและอัตราการไหลผ่านของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบดังกล่าวมาข้างต้น

ผลงานทดลองนี้สอดคล้องกับงานทดลองของ Weidner และ Grant (1994) พบว่าถ้ามีการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนหญ้าอัลฟ่าฟ่าสับจะช่วยปรับปรุงการกินได้ของวัตถุแห้ง โดยปริมาณการกินอาหารต่อวันของกลุ่มควบคุมต่ำกว่า (23.16 กิโลกรัมต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง (25.81 กิโลกรัมต่อวัน) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) ที่รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบจากฟางข้าวมีผลทำให้การกินได้ของวัตถุแห้งลดลง

2. การเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัว

แม่โครีดนมกลุ่มควบคุมจากการทดลองมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวน้อยที่สุด (122.22 กรัมต่อวัน) แตกต่างจากแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวมากที่สุด (198.15 กรัมต่อวัน) ซึ่งสัมพันธ์กับการกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนรวมที่กินได้ ไขมันรวมที่กินได้ เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่กินได้ โภชนะย่อยได้ที่กินได้ และพลังงานสุทธิที่กินได้จะมีค่าลดลง เมื่อมีการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบจากฟางข้าว ทั้งนี้ในอาหารแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมมีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวสูงกว่าแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลัง จึงทำให้การกินได้ของวัตถุแห้งลดลง (Van Soest *et al*., 1991) เนื่องจากเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวมีค่าการย่อยได้ต่ำ (Wilson *et al*., 1989) จึงเกิดการอัดแน่นในกระเพาะหมัก ส่งผลทำให้แม่โครีดนมกินอาหารลดลง (Reynolds *et al*., 1991) อัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวจึงลดลง

แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวมากที่สุดซึ่งสัมพันธ์กับการกินได้ของวัตถุแห้งและพลังงานสุทธิที่กินได้จะมีค่าสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) รายงานว่าการลดลงของระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบทำให้น้ำหนักตัวเฉลี่ยต่อวันเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการกินได้ของวัตถุแห้ง โปรตีนรวม คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใย และพลังงานสุทธิเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าการกินได้ของอาหารและพลังงานสุทธิที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มแม่โครีดนมที่ได้รับการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวด้วยกากแป้งมันสำปะหลังมีอัตราการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวดีกว่า แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับแม่โครีดนมในกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว

อุณหภูมิทวารหนัก

ผลงานทดลองนี้แม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนและหลังรีดนมมื้อเช้าไม่แตกต่างกัน แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังมีอุณหภูมิทวารหนักก่อนและหลังรีดนมมื้อเย็นต่ำกว่าแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว เนื่องจากแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังมีการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ ทำให้มีสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวลดลง จึงมีมีปริมาณการกินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวลดลง ส่งผลให้เกิดความร้อนจากการย่อยและหมักเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของจุลินทรีย์ลดลง และความร้อนที่เกิดจากการใช้เวลาสำหรับการเคี้ยวเอื้องและกินอาหารหยาบต่ำลง (Sudarman and Ito, 2000) ซึ่งสอดคล้องกับ West และคณะ (2003) และ Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) รายงานว่าแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบในระดับที่สูงขึ้นทำให้อุณหภูมิทวารหนักก่อนหรือหลังรีดนมทั้งเช้าและบ่ายมีค่าสูงขึ้นด้วย Scott และ Grant (1960) รายงานว่าแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบในระดับที่สูง จะมีการกินได้ของอาหารหยาบลดลงและมีอุณหภูมิทวารหนักสูงขึ้น 0.28 องศา-เซลเซียส

นอกจากนั้นเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (Halachmi *et al.,* 2004) และกากแป้งมันสำปะหลัง (Kanjanapruthipong and Buatong, 2004) เป็นวัตถุดิบอาหารแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ เมื่อให้แม่โครีดนมกินอาหารในปริมาณใกล้เคียงกัน ทำให้แม่โครีดนมใช้เวลาในการกินอาหารลดลงและใช้เวลาในการพักผ่อนเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหมักเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบมีค่าน้อยกว่าจากการหมักเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบและระยะเวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะหมักลดลง (Grant, 1997) จึงทำให้แม่โครีดนมใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้อุณหภูมิทวารหนักที่เกิดขึ้นต่ำกว่ากลุ่มที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ (Halachmi *et al*., 2004)

แม่โครีดนมทดลองมีอุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเย็นต่ำกว่าอุณหภูมิทวารหนักก่อนรีดนมมื้อเย็น อาจเกี่ยวเนื่องกับปริมาณความร้อนที่สะสมอยู่ในน้ำนมที่รีดออกไป ส่งผลให้อุณหภูมิทวารหนักหลังรีดนมมื้อเย็นมีค่าลดลงได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พฤติกรรมการกินอาหารและการพักผ่อน

แม่โครีดนมทดลองที่ได้รับอาหารที่ทดแทนด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลัง แสดงความถี่ในการเข้ากินอาหารต่ำกว่า แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว แต่ใช้ระยะเวลาการเข้ากินอาหารต่อมื้อมากกว่า แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Halachmi และคณะ (2004) พบว่าแม่โครีดนมกลุ่มที่ทดแทนด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองกินอาหารต่อมื้อสูงกว่า และระยะเวลาในการกินเฉลี่ยต่อมื้อสูงกว่า (1.51 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้งต่อมื้อ และ 12.1 นาทีต่อมื้อตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (1.22 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้งต่อมื้อ และ 9.47 นาทีต่อมื้อตามลำดับ)

Zähner และคณะ (2004) รายงานว่าในช่วงฤดูร้อนค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้นในช่วงกลางวันสูงขึ้น (79-83) ส่งผลให้อุณหภูมิทวารหนักของแม่โครีดนมสูงขึ้น (38.2-38.8 องศาเซลเซียส) ระยะเวลาในการพักผ่อนสั้นลง (35.5±7.4 นาทีต่อชั่วโมง) ความถี่ในการพักผ่อนน้อยลง (0.73±0.17 ครั้งต่อชั่วโมง) แม่โครีดนมยืนนานขึ้น และระดับคอร์ติซอลในน้ำนมสูงขึ้น ทั้งนี้ค่าดัชนีอุณหภูมิและความชื้นที่สูงขึ้นนั้นส่งผลทำให้แม่โครีดนมอยู่ในสภาวะความเครียดเนื่องจากความร้อน ในขณะที่ Weidner และ Grant (1994) รายงานว่าแม่โครีดนมที่ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบจากหญ้าอัลฟ่าฟ่าสับ มีความถี่ในการเข้ากินอาหาร และระยะเวลาในการเคี้ยวเอื้องน้อยกว่าแม่โครีดนมกลุ่มควบคุมที่ได้รับอาหารหยาบ โดยไม่มีการทดแทนเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในสูตรอาหาร และแม่โครีดนมที่ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณการกินได้ของวัตถุแห้ง และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบสูงกว่า ดังนั้นการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ ทำให้ความถี่ในการเข้ากิน ใช้เวลาในการกินอาหารและการเคี้ยวเอื้องลดลง ใช้เวลาในการพักผ่อนนานขึ้น และใช้เวลายืนน้อยลง เป็นเพราะว่าความร้อนที่เกิดจากกระบวนการหมักและย่อยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบมีค่าน้อยกว่าจากการหมักเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ (Grant, 1997) และระยะเวลาที่อาหารอยู่ในกระเพาะหมักลดลงจึงทำให้แม่โครีดนมใช้อาหารอย่างมีประสิทธิภาพ (Halachmi *et al*., 2004) ถึงแม้ว่าแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบ มีการกินอาหารมากและมีผลผลิตน้ำนมมาก แต่มีการผลิตความร้อนน้อยกว่า แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบที่กินอาหารน้อยและให้ผลผลิตน้ำนมน้อยกว่า (Purwanto *et al*., 1990) ซึ่งสอดคล้องกับงานเขียนของ Arieli และคณะ (2004) ที่รายงานว่าแม่โครีดนมที่เลี้ยงในภูมิอากาศร้อน ต้องมีการปรับสูตรอาหารโดยการใช้แหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ไม่ใช่อาหารหยาบทดแทนแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบ (Clark and Armentano, 1997) ซึ่งสามารถลดสัดส่วนของกรดอะซิติก ต่อกรดโปรปิโอนิคลงได้ (Mowrey *et al*., 1999) การเปลี่ยนรูปแบบการหมักในกระเพาะหมักดังกล่าวอาจส่งผลให้ลดการเกิดความร้อนที่เกิดจากเมตาบอลิซึม (MacRae and Lobley, 1982)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลผลิตน้ำนม

1. ผลผลิตน้ำนม

แม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังและแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว เนื่องจากปริมาณการกินอาหารและพลังงานสุทธิสูงกว่า แม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างจากแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ถึงแม้การกินอาหารและพลังงานสุทธิของแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังสูงกว่า แต่ไม่ได้ทำให้ปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์สูงขึ้น เหตุผลที่แท้จริงไม่สามารถอธิบายได้ นอกจากนั้นแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณน้ำนมไม่แตกต่างจากแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง ถึงแม้แม่โครีดนมกลุ่มที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองกินอาหารและพลังงานสุทธิได้สูงกว่าแต่ไม่ได้ส่งผลให้ปริมาณน้ำนมสูงขึ้น ในทำนองเดียวกับแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณน้ำนมไม่แตกต่างจากแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว อย่างไรก็ตามแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณน้ำนมสูงกว่าแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Halachmi และคณะ (2004) ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบ (กลุ่มควบคุม) และทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (กลุ่มทดลอง) พบว่าปริมาณน้ำนมต่อวันต่ำกว่าในกลุ่มควบคุม (36.3 กิโลกรัมต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง (38.5 กิโลกรัมต่อวัน) และสอดคล้องกับงานทดลองของ Weidner และ Grant (1994); Halachmi และคณะ (2004) ทดลองใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนอาหารหยาบ พบว่าถ้ามีการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนหญ้าอัลฟ่าฟ่าสับในระดับสูงขึ้นจะช่วยปรับปรุงผลผลิตน้ำนมและปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่มควบคุมพบว่าปริมาณน้ำนมต่อวัน และปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่า (31.9 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้งต่อวัน และ 30.00 กิโลกรัมต่อวันตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลองที่ใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนหญ้าอัลฟ่าฟ่าสับในระดับสูงขึ้นจะมีผลผลิตน้ำนมและปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ สูงที่สุด (34.7 กิโลกรัมของน้ำหนักแห้งต่อวันและ 31.60 กิโลกรัมต่อวันตามลำดับ) Ipharraguerre และ Clark (2003) ศึกษาการทดแทนอาหารหยาบด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในระดับ 14-25 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำนมและปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์สูงขึ้นในแม่โครีดนม ทั้งนี้เป็นเพราะว่าแม่โครีดนมที่กินอาหารที่ประกอบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบจากฟางข้าวที่เพิ่มขึ้น ทำให้การกินได้ของวัตถุแห้งลดลง ซึ่งทำให้ปริมาณน้ำนมและปริมาณนมที่ปรับไขมันนมที่ 4 เปอร์เซ็นต์ ลดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สอดคล้องกับ Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบจากฟางข้าวมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมต่อวันและปริมาณนมที่ปรับไขมันที่ 4 เปอร์เซ็นต์ลดลง เนื่องจากอาหารหยาบเป็นสารตั้งต้นสำหรับสร้างไขมันนม แต่มีสารตั้งต้นของกลูโคสน้อย หากแม่โครีดนมกินอาหารหยาบหรืออาหารที่มีสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์น้อย น้ำนมที่ผลิตได้ก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นแต่จะมีความเข้มข้นของไขมันนมต่ำลง ในทางตรงกันข้ามหากแม่โครีดนมกินอาหารหยาบหรืออาหารที่มีสัดส่วนของเยื่อใยในรูปผนังเซลล์มาก น้ำนมที่ผลิตได้ก็จะมีปริมาณที่ลดลงแต่มีความเข้มข้นของไขมันนมสูงขึ้น หากอาหารมีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่ได้จากอาหารหยาบและอาหารข้นในสัดส่วนที่เหมาะสม แม่โครีดนมจะให้ผลผลิตน้ำนมมากและไขมันนมอยู่ในระดับปกติ เมื่อแม่โครีดนมกินอาหารหยาบที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในระดับสูง เช่น ฟางข้าว เปรียบเทียบกับอาหารหยาบที่เยื่อใยในรูปผนังเซลล์ในระดับต่ำ เช่น ต้นข้าวโพด แม่โครีดนมจะให้ผลผลิตน้ำนมน้อยแต่มีความเข้มข้นของไขมันนมสูงกว่า

2. องค์ประกอบและคุณภาพของน้ำนม

แม่โครีดนมที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง และเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง มีความเข้มข้นของไขมันนม โปรตีนนม น้ำตาลแลคโตส เนื้อนมไม่รวมไขมันนม และเนื้อนมรวมไม่แตกต่างกัน ถึงแม้ว่าแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวน้อยกว่า แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ก็ไม่ได้ส่งผลให้ความเข้มข้นของไขมันนมลดลง ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Weidner และ Grant (1994) รายงานว่าแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนหญ้าอัลฟัลฟ่าสับที่สูงขึ้นจะทำให้ความเข้มข้นของไขมันนมลดลง โดยกลุ่มที่ทดแทนอาหารหยาบด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีความเข้มข้นของไขมันนมที่ต่ำที่สุด (3.36 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (3.56 เปอร์เซ็นต์) และสอดคล้องกับงานทดลองของ Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) พบว่าการเพิ่มขึ้นของระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบมีผลทำให้ความเข้มข้นของไขมันนมลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าความเข้มข้นของไขมันนมขึ้นกับระดับเยื่อใยจากอาหารหยาบ โดยทั่วไปจะเพิ่มค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนและทำให้สัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโปรปิโอนิคเพิ่มขึ้น (Armentano and Pereira, 1997) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ในกระเพาะรูเมนและสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโปรปิโอนิค มีความสัมพันธ์กันอย่างเด่นชัด (Firkins, 1997) ซึ่งทั้ง 2 ค่ามีความเกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของไขมันนม (เปอร์เซ็นต์) (Erdman, 1988) เนื่องจากกรดอะซิติก และกรดบิวไทริก เป็นสารตั้งต้นสำหรับการผลิตไขมันนมและไขมันที่สะสมตามอวัยวะต่างๆ ของร่างกาย ปริมาณของไขมันนมจะมากหรือน้อย ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดอะซิติก ที่ผลิตได้ในกระเพาะหมักเป็นหลัก (Erdman, 1988) ปริมาณของกรดอะซิติกจะผันแปรตามสัดส่วนของอาหารหยาบหรือเยื่อใยในอาหารที่เลี้ยงแม่โครีดนม ทั้งนี้ปริมาณและสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายที่ถูกผลิตขึ้นในกระเพาะหมัก ผันแปรตาม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สัดส่วนและปริมาณของแป้งและเยื่อใยที่ใช้เลี้ยงแม่โครีดนม สัดส่วนของกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นเมื่อแม่โครีดนมกินอาหารที่มีเยื่อใยหรืออาหารหยาบมากขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อแม่โครีดนมกินอาหารที่มีสัดส่วนของแป้งหรืออาหารข้นมากขึ้นสัดส่วนของกรดโปรปิโอนิคจะเพิ่มขึ้น (จีระชัย, 2549)

แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวมีปริมาณของไขมันนมสูงสุด (0.74 กิโลกรัมต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม (0.64 กิโลกรัมต่อวัน) สอดคล้องกับการทดลองของ Halachmi และคณะ (2004) ศึกษาผลของการทดแทนอาหารหยาบด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อพฤติกรรมการกินและผลผลิตน้ำนมในแม่โครีดนมภายใต้สภาวะเขตร้อน พบว่ากลุ่มควบคุมมีปริมาณของไขมันนมต่ำกว่า (1.23 กิโลกรัมต่อวัน) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง (1.31 กิโลกรัมต่อวัน) ทั้งนี้ผลของการที่ปริมาณของไขมันนมในกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่านั้นเกิดจากการที่แม่โครีดนมกลุ่มที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณของกรดอะซิติก ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างไขมันนมสูงกว่า อย่างไรก็ตามแม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณของไขมันนม (0.61 กิโลกรัมต่อวัน) ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมที่ได้รับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ที่สะท้อนถึงปริมาณของกรดอะซิติก ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างไขมันนมที่ไม่แตกต่างกัน (Mowrey *et al.,* 1999) แม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณไขมันนม ไม่แตกต่างจากแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ถึงแม้การกินอาหารและพลังงานสุทธิของแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังสูงกว่า แต่ไม่ได้ทำให้ปริมาณไขมันนมสูงขึ้น เหตุผลที่แท้จริงที่ทำให้ปริมาณไขมันนมดังกล่าวไม่แตกต่างกันไม่สามารถอธิบายได้

Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) รายงานว่าการเพิ่มขึ้นของระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบมีผลทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนนมลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปริมาณการกินโปรตีนลดลงเมื่อระดับเยื่อใยในอาหารหยาบเพิ่มขึ้น ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของ Weidner และ Grant (1994) และ Halachmi และคณะ (2004) ที่ใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบ ซึ่งทำให้ความเข้มข้นของโปรตีนนมไม่ได้เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการทดลองนี้ที่แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง ก็ไม่ได้ส่งผลให้ความเข้มข้นของโปรตีนนมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าปริมาณการกินโปรตีนของแม่โครีดนมไม่แตกต่างกัน

Weidner และ Grant (1994) และ Halachmi และคณะ (2004) ที่ใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนแหล่งเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ที่เป็นอาหารหยาบ ซึ่งทำให้ปริมาณของโปรตีนนมเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับผลการทดลองนี้ที่แม่โครีดนมกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลัง ส่งผลให้ปริมาณของโปรตีนนมเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และกากแป้งมันสำปะหลังน่าจะทำให้อัตราการไหลผ่านของอาหารออกจากกระเพาะรูเมนเร็วขึ้น (Grant, 1997) ซึ่งทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ไปสู่ลำไส้เล็กเพิ่มขึ้น (Cunningham *et al.,* 1993) อย่างไรก็ตามไม่สามารถอธิบายได้ว่า แม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนนม ไม่แตกต่างจากแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเมล็ดถั่วเหลืองและแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ถึงแม้การกินอาหารและพลังงานสุทธิแตกต่างกัน

การทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารข้นด้วยการเพิ่มระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังไม่ได้ทำให้ความเข้มข้นของแลคโตสแตกต่างกัน (Kanjanapruthipong and Buatong, 2004) เช่นเดียวกันกับการทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (Halachmi *et al.,* 2004) และทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ของอาหารหยาบด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังของการทดลองนี้ก็ไม่ได้ทำให้ความเข้มข้นของแลคโตสในน้ำนมแตกต่างกัน

แม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเมล็ดถั่วเหลืองให้ปริมาณน้ำตาลแลคโตสสูงกว่าแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากกากแป้งมันสำปะหลังและแม่โครีดนมที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ทั้งนี้เพราะปริมาณการกินอาหารและพลังงานสุทธิแตกต่างกัน ซึ่งทำให้ปริมาณกลูโคสไปสู่เต้านมเพิ่มขึ้น เนื่องจากกลูโคสเป็นสารตั้งต้นหลักสำหรับการผลิตน้ำตาลนมและเป็นโภชนะที่กำหนดปริมาณการผลิตน้ำนม หากกลูโคสในพลาสม่าถูกลำเลียงมาที่เต้านมมากตามความสามารถในการผลิตน้ำนม เต้านมจะผลิตน้ำตาลนมและน้ำนมในปริมาณมาก (Bickerstaffe *et al.,* 1974)

ค่าทางโลหิตวิทยา

แม่โครีดนมจะให้น้ำนมที่มีคุณภาพจำเป็นต้องมีสุขภาพที่ดี โดยมีวิธีการตรวจสอบสุขภาพแม่โครีดนมกันอย่างกว้างขวางแต่ที่นิยม คือ การตรวจค่าโลหิตวิทยา ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย สะดวกและสามารถประมวลผลได้รวดเร็ว โดยการเจาะเก็บเลือดจากบริเวณเส้นเลือดดำที่บริเวณคอ (Jugular vein) จากนั้นเก็บเลือดไว้ในหลอดเก็บเลือดที่มีสารป้องกันการแข็งตัวของเลือดชนิด EDTA ผลการทดลองจากการเก็บค่าโลหิตวิทยาของแม่โครีดนมทดลองที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากมันสำปะหลัง พบว่าการหาค่าเม็ดเลือดแดงของกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 6.16 x 10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองค่าเฉลี่ย 5.85 x 10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร และกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังค่าเฉลี่ย 6.01 x 10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับศิริชัย (2528) ซึ่งพบว่าค่าเม็ดเลือดแดงของแม่โครีดนมมีค่า 5.61 x 10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกัน จากการศึกษา Silva และคณะ (1999) รายงานค่าเฉลี่ยของเม็ด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลือดแดงในแม่โครีดนมว่ามีค่าประมาณ 5.0-10.0 x 10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร และ Kumar และคณะ (2000) พบว่าค่าเฉลียเม็ดเลือดแดงในแม่โครีดนมมีค่า 5.12-9.48 x 10^6 เซลล์ต่อไมโครลิตร เมื่อเปรียบเทียบจากค่าทีทำการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันเพียง

การหาค่าเม็ดเลือดขาว จากการทดลองพบว่าเม็ดเลือดขาวในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 8.70 x 10^3 เซลล์ต่อไมโครลิตร กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ย 8.51 x 10^3 เซลล์ต่อไมโครลิตร และกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังค่าเฉลี่ย 8.58 x 10^3 เซลล์ต่อไมโครลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับ Silva และคณะ (1999) ซึ่งพบว่าค่าเม็ดเลือดขาวมีค่า 4-12 เซลล์ต่อไมโครลิตร ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ศิริชัย (2528) ทำการทดลองหาค่าเม็ดเลือดขาวในแม่โครีดนมพบว่ามีค่าเท่ากับ 3.1-10 เซลล์ต่อไมโครลิตร

เม็ดเลือดขาวจำแนกออกเป็น แบนด์นิวโทรฟิล เซ็กเม้นต์นิวโทรฟิล อีโอซิโนฟิล เบโซฟิล ลิมโฟซัยต์และโมโนซัยต์ การหาค่าเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือแบนด์นิวโทรฟิลและเซ็กเม้นต์นิวโทรฟิล จากการทดลองในแม่โครีดนมทดลอง พบว่าแบนด์นิวโทรฟิลในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 0.09 เปอร์เซ็นต์กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองค่าเฉลี่ย 0.19 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง ค่าเฉลี่ย 0.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ Jain (1993) และสถาพร และเสาวนิตย์ (2531) พบว่าค่าเม็ดเลือดขาวในแม่โครีดนมชนิดแบนด์นิวโทรฟิลมีค่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสอดคล้องกัน ศิริชัย (2528) และ Silva และคณะ (1999) ทำการทดลองในแม่โครีดนม พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.0-4.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับที่ได้จากการทำการทดลองสำหรับเซ็กเม้นต์นิวโทรฟิล ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 31.78 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ย 32.55 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลัง ค่าเฉลี่ย 36.09 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ Jain (1993) พบว่าในแม่โครีดนมมีค่า 28.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกัน Silva และคณะ (1999) ในแม่โครีดนมที่มีค่าอยู่ในช่วง 15.0-45.0 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำผลการทดลองไปเปรียบเทียบกับสถาพรและเสาวนิตย์ (2531) ซึ่งพบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดเซ็กเม้นต์นิวโทรฟิล มีค่าอยู่ที่ 25.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกับผลการทดลองที่ได้เพียงเล็กน้อย และศิริชัย (2528) ทำการทดลองพบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 12.0-54.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความสอดคล้องกับค่าที่ได้จากการทดลอง นิวโทรฟิลบอกได้ถึงสุขภาพของสัตว์ต่อการติดเชื้อของสัตว์โดยการปล่อยนิวโทรฟิลออกสู่กระแสเลือด ซึ่งถ้าติดเชื้อรุนแรงนิวโทรฟิลที่อายุน้อย คือ แบนด์นิวโทรฟิล จะถูกปล่อยออกมาด้วย ในกรณีที่มีการติดเชื้อปรสิตค่าเม็ดเลือดขาวชนิดนิวโทรฟิล ในแม่โครีดนมมีค่า 35.62+10.44 และในโคเนื้ออยู่ที่ 33.43+9.55 (Silva *et al.,* 1999)

การหาค่าเม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิลในแม่โครีดนม จากการทดลองพบว่าเม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิล ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 5.91 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีค่าเฉลี่ย 3.17 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 ค่าเฉลี่ย 5.30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับสถาพรและเสาวนิตย์ (2531) ที่ศึกษาในแม่โครีดนม ซึ่งพบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิลมีค่า 16.43

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีความแตกต่างกัน ศิริชัย (2528) ทำการทดลองในแม่โครีดนม พบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิล มีค่าอยู่ในช่วง 2.0-25.0 เปอร์เซ็นต์ Silva และคณะ (1999) พบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิลในแม่โครีดนมมีค่าอยู่ในช่วง 2.0-20.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยกับค่าที่ได้จากการทดลอง และเมื่อเปรียบเทียบกับ Jain (1993) ซึ่งพบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิลในแม่โครีดนมมีค่า 9.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกับผลการทดลองเพียงเล็กน้อย ในกรณีที่เกิดการติดเชื้อปรสิตค่าเม็ดเลือดขาวชนิดอิโอซิโนฟิลในแม่โครีดนมอยู่ที่ 7.5+4.58 เปอร์เซ็นต์ ในโคเนื้ออยู่ที่ 6.91+2.45 เปอร์เซ็นต์ (Silva *et al.,* 1999)

การหาค่าเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนซัยต์ในแม่โครีดนม จากการทดลองพบว่าเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนซัยต์ในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 4.50 เปอร์เซ็นต์กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองค่าเฉลี่ย 4.79 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ได้รับกากมันสำปะหลังค่าเฉลี่ย 5.43 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับ Jain (1993) และ Silva และคณะ (1999) รายงานว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนซัยต์ในแม่โครีดนมมีค่า 4.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ศิริชัย (2528) ทำการทดลองในแม่โครีดนม พบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดโมโนซัยต์ คือ 0.0-7.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ในกรณีที่เกิดการติดเชื้อปรสิต ค่าของเม็ดเลือดชนิดโมโนซัยต์ ในแม่โครีดนมอยู่ที่ 11.87+4.61 เปอร์เซ็นต์ และโคเนื้ออยู่ที่ 9.43-2.49 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานที่อยู่ที่ 4.0 เปอร์เซ็นต์ หรืออยู่ในช่วง 2-7 เปอร์เซ็นต์ (Silva *et al.,* 1999)

การหาค่าเม็ดเลือดขาวชนิดแบโซฟิลในแม่โครีดนม จากการทดลองเม็ดเลือดขาวชนิดแบโซฟิลไม่พบในทุกกลุ่มการทดลอง เมื่อเปรียบเทียบกับ Jain (1993) ที่ศึกษาในแม่โครีดนมซึ่งพบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดแบโซฟิลมีค่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันเล็กน้อย ศิริชัย (2528) ทำการทดลองพบว่าค่าเม็ดเลือดขาวในแม่โครีดนมชนิดแบโซฟิล คือ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกัน และ Silva และคณะ (1999) พบว่าค่าเม็ดเลือดขาวชนิดแบโซฟิลในแม่โครีดนม มีค่าอยู่ในช่วง 2.0-7.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันในกรณีมีการติดเชื้อปรสิตค่าเม็ดเลือดขาวชนิดแบโซฟิลจะอยู่ที่ 0.56+1.50 เปอร์เซ็นต์ ในโคเนื้อและแม่โครีดนมซึ่งอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน คือ 0-2 หรือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Silva *et al.,* 1999)

การหาค่าเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟซัยต์ในแม่โครีดนม เม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟซัยต์ที่ได้จากการทดลองในกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ย 57.72 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองค่าเฉลี่ย 59.30 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มที่ 3 ค่าเฉลี่ย 53.09 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีความแตกต่างกับค่าที่ Jain (1993) และ Silva และคณะ (1999) ที่ศึกษาในแม่โครีดนมได้รายงานไว้ คือ 58.0 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ ศิริชัย (2528) ได้รายงานค่าเม็ดเลือดขาวชนิดลิมโฟซัยต์ในแม่โครีดนมว่ามีค่าอยู่ในช่วง 24.0-76.0 เปอร์เซ็นต์ และ สถาพรและเสาวนิตย์ (2531) ได้ทำการศึกษาค่าเม็ดเลือดในแม่โครีดนมและได้รายงานจำนวนเซลล์ลิมโฟซัยต์ ว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 53.4 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความแตกต่างกันกับค่าที่ได้จากการทดลองเพียงเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค่าชีวเคมีในเลือด (Blood metabolites)

Kanjanapruthipong และ Thaboot (2006) รายงานว่าการใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวที่ระดับ 12.8, 14.8, 16.8 และ 18.8 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง โดยมีระดับเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารข้น 10.2 เปอร์เซ็นต์ ของวัตถุแห้ง ทำให้ระดับน้ำตาลในพลาสม่าลดลง ขณะที่ระดับยูเรียในซีรั่ม คอร์ติซอล LDL ในซีรั่ม ระดับโปรตีนรวมในซีรั่มและเบต้า-ไฮดร้อกซีบิวไทเรทในซีรั่มสูงขึ้น ส่วนระดับไตรกลีเซอร์ไรด์ในซีรั่ม โคเลสเตอรอลในซีรั่ม และ HDL ในซีรั่ม ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งแตกต่างจากการทดลองนี้ที่แม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลังไม่ได้ทำให้ค่าชีวเคมีในเลือดดังกล่าวแตกต่างกัน ถึงแม้ว่าปริมาณการกินอาหารและพลังงานจะมีความแตกต่างกัน

โปรเจสเตอโรนในพลาสม่าของแม่โครีดนมทดลอง

Burchard (1998) รายงานว่าเมื่อตรวจพบระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่ามากกว่า 1 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร หมายความว่าคอร์ปัสลูเตียมเริ่มทำงาน (Functional corpus luteum) การทดลองนี้ตรวจพบระดับโปรเจสเตอโรนในพลาสม่าหลังวันเป็นสัดครั้งที่ 2 ที่ 0 วันของแม่โครีดนมทดลองทั้ง 3 กลุ่มมีค่าระหว่าง 1.22-1.50 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งยืนยันว่าแม่โครีดนมทั้ง 3 กลุ่มมีคอร์ปัสลูเตียมที่ทำงาน ขณะที่ Srivastava และคณะ (2008) รายงานว่าแม่โครีดนมมีค่าโปรเจสเตอโรนในพลาสม่าสูงสุดในวันที่ 15 ของรอบการเป็นสัด (6.20 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองนี้ที่แม่โครีดนมทั้ง 3 กลุ่มมีค่าโปรเจสเตอโรนในพลาสม่าระหว่าง 4.24-5.32 นาโนกรัมต่อมิลลิลิตร อย่างไรก็ตามแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีจำนวนวันหลังคลอดถึงเป็นสัดครั้งที่ 2 น้อยกว่าแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่มีเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว แต่ไม่แตกต่างกับแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์ด้วยกากแป้งมันสำปะหลัง ทั้งนี้น่าจะเป็นผลมาจากปริมาณการกินอาหารและพลังงานที่มากกว่า

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

แม่โครีดนมที่กินอาหารที่ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าวด้วยเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากแป้งมันสำปะหลัง มีปริมาณการกินโภชนะและพลังงานเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักตัวสูงขึ้น อุณหภูมิทวารหนักก่อนและหลังรีดนมในมื้อเย็นต่ำกว่ากลุ่มที่กินเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากฟางข้าว ความถี่ในการเข้ากินต่อวัน (ครั้ง) ลดลง และใช้เวลาในการเข้ากินต่อมื้อสูงขึ้น นอกจากนั้นแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่มีเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองให้ปริมาณน้ำนมและปริมาณน้ำนมที่ปรับไขมันนม 4 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่มีฟางข้าว แต่แม่โครีดนมทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวให้ผลผลิตน้ำนมไม่ต่างจากแม่โครีดนมที่ได้รับอาหารที่มีกากแป้งมันสำปะหลัง ผลการทดลองพอสรุปได้ว่าอาหารที่ใช้เยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองและกากมันสำปะหลัง สามารถใช้ทดแทนเยื่อใยในรูปผนังเซลล์จากอาหารหยาบบางส่วนในอาหารแม่โครีดนมภายใต้เขตร้อนชื้น โดยส่งผลให้มี Metabolic efficiency สูงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ควรใช้จำนวนแม่โครีดนมทดลองเพิ่มขึ้น เพื่อเพิ่มความแม่นยำในทางสถิติ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2551. **ค่ามาตรฐานในการตรวจคุณภาพน้ำนม.** กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา: http://www.dld.go.th/vrd_wp/milk/milk.htm, 10 พฤษภาคม 2552.

กฤตพล สมมาตย์และคณะ. 2548. การใช้กากมันสำปะหลังเป็นอาหารโคนม *ใน* **การสัมมนาทางสัตวศาสตร์ ครั้งที่ 4.** ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จตุพร กระจายศรี. 2549. **สูติศาสตร์ และเธนุเวชวิทยาในโคเพศเมีย (Obstetrics and Gynecology in Female Cattle).** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, กรุงเทพ.

จีระชัย กาญจนพฤฒิพงศ์. 2549. **การจัดการฝูงโคนม.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ฉลอง วชิราภากร. 2546. การจัดการด้านอาหารโคนมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนม. *ใน:* **เอกสารประกอบการประชุมวิชาการโคนม เรื่อง "น้ำนมโคคุณภาพสู่ผู้บริโภค"** 23-24 มกราคม พ.ศ. 2546, ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

ชาญวิทย์ วัชรพุกก์. 2547. **การจัดการเลี้ยงดูโคนม.** ตอนที่1. แหล่งที่มา: http://www.ku.ac.th/e-magazine/october47/agri/cow.html, 15 มิถุนายน 2552.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2532. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ทัศนีย์ ชมภูจันทร์, มนัสนันนท์ ประสิทธิรัตน์ และมนยา เอกทัตร์. 2539. **คู่มือการดูแลสุขภาพโคนม**. สถาบันสุขภาพสัตว์แห่งชาติ. ฟันนี่พับบลิชิ่ง.

ณัฐนิตย์ ป่วนปาน. 2550. **การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนข้าวโพดบดในอาหารโคนม.** สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา

ธีรพงศ์ ธีรภัทรสกุล, อุษุมา กู้เกียรตินันท์ และกฤษ อังคนาพร. 2529. การศึกษาอุบัติการณ์โรคเต้านมอักเสบด้วยวิธีการนับจำนวนเซลล์ในน้ำนม. **สัตวแพทยสาร**. 38 (2): 131-146.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธันวา ไวยบท. 2547. **การผลิตโคนม**. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์. 2550. **การใช้กากมันสำปะหลังในอาหารโคนม.** ศูนย์วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 4, นครสวรรค์.

พิพัฒน์ สมภาร. 2551. **พฤติกรรมของสัตว์เลี้ยง: หลักการทางชีววิทยา** ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, ปทุมธานี.

พิสิทธิ์ สุวรรณโชติ และ พรทิพย์ ธงคาศรี. 2549. **ปฏิบัติการชีวเคมีทางสัตวแพทย์.** หน้า 10-14.

พีรพจน์ นิติพจน์ และ กฤตพล สมมาตย์. 2546. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของกากมันสำปะหลัง และเปลือกมันสำปะหลังโดยวิธี In vitro gas production technique. *ใน* **การสัมมนาวิชาการเกษตร** คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. ภาควิชาสัตวศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

มาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2548. **น้ำนมดิบ**. สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. แหล่งที่มา : http//www.acfs.go.th. 5 สิงหาคม 2551.

วรพงษ์ สุริยจันทราทอง. 2535. **วิธีวิเคราะห์แบบ Detergent.** ศูนย์วิจัยอาหารสัตว์ปากช่อง กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, นครราชสีมา.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. **นมและผลิตภัณฑ์นม.** โอ.เอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, กรุงเทพฯ.

วิไลวรรณ ตันจ้อย, นาฎนลิน ศาสตรี, ธีระพร สาราณียะธรรม, ระพี โรจนอุไร และ ประไพพิศ สุปรารภ. 2552. **พัฒนาการผลิตน้ำยาตรวจวิเคราะห์โปรเจสเตอโรนในน้ำนมโค (Development of ria reagents for milk progesterone measurements in dairy cows).** กองผลิตไอโซโทป สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริรัตน์ บัวผัน. 2546. **ผลของการเพิ่มระดับมันเส้นในอาหารผสมเสร็จ ต่อปริมาณโซมาติกเซลล์ จุลินทรีย์ อะฟลาท็อกซิน และเปอร์ออกซิเดสในน้ำนมโค.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการสัตวแพทย์. 2551. **ค่ามาตรฐานในการตรวจคุณภาพน้ำนม.** กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สมิต ยิ้มมงคล และ สุกัญญา จัตตุพรพงษ์. 2552. **การใช้กากมันสำปะหลังแห้งเป็นอาหารสัตว์.** ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์สถาบันสุวรรณวาจกกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

สรรเพชญ โสภณ. 2530. **วงรอบการเป็นสัด การกระตุ้นการเป็นสัดในโคและการเตรียมตัวรับ.** สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

อมรเดช พุทธิพิพัฒน์ขจร และ เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ. 2542. **ความเป็นไปได้ในการใช้กากมันสำปะหลังหมักเป็นอาหารเลี้ยงสัตว์.** วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

โอสถ นาคสกุล และ ยวงยศ จินดาทะจักร์. 2544. **ผลของไขมันเคลือบต่อผลผลิตน้ำนมโครระยะ 3 สัปดาห์แรกของการให้นม** กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ หน้า 233 – 245.

Aich, A.EI., N.EI. Assouli, A. Fathi, P. Morand-Fehr and A. Bourbouze. 2007. Ingestive behavior of goats grazing in the Southwestern Argan (Argania spinosa) forest of Morocco**. Small ruminant Res**. 70: 248-256

Arieli, A. A. Rubinstein, U. Moallem, Y. Aharoni and I. Halachmi 2004. The effect of fiber. characteristics on thermoregulatory responses and feeding behavior of heat stressed cows. **J.Thermal Biology.** 29: 749-751.

Armstrong, D.V. 1994. Heat stress interaction with shade and cooling. **J. Dairy Sci**. 77: 2044.

Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **J. Dairy. Sci.** 83:1598-1624.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Batajoo, K.K. and R.D. Shaver. 1994. Impact of nonfiber carbohydrate on intake, digestion, and milk production by dairy cows. **J. Dairy. Sci.** 77(6): 1580-8.

Beauchemin, K.A., B. Farr, L.M. Rode and G.B. Schaalje. 1994. Optimal neutral detergent fiber concentration of barley-based diets for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 4: 77.

Bhatti, S.A. and J.L. Firkin. 1995. Kinetics of hydration and functional specific gravity of fibrous feed by-products. **J Anim. Sci.** 73: 1447-1458.

Butler, W.R., J.J. Calaman and S.W. Beam. 1996. Plasma and milk urea nitrogen in relation to pregnancy rate in lactating dairy cattle**. J. Anim. Sci**. 74:858-865.

Burchard, J.F., D.H. Nguyen and E. Block . 1998. Progesterone concentrations during estrous cycle of dairy cows exposed to electric and magnetic fields**. J. Anim. Sci** 19(7):438-43.

Cerbulus, J. and H.M. Farrell. 1975. Composition of milk of dairy cattle. I. Protein, lactose and fat contents and distribution of protein fraction. **J. Dairy Sci**. 58: 17-827.

Church, D.C. 1979. **Digestive physiology and nutrition of ruminants**. V.I.O. and B. Books, Inc., Corvallis, Oregon. U.S.A.

Churng-Faung Lee. 2003. Feeding Management and Strategies for Lactating Dairy Cows Uner Heat Stress. Hsinchu Branch, Taiwan Livestock Research Institute, Council of Agriculture Hsinchu. Taiwan.

Clark, P. W., and L. E. Armentano. 1997. Influence of particle size on the effectiveness of beet pulp fiber. **J. Dairy Sci**. 80:898–904.

Coomer, J.C., H.E. Amos, C.C. Willums and Wheeler. 1993. Response of early lactation cows to fat supplementation in diets with different nonstructural carbohydrate concentrations. **J. Dairy Sci.** 76: 3747-3754.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Coppock, C.E. 1985. Energy nutrition and metabolism of the lactating dairy cow. **J. Dairy Sci.** 68: 3403-3410.

Cunningham, K.D., M.J. Cecava and T.R. Johnson. 1993. Nutrient digestion, nitrogen and amino acid flows in lactating cows fed soybean hulls in place of forage or concentrate. **J. Dairy Sci**. 76:3525-3535.

Dado, R.G. and M.S. Allen. 1995. Intake limitation, feeding behavior and rumen function of cow challengewith rumen fill from dietary fiber of inert bulk. **J. Dairy. Sci**. 78: 118-133.

DePetter, E.J. and J.P. Cant. 1992. Nutritional factors influencing the nitrogen composition of bovine milk**. J. Dairy Sci**. 75: 2043-2070.

Devendra, C., and D. Lewis, 1974. The interaction between dietary lipids in the sheep. 2. Digestibility studies. **Anim. Prod**. 19: 67-76.

De Rensis, F. and RJ. Scaramuzzi. 2003. Heat stress and seasonal effects on reproduction in the dairy cow – a review. **Theriogenology. 60**: 1139-51.

Eastridge, M. L., H. F. Bucholtz, A.L. Slater and C.S. Hall. 1998. Nutrient requirement for dairy cattle of the national research council verses some commonly used software. **J. Dairy. Sci.** 81: 3049-3062.

Ealy, A.D., M. Drost and P.J. Hansen. 1993. Developmental changes in embryonic resistance to adverse effects of maternal heat stress in cows. **J. Dairy Sci**. 76: 2899-2905.

Emery, R.S. 1978. Feeding For Increased Milk Protein. **J. Dairy. Sci.** 6: 825-828.

Ewing, S.A., D.C. Lay Jr and E. Borell. 1999. **Farm animal well-being : Stress physiology, Animal behavior and Environmental design**. Prentice hall. Upper saddle river. 357 p.

Firat, M.Z. 1993. An investigation into the effects of clinical mastitis on milk yield in dairy cows. **Livestock Prod. Sci.** 36: 311-321.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Firkin, J.L. 1997. Effects of feeding nonforage fiber sources on site of fiber digestion**. J. Dairy sci**. 80: 1426-1437.

Fraser, A.F. and D.M. Broom. 1997. **Farm animal behavior and welfare. 3 rd ed**. Bookcraft. Midsomer Norton. 437 p.

Gravert, H.O. 1987. **Dairy cattle production**. Elsevier science publishers B.V., Amsterdam.

Grant, R.J. 1997. Interactions among forages and nonforage fiber sources. **J. Dairy. Sci**. 80: 1438-1446.

Hafez, E. S. E. 1968. **Adaptation of domestic animals**. Lea and Febiger, Philadelphia.

Halachmi, E. Maltz, N. Livshin, A. Antler, D. Ben-Ghedalia and J. Miron. 2004. Effects of replacing roughage with soy hulls on feeding behavior and milk production of dairy cows under hot weather Conditions. **J. Dairy Sci**. 87: 2230-2238.

Hansen, P.J. 1997. Effects of environment on bovine reproduction. Pages 403-415. *In* **Current Therapy in Large Animal Theriogenology**. R. S. Youngquist (Ed). W. B. Saunders, Philadelphia.

Her, E. D. Wolfenson, I,. Flamenbaum, Y,. Folman, M. Kaim, and A. Berman. 1988. Thermal, productive, and reproductive responses of high yielding cows exposed to short-term cooling in summer. **J. Dairy Sci.** 71: 1085-1092.

Higginbothan, G.E., J.J. Huber, M.V. Wallentine, N.P. Jonhston and D. Andri. 1989. Influence of protein percentage and degradability on performance of lactating cows during moderate temperature**. J. Dairy Sci**. 72: 1818-1827.

Holter, J.B. and W.E. Urban,. 1992. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating Holstein cows. **J. Dairy. Sci**. 75: 1472-1479.

Holter, J.B., J.W. West and M.L. McGillard. 1997. Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows**. J. Dairy. Sci**. 80: 2188-2199.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hoover, W.H. and S. R. Stokes. 1991. Balancing carbohydrates and proteins for optimum rumen microbial yield**. J. Dairy Sci**. 74 : 3630-3644.

Igono, M. O., and H. D. Johnson. 1990. Physiologic stress index of lactating dairy cows based on diurnal pattern of rectal temperature. **J. Interdiscipl. cycle res.** 21: 303–320.

Intervet/Schering-Plough Animal Health, n.d. **Mechanisms of the negative impact of heat stress on reproductive function in cattle**. Available Source: http://www.partners-in reproduction.com/reproduction-cattle/heat-stress-impact.asp#top, June 15, 2009.

Ipharraguerre, I. R., and J. H. Clark. 2003. Soyhulls as alternative feed for lactating cows. **J. Dairy Sci.** 86: 1052–1073.

Jack, C. 1993. Reproductive anatomy and physiology of the cow**. J. Anim. Sci.** 20: 15.

Jenkin, T.C. and Jenny B.F. 1989. Effect of hydrogenated fat on feed intake, nutrient digestion and lactation performance of dairy cows. **J. Dairy Sci.** 9: 72 .

Johnson, H.D. 1987. **Bioclimates and livestock. In: Bioclimatology and the adaptation of livestock**. H.D. Johnson. Ed. Elsevier Science publishers, Amsterdam, Netherlands. pp. 3-16.

John and T.O. Kirk. 1983. Light and photosynthesis in aquatic ecosystems, Cambridge Univ. Press

Kanjanapruthipong, J., N. Buatong and S. Buaphan. 2001. Effects of roughage neutral detergent fiber on dairy perfomance under tropical conditions**. Asian-Aust. J. Anim. Sci**. 14(10): 1400-1404.

Kanjanapruthipong, J. and N. Buatong. 2004. Effects of replacing nonfiber carbohydrates with nonforage detergent fiber from cassava residues on performance of dairy cows in the tropics**. Asian – Aust. J. Anim. Sci**. 17(7): 967-972.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kanjanapruthipong, J. and B. Thaboot. 2006. Effects of neutral detergent fiber from rice straw on blood metabolites and productivity of dairy cows in the tropics**. J. Dairy Sci**. 3: 305-458.

Leng, R.A., Jessop, N.A. and J. Kanjanapruthipong,. 1994. Control of feed intake and the efficiency of utilisation of feed by ruminants. In: Recent Advances in Animal Nutrition in Australia. D.J. Farrell. Ed. University of New England Armidale, NSW. Australia. pp. 70-88.

Larson, B.L. 1985. **Biosynthesis and cellular secretion of milk**. pp. 123-169.

Ledford, R.A. 1998. Raw milk and fluid milk products. *In* E.H. Math and J.L. Steele, eds. **Applied dairy microbiology.** Marceldekker, INC., New York. 516 p.

Lott, JA. and K. Turner. 1975. Evaluation of Trinder's glucose oxidase method for measuring glucose in serum and urine**. Clin Chem**. 21(12) : 1754-60.

MacRae, J.C. and G.E. Lobley. 1982. Some factors which influence thermal energy losses during the metabolism of ruminants**. Livest. Prod. Sci.** 9: 447–456.

Macleod, G.K., Y. Yu and L.R. Schaeffer. 1978. Feeding value of protected animal tallow for high yielding dairy cows. **J. Dairy Sci.** 60: 726-734.

Mann, GE., GE. Lamming and MD. Fray. 1995. Plasma oestradiol during early pregnancy in the cow and the effects of treatment with buserelin. **Anim Reproduction Sci**. 37: 121-131.

Mertens. 1997. Effects of grain processing, forage to concentrate ratio and forage particle size on rumen pH and digestion by dairy cows. **J. Dairy Sci.** 10: 2203-2216.

Martin, P. and P. Bateson. 2004. **Measuring behavior : an introduction guide. 2nd ed**. Cambridge University Press. Cambridge. 672 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Miron, J., E. Yosef, and D. Ben-Ghedalia. 2001. Composition and in vitro digestibility of monosaccharide constituents of selected by-product feeds. **J. Agric. Food Chem**. 49: 2322–2326.

Mishra, M., F.A. Martz, R.W. Stanley, H.D. Johnson, J.R. Campbell, and E. Hilderbrand. 1970. Effect of diet and ambient temperature-humidity on ruminal pH, oxidation reduction potential, ammonia and lactic acid in lactating cows. **J. Anim. Sci.** 30: 1023-1028.

Mowrey, A., M. R. Ellersieck, and J. N. Spain. 1999. Effect of fibrous by-products on production and ruminal fermentation in lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 82: 2709–2715.

National Research Council. 1981. **Nutrient requirements of Dairy cattle**. 6"th Revised Edition. National Academy Press. Washington, D.C.

National Research Council. 1988. **Nutrient Requirements of Dairy Cattle**. 6"th Ed. National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C.

National Research Council. 2001. **Nutrient Requirement of Dairy Cattle**. 7"th Ed. National Research Council. National Academic Press, Washington D.C.

Nickerson, S.C. 1995. **Milk production: factors affecting milk composition**. pp. 3-33. Harding (ed.). Milk Quality. Blackie Academic and Professional, Glasgow.

Nocek, J.E. and J.B. Russell. 1988. Protein and energy as an integrated system: Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. **J. Dairy Sci**. 71: 2070-2107.

Phillips, C.J.C. 2002. **Cattle behavior and welfare 2 nd ed**. MPG Book Ltd. Bodmin. 264 p.

Purves. 1995. **Life: The Science of Biology**, **4th Edition.** 1252 p.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Ranasinghe, RM., T. Nakao , K. Yamada , K. Koike, A. Hayashi and CM. Dematawewa. 2011. Characteristics of prolonged luteal phase identified by milk progesterone concentrations and its effects on reproductive performance in Holstein cows**. J. Dairy Sci.** 94(1): 116-27.

Rick Rasby and Rosemary Vinton. n.d. Estrous cycle learning module, University of Nebraska.

Roth, Z. 2008. Heat stress, the follicle and its enclosed oocyte: mechanisms and potential strategies to improve fertility in dairy cows**. Reproduction in domestic animals**. 43: 238–244.

Sartori, R., G. J. M. Rosa, and M. C. Wiltbank. 2002. Ovarian structures and circulating steroids in heifers and lactating cows in summer and lactating and dry cows in winter. **J. Dairy Sci.** 85: 2813–2822.

Spain, J.N., MD. Alvarado, C. E. Polan, C. N. Miller and M. L. Mc Gilliard, 1990. Effect of protein source and energy on milk composition in midlactation dairy cows. **J. Dairy Sci**. 73: 445-452.

Spiers, DE., Spain JN, Sampson JD, Rhoads RP. 2004. Use of physiological parameters to predict milk yield and feed intake in heat-stressed dairy cows. **J. Thermal Biology.** 29(7-8): 759-64.

Sriroth, K., R. Chollakup, S. Chotineeranat, K. Piyachomkwan and C. G. Oates. 2000. Processing of cassava waste for improved biomass utilization. **Biosource Technol**. 71: 6.

Srivastava, S.K., V.P. Varshney Umashanker and K.L. Sahni. 2008. Progesterone profile during estrus cycle in different breeds of cow under tropical climate. **J. Anim. Sci**. 78: 6 .

Stokes, S.R., WH. Hoover, TK. Miller and RP. Manski. 1991. Impact of carbohydrate and protein levels on bacterial metabolism in continuous culture**. J. Dairy Sci**. 74 (3): 860-70.

Shearer, J. K. 2008. The milk progesterone test and its applications in dairy reproduction. **J. Anim. Sci**. 15: 60-113.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Shemesh, M., N. Ayalon and H.R. Lindner. 1968. Early effect of conceptus on plasma progesterone level in the cow. **J. Reprod. Fert.** 15: 161-164.

Sudarman, A. and T. Ito. 2000. Heat production and thermoregulatory responses of sheep fed different roughage proportion diets and intake levels when exposed to a high ambient temperature. Asian-Aus. **J. Anim. Sci.** 13: 625-629.

Tommy and L. Gallant. 1999. **The C_4 process**. The University of Prince Edward Island. Charlottetown PEI. Canada.

Taylor, R.B., J.T. Huber, R.A. Gomez-Alarcon, F. Wiresma and X. Pang. 1991. Influence of protein degradability and evaporative cooling on performance of dairy cows hot environmental temperature. **J. Dairy Sci**. 74: 243-256.

Trater, A.M., E.C. Titgemeyer, C.A. Loest and B.D. Lambert. 2001. Effects of supplemental alfalfa hay on the digestion of soybean hull-based diets by cattle. **J. Anim. Sci.** 79: 1346-1351.

Van Soest, P.J., J. B. Ruberson and B.A. lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. **J. Dairy Sci**. 74: 583-3597.

Vinkler, A., R. Dvorák and Kudlác. 1996. The effect of experimental metabolic stress on ovulation and blood progesterone levels in cows. **Vet Med (Praha)**. 41(3): 65-69.

West, J. W., B. G. Mullinix and J. K. Bernard. 2003. Effects of hot, humid weather on milk temperature, dry matter intake and milk yield of lactating dairy cows. **J. Dairy Sci.** 86: 232-242.

Webb, B.H., Johnson A.H and Alford JA. 1974. Fundmental of dairy chemistry. 2nd Ed. Westport. Chapter I.

Weidner, S.J.and R.J. Grant. 1994. Soyhulls as a Replacement for forage fiber in diets for lactating dairy cows. **J. Dairy Sci**. 77: 513-521.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Whitney, R.M., J.R. Brunner, K.E. Ebner, H.M. Farrell, R.V. Josephson, C.V. Morr and H.E. Swaisgood. 1976. Nomenclature of the proteins of cow's milk: fourth revision. **J. Dairy Sci**. 59: 795-815.

Windig, JJ., B. Beerda and RF. Veerkamp. 2008. Relationship between milk progesterone profiles and genetic merit for milk production, milking frequency, and feeding regimen in dairy cattle. **J Dairy Sci**. 91(7): 2874-2884.

Winsryg, M.D., M.J. Aramble and J.L. Walters. 1991. The effect of protein degradability on milk composition and production of early lactation somatotropininjected cows. **J. Dairy Sci**. 74: 1648-1653.

Wouhlt, D., S.L. Chmiel, P.K. Zajac, L. Baxker, D.B. Blethen and J.L. Erans. 1991. Dry matter intake, milk yield and composition of nitrogen use in Holstein cows fed soybeans, fish or corn gluten meals. **J. Dairy Sci**. 74: 1609-1618.

Zähner, M., L. Schrader R. Hauser. M. Keck. W. Langhans and B. Wechsler. 2004. The influence of climatic conditions on physiological and behavioural parameters in dairy cows kept in open stables**. J. Anim. Sci**. 78: 139-147.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารเหลือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารเหลือ

โดยวิธี Proximate analysis และ Detergent method (Goering และ Van Soest, 1968) ซึ่งวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะต่างๆ ได้แก่ พลังงาน โปรตีนรวม เยื่อใย เถ้า ไขมันรวม ความชื้น เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกรด และวัตถุแห้ง ที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาพผนวกที่ 1 การสุ่มอาหารเหลือเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารเหลือ

ตารางผนวกที่ 1 วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารเหลือ

องค์ประกอบทางเคมี (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)	**ฟางข้าว**	**เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง**	**กากมันสำปะหลัง**
โปรตีนรวม	13.23	13.13	13.16
ไขมัน	2.02	2.49	2.51
เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารฟอกที่เป็นกลาง	20.97	19.42	19.05
พลังงานสุทธิ (แมกกะแคลอรี่/กก.วัตถุแห้ง)	1.27	1.25	1.26

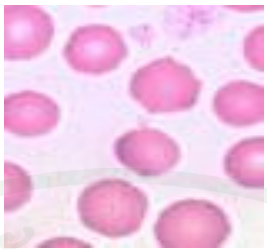
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

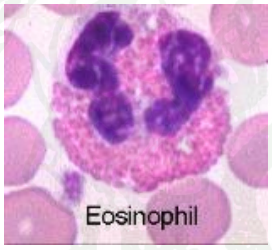
ลักษณะทางกายภาพของเม็ดเลือดชนิดต่างๆ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

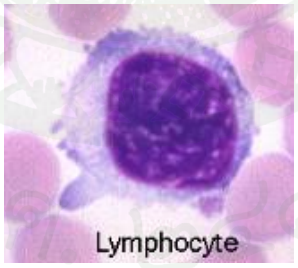
ลักษณะทางกายภาพของเม็ดเลือดชนิดต่างๆ



ภาพผนวกที่ 2 เม็ดเลือดแดงมีลักษณะกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 7.5 ไมโครเมตร ตรงกลางเว้าเข้าหากันทั้งสองด้าน (Biconcave)

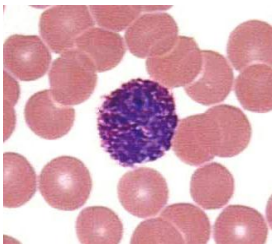


ภาพผนวกที่ 3 อีโอซิโนฟิลมีขนาด 10-15 ไมโครเมตร นิวเคลียสติดสีม่วงน้ำเงิน มีแกรนูลขนาดเล็ก กลม ติดสีแดง



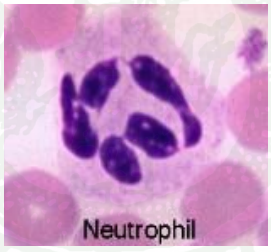
ภาพผนวกที่ 4 ลิมโฟซัยต์เป็นเซลล์ส่วนใหญ่ที่พบในกระแสโลหิตของโคเฉลี่ย 58 เปอร์เซ็นต์ โดยจะพบลิมโฟซัยต์ 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก 7-10 ไมโครเมตร ขนาดกลาง 10-12 ไมโครเมตร และขนาดใหญ่ 13-15 ไมโครเมตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

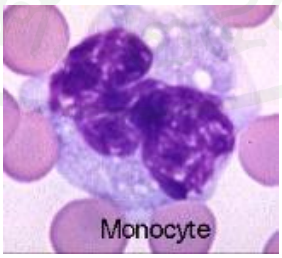


ภาพผนวกที่ 5 เบโซฟิล มีขนาดเซลล์ 11-14 นิวเคลียสติดสีม่วงแดง มีรูปร่างคล้ายนิวโทรฟิล

ภาพผนวกที่ 6 แบนด์นิวโทรฟิล นิวเคลียสมีลักษณะติดสีม่วงเข้ม โดยแยกจากเซ็กเมนต์นิวโทรฟิล โดยดูที่นิวเคลียสเป็นรูปตัวเอส (S) หรือ ตัวยู (U)



ภาพผนวกที่ 7 เซ็กเมนต์นิวโทรฟิล มีขนาดเซลล์ 10-15 ไมโครเมตร นิวเคลียสติดสีม่วงเข้ม



ภาพผนวกที่ 8 โมโนซัยต์มีขนาดเซลล์ 13-18 ไมโครเมตร นิวเคลียสมีรูปร่างไม่แน่นอน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวธิดาศรี อนุกาญจนวีระ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	18 ตุลาคม พ.ศ. 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	สัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	สัตวแพทยศาสตร์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	คลินิคสัตว์แสนรัก
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	เกียรตินิยมอันดับ 2
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์