

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



209107



การศึกษาการใช้ยูเรียปล่อยช้าที่ต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการให้ผลผลิต  
ในโคนมรุ่นแรกเกิด

STUDY OF USING SLOW RELEASE UREA TO ENHANCE FEED  
EFFICIENCY AND PERFORMANCE IN DAIRY HEIFER

นายพรวิษณุ เพ็งชัย

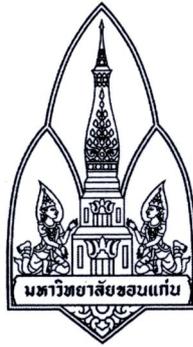
วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2553

600257246

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ



**การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการให้ผลผลิต  
ในโคนมรุ่นเพศเมีย**

**STUDY OF USING SLOW RELEASE UREA TO ENHANCE FEED  
EFFICIENCY AND PERFORMANCE IN DAIRY HEIFER**



**นายนรวิษณุ เพ็งชัย**

**วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**

**มหาวิทยาลัยขอนแก่น**

**พ.ศ. 2553**

**การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการให้ผลผลิต  
ในโคนมรุ่นเพศเมีย**

**นายนรวิษณุ เฟิงชัย**

**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาสัตวศาสตร์**

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น**

**พ.ศ. 2553**

**STUDY OF USING SLOW RELEASE UREA TO ENHANCE FEED  
EFFICIENCY AND PERFORMANCE IN DAIRY HEIFER**

**MR. NORRAVIT PENGCHAI**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN ANIMAL SCIENCE  
GRADUATE SCHOOL KHON KAEN UNIVERSITY**

**2010**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น  
หลักสูตร  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสัตวศาสตร์

ชื่อวิทยานิพนธ์: การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการให้ผลผลิต  
ในโคนมรุ่นเพศเมีย

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์: นายนรวิษณุ เฟ็งชัย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

รศ.ดร. สุรเดช พลเสน

ประธานกรรมการ

รศ.ดร. สมเกียรติ ประสานพานิช

กรรมการ

รศ.ดร. วิโรจน์ ภัทรจินดา

กรรมการ

รศ.ดร. เทวินทร์ วงษ์พระลับ

กรรมการ

รศ.ดร. พรชัย ล้อวิสัย

กรรมการ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์:

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร. วิโรจน์ ภัทรจินดา)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. เทวินทร์ วงษ์พระลับ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. พรชัย ล้อวิสัย)

(รองศาสตราจารย์ ดร.ลำปาง แม่หมาดย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ พลธานี)

คณบดีคณะเกษตรศาสตร์

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

นรวิษณุ เฟิงษ์ชัย. 2553. การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพการใช้อาหาร

และการให้ผลผลิตในโคนมรุ่นเพศเมีย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาสัตวศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. วิโรจน์ ภัทรจินดา,  
รศ.ดร. เทวินทร์ วงษ์พระลับ,  
รศ.ดร. พรชัย ลือวิไล

### บทคัดย่อ

209107

อาหารโปรตีนจัดเป็นแหล่งของโภชนะที่มีความสำคัญ การลดการละลายของโปรตีนเป็น  
แนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มการใช้ประโยชน์อาหารโปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก  
การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ยูเรียสามารถช่วยลดต้นทุนค่าอาหารได้ การศึกษาวิจัยในครั้งนี้จึงมี  
วัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาการใช้ยูเรียแบบละลายช้าต่อประสิทธิภาพการผลิตในโคนมเพศเมีย  
โดยทำการศึกษาเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ผลของยูเรียละลายช้าที่ได้จากกรรมวิธี  
การผลิตแบบต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของยูเรียในสูตรอาหาร ด้วยวิธี *in vitro*  
*digestion* (Daisy II Incubator) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มีการใช้ยูเรีย 8 แบบ  
ในสูตรอาหาร TMR คือ 1) T urea -กลุ่มควบคุม 2) T cal20 -แคลเซียมคลอไรด์ 20 %  
3) T cal30 -แคลเซียมคลอไรด์ 30 % 4) T for5 -ฟอรั่มลดีไฮด์ 5 % 5) T for10 -ฟอรั่มลดีไฮด์ 10 %  
6) T tan1 -กรดแทนนิก 1 % 7) T tan5 -กรดแทนนิก 5 % และ 8) T sor -เมล็ดข้าวฟ่างพันธุ์  
KKU-40 หมักยูเรีย จากการศึกษา พบว่า การย่อยได้ของอาหารสูตรรวมและการย่อยได้ของเยื่อใย  
ในรูป ADF ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะเดียวกันการย่อยได้ของเยื่อใยในรูป NDF ของ สูตรอาหาร  
ที่มีการใช้ T urea มีค่าสูงสุด ( $P < 0.01$ ) (50.8, 36.5, 31.4, 36.3, 33.3, 40.4, 37.6 และ 48.1  
เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) การศึกษาครั้งนี้พบว่า การใช้ T urea, T cal20, T cal30, T for5 และ T for10  
ระดับสูงในสูตรอาหาร ไม่มีผลต่อการย่อยได้ของอาหาร TMR อีกทั้งมีราคาถูกเมื่อคิดเป็นต่อหน่วย  
โปรตีนเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการเคลือบอื่นๆ ในการทดลองที่ 2 ได้ทำการศึกษาการใช้ยูเรียละลาย  
ช้าต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการให้ผลผลิตในโคนมเพศเมีย ใช้โคนมสาวลูกผสม 96.8% พันธุ์  
โฮลสไตน์ฟรีเซียน น้ำหนักเฉลี่ย  $231 \pm 38.3$  กิโลกรัม จำนวน 20 ตัว จัดแผนการทดลองแบบ  
บล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มีการใช้ยูเรีย 5 แบบ ในสูตรอาหาร TMR คือ 1) T urea -กลุ่มควบคุม  
2) T cal20 -แคลเซียมคลอไรด์ 20 % 3) T cal30 -แคลเซียมคลอไรด์ 30 % 4) T for5 -ฟอรั่มลดีไฮด์  
5 % และ 5) T for10 -ฟอรั่มลดีไฮด์ 10 % โดยใช้ฟางข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ จากการศึกษา

209107

พบว่า สูตรที่ใช้ T urea มีค่า DMI สูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับการใช้ T ca120 ในสูตรอาหาร (8.2, 7.9, 6.9, 7.2 และ 7.2 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ,  $P < 0.05$ ) แต่มีอัตราการเจริญเติบโต ประสิทธิภาพการใช้อาหารและการย่อยได้ของโภชนะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) ระดับกลูโคสในกระแสเลือดเฉลี่ย 51.6 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ร่วมกับมีระดับยูเรียในโตรเจน ในกระแสเลือดเฉลี่ย 13.9 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร จะทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตในระดับที่ดี (0.76 กิโลกรัมต่อวัน) การให้ยูเรียละลายช้าในสูตรอาหารไม่มีผลต่อความเครียดที่วัดผลในรูปของ อุณหภูมิทวารหนัก (38.7, 38.6, 38.5, 39.0 และ 38.6 องศาเซลเซียส ตามลำดับ,  $P > 0.05$ ) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิภายในโรงเรือนในการศึกษาครั้งนี้มีค่า THI เฉลี่ย 81.9 ไม่มีสหสัมพันธ์กับ DMI ( $r = 0.25$ ,  $P > 0.05$ ) การให้ยูเรียละลายช้าในสูตรอาหารทำให้การตอบสนองทั้งในด้านการกินได้ การย่อยได้ การเมทาบอลิซึมในเลือด และอุณหภูมิทวารหนักของโคไม่แตกต่างจากการให้ยูเรียปกติในสูตรอาหาร ดังนั้นการให้ยูเรียละลายช้าทำให้สามารถใช้แหล่งของ NPN ได้ในระดับที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร TMR เป็นแนวทางหนึ่งที่ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่ำลงได้

Norravit Pengchai. 2010. **Study of using slow release urea to enhance feed efficiency and performance in dairy heifer.** Master of Science Thesis in Animal Science, Graduate School, Khon Kaen University.

**Thesis Advisors:** Assoc. Prof. Dr. Virote Pattarajinda,  
Assoc. Prof. Dr. Thevin Vongpralub,  
Assoc. Prof. Dr. Pornchai Lowilai

### ABSTRACT

209107

Protein feed is an essential nutrient for animal production. Slow release protein technique may improve feed utilization in the rumen. Using urea as protein source is the way of cost achievement. The objective of study was to determine the effect of slow release urea on dairy heifer performances. The experiment was divided into two experiments. The first experiment was the effect of slow release urea from different processing techniques to enhance feed utilization by *in vitro* digestion (Daisy II Incubator). Treatments were allocated into completely randomized design with 8 treatments: 1) T urea-control 2) T cal20-20% CaCl<sub>2</sub> 3) T cal30-30% CaCl<sub>2</sub> 4) T for5-5% Formaldehyde 5) T for10-10% Formaldehyde 6) T tan1-1% Tannic acid 7) T tan5-5% Tannic acid, and 8) T sor-Sorghum. The study found that TMR, DM feed digestion and ADF digestion were not significantly differences. NDF digestion of T urea was the highest (50.8, 36.5, 31.4, 36.3, 33.3, 40.4, 37.6 and 48.1 % DM, P < 0.01). Data showed that T urea, T cal20, T cal30, T for5 and T for10 did not decrease feed digestion value. Also, low feed cost was found when compared to other protected methods. The secondary experiment; was the study of using slow release urea to enhance feed efficiency and performance in dairy heifer. Twenty of 96.8% cross bred Holstein Friesians with initial weight 231.9±38.3 kg. The treatment were allocated into randomized complete block design (RCBD) with 5 treatments: 1) T urea-control 2) T cal20-20% CaCl<sub>2</sub> 3) T cal30-30% CaCl<sub>2</sub> 4) T for5- 5% Formaldehyde, and 5) T for10 -10% Formaldehyde. and using rice straw as a roughages base. The result showed that DMI of T urea had the highest among treatments (8.2, 7.9, 6.9, 7.2 and 7.2 kg/d, P < 0.05), but it did not difference to T cal20. Average daily gain, FCR, digestion of DM, NDF, ADF, CP, and BUN level were not affected by treatments (P > 0.05). Optimum an average glucose level at

209107

51.6 mg/dL and BUN level at 13.9 mg/dL could promote a good response on ADG (0.76 kg/d). Rectum temperature were not significantly difference among treatments (38.7, 38.6, 38.5, 39.0 and 38.6 °C respectively,  $P > 0.05$ ). Using slow release urea did not had stress effect on animal. An average THI was 81.9 and at this point still had no correlation to DMI ( $r = 0.25$ ,  $P > 0.05$ ). Using the protected slow release urea had the same response on DMI, digestion, blood metabolite and rectum temperature when compared to typical urea. Therefore, using protected slow release urea will enhance the increasing rate of NPN level in TMR diets and decreasing cost achievement.

งานวิทยานิพนธ์นี้ขอมอบส่วนดีให้บุพการี และคณาจารย์

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยการให้ความอนุเคราะห์ และความช่วยเหลือ เป็นอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิโรจน์ ภัทรจินดา ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ให้ ข้อคิดเห็นทั้งด้านการเรียน และอบรมสั่งสอนเป็นอย่างดี และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.เทวินทร์ วงษ์พระลับ และรองศาสตราจารย์ ดร.พรชัย ล้อวิทย์ ที่ให้คำแนะนำ และปรึกษาในการดำเนินการวิจัย และการจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้โอกาสในการเข้าศึกษา อบรม สั่งสอน และให้ความรู้ในทุกๆ ด้าน ตลอดมา นอกจากนี้ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาสัตวศาสตร์ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ และ ห้องปฏิบัติการน้ำนม ที่ให้คำแนะนำ ที่ให้ความช่วยเหลือตลอดเวลาที่ศึกษาเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านในสถานีทดลอง และฝึกอบรมเกษตรกรกรม จังหวัด ร้อยเอ็ดที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำการทดลอง สัตว์ทดลอง และอุปกรณ์ต่างๆ จนการทดลองสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณศิริรัตน์ บัวผัน คุณอานนท์ ปะเสระกั๋ง คุณวาสนา ศิริแสน คุณชัยชนะ ศรีทิศย์นิภา คุณปีพมา ไวยบุญญา คุณมธุรส อรังศรี คุณพีระพร เสง์ถิน คุณสมบูรณ์ นรพัฒน์ คุณกมลวรรณ บุญรอด คุณจริญญา มุ่งม่าน คุณศุภาวรรณ จันทร์วิชัย คุณศันสนีย์ สุพรรณคง และคุณวรรณรัตน์ วีระนันท์ ที่ให้คำแนะนำ กำลังใจและความช่วยเหลือในการทำการทดลองครั้งนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดีตลอดระยะเวลาที่ศึกษาเสมอมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อประมวล และคุณแม่สุมาลี เฟิงชัย ที่กรุณา ดูแลอบรมสั่งสอน รวมทั้งที่ให้การสนับสนุนให้โอกาส และเงินทุนในการศึกษาในครั้งนี้ ผลอันจะเป็นประโยชน์ และคุณงามความดีทั้งปวง ที่เกิดขึ้นกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอมอบให้แก่ครอบครัว ของข้าพเจ้า

นรวิษณุ เฟิงชัย

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
คำอุทิศ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ฉ
รายการสัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความสำคัญของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	4
2.2 การแบ่งประเภทโปรตีนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	5
2.3 การเมทาบอลิซึมของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	8
2.4 การย่อยสลายอาหารโปรตีนโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะหมักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง	9
2.5 แนวทางการใช้ยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	11
2.5.1 รูปแบบการเสริมยูเรียในอาหาร โคนม โดยทั่วไป	13
2.6 คาร์โบไฮเดรตในอาหารเคี้ยวเอื้อง	15
2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตในอาหารต่อประสิทธิภาพการผลิต	17
2.8 อิทธิพลของอาหารโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตต่อค่าเมทาบอไลต์ในเลือดของโค	19
2.8.1 ระดับยูเรียในโตรเจนในเลือด (BUN)	19

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.8.2 ระดับกลูโคสในเลือด	22
2.9 การลดการละลายของโปรตีนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การใช้ในโตรเจนในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง	23
2.9.1 การให้ความร้อน	23
2.9.2 การเคลือบด้วยฟอร์มัลดีไฮด์	24
2.9.3 การเคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์	25
2.9.4 การเคลือบด้วยกรดแทนนิก	26
2.10 ผลของการลดการละลายของอาหารโปรตีนต่อประสิทธิภาพการผลิต	26
2.10.1 ผลของการลดการละลายของโปรตีน ต่อการย่อยได้และความเข้มข้นของแอมโมเนีย	26
2.10.2 ผลของการลดการละลายของโปรตีนต่อการกินได้ และการให้ผลผลิต	34
2.11 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิและความชื้นต่อการให้ผลผลิตในโคนม	36
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	38
3.1 การทดลองที่ 1: ผลของยูเรียละลายช้าที่ได้จากกรรมวิธีการผลิต แบบต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของยูเรียในสูตรอาหาร ด้วยวิธี <i>in vitro</i> digestion	38
3.1.1 การเตรียมสัตว์ทดลอง	38
3.1.2 แผนการทดลองและปัจจัยการทดลอง	38
3.1.3 อาหารทดลอง	39
3.1.4 การศึกษาการย่อยได้ ( <i>in vitro</i> digestibility)	41
3.1.5 การคำนวณการย่อยได้ของวัตถุดิบแห้ง, เยื่อใย NDF และ เยื่อใย ADF	42
3.1.6 การศึกษาการละลายของยูเรียละลายช้า	43
3.1.7 การวิเคราะห์ทางสถิติ	43
3.1.8 ระยะเวลาทำการทดลอง	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.9 สถานที่ทำการทดลอง	43
3.2 การทดลองที่ 2: ศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพ การใช้อาหารและการให้ผลผลิตในโคนมรุ่นเพศเมีย	44
3.2.1 สัตว์ทดลอง	44
3.2.2 แผนการทดลองและปัจจัยการทดลอง	44
3.2.3 อาหารทดลอง	44
3.2.4 การให้อาหารทดลอง	45
3.2.5 การเก็บข้อมูลและการเก็บตัวอย่าง	46
3.2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ	47
3.2.7 ระยะเวลาทำการทดลอง	47
3.2.8 สถานที่ทำการทดลอง	48
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	49
4.1 การทดลองที่ 1: ผลของยูเรียละลายช้าที่ได้จากกรรมวิธีการผลิต แบบต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของยูเรียในสูตรอาหาร ด้วยวิธี <i>in vitro</i> digestion	49
4.1.1 ผลของการเคลือบยูเรียแบบต่างๆ ต่อระดับโปรตีน ของผลิตภัณฑ์	49
4.1.2 ผลของการเคลือบยูเรียแบบต่างๆ ต่อการละลาย ของยูเรียละลายช้า	50
4.1.3 ผลของกรรมวิธีการเคลือบยูเรียต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบ	51
4.1.4 ผลของกรรมวิธีการเคลือบยูเรียต่อการย่อยได้ ของเยื่อใย NDF	53
4.1.5 ผลของกรรมวิธีการเคลือบยูเรียต่อการย่อยได้ ของเยื่อใย ADF	54
4.1.6 ผลการใช้ยูเรียละลายช้าต่อต้นทุนค่าอาหารทดลอง	55

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การทดลองที่ 2: การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพ การใช้อาหารและการให้ผลผลิตในโคนมรุ่นเพศเมีย	57
4.2.1 ผลของยูเรียละลายช้าต่อการกินได้ของวัตถุแห้ง	57
4.2.2 ผลของยูเรียละลายช้าต่ออัตราการเจริญเติบโต	59
4.2.3 ผลของยูเรียละลายช้าต่อการย่อยได้ของโภชนะ	60
4.2.4 ผลของยูเรียละลายช้าต่อเมทาบอลไลท์ในเลือด	61
4.2.5 ค่าดัชนีอุณหภูมิกวามชื้นสัมพัทธ์ต่อการกินได้ และอุณหภูมิทวารหนัก	67
4.2.6 ต้นทุนค่าอาหาร TMR ต่อประสิทธิภาพการผลิต ของโคนมรุ่นเพศเมีย	69
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	71
5.1 การทดลองที่ 1: ผลของยูเรียละลายช้าที่ได้จากกรรมวิธีการผลิต แบบต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของยูเรียในสูตรอาหาร ด้วยวิธี <i>in vitro</i> digestion	71
5.2 การทดลองที่ 2: การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพ การใช้อาหารและการให้ผลผลิตในโคนมรุ่นเพศเมีย	71
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการทำยูเรียละลายช้า	82
ภาคผนวก ข การละลายของยูเรียละลายช้า และอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ในการทดลอง	85
ภาคผนวก ค องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ในงานทดลอง จากการวิเคราะห์	90
ภาคผนวก ง ภาพการปฏิบัติงานในการทดลอง	92
ประวัติผู้เขียน	99

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.2 การทดลองที่ 2: การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพ การใช้อาหารและการให้ผลผลิตในโคนมรุ่นเพศเมีย	57
4.2.1 ผลของยูเรียละลายช้าต่อการกินได้ของวัตถุแห้ง	57
4.2.2 ผลของยูเรียละลายช้าต่ออัตราการเจริญเติบโต	59
4.2.3 ผลของยูเรียละลายช้าต่อการย่อยได้ของโภชนะ	60
4.2.4 ผลของยูเรียละลายช้าต่อเมทาบอลไลท์ในเลือด	61
4.2.5 ค่าดัชนีอุณหภูมิความชื้นสัมพัทธ์ต่อการกินได้ และอุณหภูมิทวารหนัก	67
4.2.6 ต้นทุนค่าอาหาร TMR ต่อประสิทธิภาพการผลิต ของโคนมรุ่นเพศเมีย	69
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	71
5.1 การทดลองที่ 1: ผลของยูเรียละลายช้าที่ได้จากกรรมวิธีการผลิต แบบต่างๆ ต่อประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ของยูเรียในสูตรอาหาร ด้วยวิธี <i>in vitro</i> digestion	71
5.2 การทดลองที่ 2: การศึกษาการใช้ยูเรียละลายช้าต่อประสิทธิภาพ การใช้อาหารและการให้ผลผลิตในโคนมรุ่นเพศเมีย	71
5.3 ข้อเสนอแนะ	72
เอกสารอ้างอิง	73
ภาคผนวก	81
ภาคผนวก ก ขั้นตอนการทำยูเรียละลายช้า	82
ภาคผนวก ข การละลายของยูเรียละลายช้า และอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ในการทดลอง	85
ภาคผนวก ค องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร TMR ในงานทดลอง จากการวิเคราะห์	90
ภาคผนวก ง ภาพการปฏิบัติงานในการทดลอง	92
ประวัติผู้เขียน	99

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 แสดงการแบ่งส่วนการละลายหรือย่อยสลายได้ของ โปรตีน ในกระเพาะหมัก	7
ตารางที่ 3-1 สูตรอาหาร TMR ในงานทดลองที่ 1 (%DM)	40
ตารางที่ 3-2 องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณของอาหาร TMR งานทดลองที่ 1 (%DM)	41
ตารางที่ 3-3 สูตรอาหาร TMR ในงานทดลองที่ 2 (%DM)	45
ตารางที่ 3-4 องค์ประกอบทางเคมีจากการคำนวณของอาหาร TMR งานทดลองที่ 2 (%DM)	46
ตารางที่ 4-1 ผลของการเคลือบยูเรียแบบต่างๆ ต่อระดับ โปรตีนของผลิตภัณฑ์	50
ตารางที่ 4-2 ระดับแอมโมเนียที่ตรวจพบในช่วงเวลาต่างๆ( $\mu\text{g/L}$ )	51
ตารางที่ 4-3 ผลของกรรมวิธีการเคลือบยูเรียต่อการย่อยได้ของสิ่งแห้ง เยื่อใย NDF และเยื่อใย ADF ใน <i>in vitro</i> (%)	52
ตารางที่ 4-4 ผลของยูเรียละลายช้าต่อราคาของสูตรอาหาร TMR (ad fed)	56
ตารางที่ 4-5 ผลของยูเรียละลายช้าในอาหาร TMR ต่อการกินได้	58
ตารางที่ 4-6 ผลของยูเรียละลายช้าในอาหาร TMR ต่อการเจริญเติบโต	60
ตารางที่ 4-7 ผลของยูเรียละลายช้าในอาหาร TMR ต่อการย่อยได้	61
ตารางที่ 4-8 ผลของยูเรียละลายช้าต่อระดับของ blood glucose และ BUN ในแต่ละสูตรอาหาร	65
ตารางที่ 4-9 ผลของยูเรียละลายช้าต่อระดับของ blood glucose และ BUN	66
ตารางที่ 4-10 ค่าอุณหภูมิ, RH และ THI ในการทดลอง	69
ตารางที่ 4-11 ผลของยูเรียละลายช้าในอาหาร TMR ต่ออุณหภูมิทวารหนัก	69
ตารางที่ 4-12 ต้นทุนการผลิตของอาหาร TMR (as fed)	70

## สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2-1	การเมตาบอลิซึมของโปรตีนในโคนม	9
ภาพที่ 2-2	ขั้นตอนการย่อยสลายของยูเรียในกระเพาะหมักเพื่อนำไปใช้ประโยชน์	12
ภาพที่ 2-3	ปฏิกิริยาการเกิด methylene bridge ของโปรตีน โดยใช้ฟอร์มัลดีไฮด์	24
ภาพที่ 2-4	การรวมตัวกันของยูเรียและฟอร์มัลดีไฮด์	25
ภาพที่ 2-5	กลไกการรวมตัวของยูเรียเมื่อเคลือบด้วยแคลเซียมคลอไรด์	26
ภาพที่ 2-6	ผลของระดับการเคลือบด้วยไขมันเติมด้วยฟอร์มัลดีไฮด์ในระบบ <i>in vitro</i> ต่อการย่อยได้ของไนโตรเจน	28
ภาพที่ 2-7	แสดงปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียของน้ำในกระเพาะหมักในระบบ <i>in situ</i>	29
ภาพที่ 2-8	แสดงปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนียในน้ำกระเพาะหมัก	30
ภาพที่ 2-9	แสดงปริมาณความเข้มข้นของพลาสมากลูโคสในเลือด	30
ภาพที่ 2-10	การย่อยได้ของ DM (a) และ N (b) ในระบบ <i>in situ</i> ของการเคลือบด้วยเหลืองบดที่ระดับ 0(S <sub>0</sub> ), 1(S <sub>TA1</sub> ), 5(S <sub>TA2</sub> ), 10(S <sub>TA3</sub> ), 15(S <sub>TA4</sub> ) และ 25(S <sub>TA5</sub> ) % w/w ในการบ่มแต่ละช่วงเวลา	32
ภาพที่ 4-1	ผลของกรรมวิธีการเคลือบยูเรียต่อการย่อยได้ของวัตถุแห้งใน <i>in vitro</i>	53
ภาพที่ 4-2	ผลของกรรมวิธีการเคลือบยูเรียต่อการย่อยได้ของเชื้อยีส NDF ใน <i>in vitro</i>	54
ภาพที่ 4-3	ผลของกรรมวิธีการเคลือบยูเรียต่อการย่อยได้ของเชื้อยีส ADF ใน <i>in vitro</i>	55
ภาพที่ 4-4	ผลของยูเรียละลายช้าในอาหาร TMR ต่อปริมาณการกินได้	59
ภาพที่ 4-5	ผลของอาหารทดลองต่อความเข้มข้นของกลูโคสในเลือดหลังการให้อาหาร	66
ภาพที่ 4-6	ผลของอาหารทดลองต่อความเข้มข้นของยูเรียในโตรเจนในเลือดหลังการให้อาหาร	67

## รายการสัญลักษณ์และคำย่อ

ADF	Acid detergent fiber
ADG	Average daily gain
BUN	Blood urea nitrogen
BW	Body weight
CP	Crude protein
DM	Dry matter
DMI	Dry matter intake
FCR	Feed conversion ratio
NDF	Neutral detergent fiber
NH <sub>3</sub>	Ammonia nitrogen
NPN	Non protein nitrogen
NSC	Non structural carbohydrate
RDP	Rumen degradable protein
RUP	Rumen undegradable protein
SRU	Slow release urea
THI	Temperature humidity index
TMR	Total mixed ration