



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

ปริญญา

โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์

สัตว์บาล

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การใช้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งเชื้อใยใน โภชน

Utilization of Total Mixed Ration Silage Containing Pineapple Peel as Fiber Source
in Fattening Beef

นามผู้วิจัย นายวิสูตร ไมตรีจิตต์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เลอชาติ บุญเอก, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สมิต ยิ้มมงคล, วท.ศ.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เสกสม อาดมางกูร, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สิงสิงห์ มตาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การใช้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งใยในโคขุน

Utilization of Total Mixed Ration Silage Containing Pineapple Peel as Fiber Source
in Fattening Beef

โดย

นายวิสูตร ไมตรีจิตต์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิสูตร ไมตรีจิตต์ 2553: การใช้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อใยในโคขุน
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (โภชนศาสตร์และเทคโนโลยีอาหารสัตว์) สาขาโภชนศาสตร์และ
เทคโนโลยีอาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
เลอชาติ บุญเอก, Ph.D. 89 หน้า

การศึกษาครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของเปลือกสับประรดหมัก
ผสมเสร็จต่อสมรรถภาพการผลิตโคขุนพันธุ์กำแพงแสน การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลง
คุณภาพและคุณค่าทางโภชนะของเปลือกสับประรดหมักและเปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จ โดยแบ่งอาหาร
ทดลองออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง คือ กลุ่มที่ 1 เปลือกสับประรดหมัก กลุ่มที่ 2 เปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จ
(15 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) ผลการทดลองพบว่าค่าวัตถุแห้ง, ความเป็นกรด - ต่าง, คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้และ
กรดอินทรีย์ ของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ มีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ปริมาณกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้นและสูงสุดในกลุ่มเปลือก
สับประรดหมัก (7.15 เปอร์เซ็นต์) และระดับแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ มีความ
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาผลการใช้เปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จต่อ
สภาพแวดล้อมการหมักย่อยในกระเพาะหมัก, ค่าชีววิทยาทางเลือดและสมรรถภาพการผลิตของโคขุนพันธุ์
กำแพงแสน สุ่มแบ่งโคทดลองจำนวน 12 ตัว ออกเป็น 3 กลุ่มทดลองโดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์
สัตว์ทดลองได้รับอาหารผสมเสร็จ (TMR) ได้แก่ TMR1 (อาหารผสมเสร็จควบคุม 15 เปอร์เซ็นต์โปรตีน)
TMR2 (เปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จ 15 เปอร์เซ็นต์โปรตีน) และ TMR3 (เปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จ
7 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ผสมด้วยอาหารชั้นก่อนให้อาหาร) ผลการทดลองพบว่า ค่า pH ในกระเพาะหมัก, ความเข้มข้น
ของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะหมัก, ความเข้มข้นของยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดและค่าความเข้มข้น
ของกลูโคสในเลือดมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ปริมาณการกินได้เฉลี่ยทั้งหมดใน
รูปของวัตถุแห้งของ TMR1, TMR2 และ TMR3 มีค่าเท่ากับ 9.77, 4.35 และ 9.28 กก./วัน ตามลำดับ ($P < 0.05$)
ซึ่งส่งผลทำให้โคที่ได้รับอาหาร TMR2 มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันและอัตราการแลกน้ำหนักต่ำสุดเมื่อ
เปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น (1.14, 0.13 และ 1.40 กก./วัน และ 9.40, 27.41 และ 13.34 ตามลำดับ) ผลกำไรจากโคที่
ได้รับ TMR1, TMR2 และ TMR3 มีค่าเท่ากับ 3.38, -6.43 และ 4.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แตกต่างกันอย่าง
มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าความชื้นที่สูงของอาหาร TMR2 ส่งผลต่อความน่ากิน
ต่ำทำให้การกินได้ในรูปของวัตถุแห้งและสมรรถภาพการผลิตต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการทดลองอื่น

Wisut Maitreejet 2010: Utilization of Total Mixed Ration Silage Containing Pineapple Peel as Fiber Source in Fattening Beef. Master of Science (Animal Nutrition and Feed Technology), Major Field: Animal Nutrition and Feed Technology, Department of Animal Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Lerchat Boonek, Ph.D. 89 pages.

Two experiments were carried out to determine the effect of total mixed ration of pineapple peel silage on performance for fattening beef. The first trial was to evaluate quality of pineapple peel silage that allocated into 2 experimental Treatments: 1) pineapple peel silage 2) total mixed ration of pineapple peel silage (15 %protein) The results showed that DM, pH value, organic acids and water soluble carbohydrate level of pineapple peel silage differed significantly ($P<0.01$). Lactic acid compositions of pineapple peel were significant different with the highest value in treatment 1 (7.15%). Also ammonia - nitrogen level of all treatments differed significantly ($P<0.01$).

The second trial was aimed to compare the effect of pineapple peel silage as roughage sources in total mixed ration on rumen condition, plasma metabolites and performance of fattening Kumphaeng Saen beef cattle. Twelve experimental animals were randomly allocated to 3 experimental groups in a completely randomized design trial. The animals received total mixed ration (TMR): TMR1 (control), TMR 2 (15%protein total mixed ration of pineapple peel silage) and TMR3 (7 %protein pineapple peel silage plus concentrate supplement mixed before feeding). The results showed that the rumen pH, Ruminal ammonia - nitrogen, Blood urea nitrogen (BUN) and Blood glucose (BG) concentration of all treatments were not significantly ($P>0.05$). Daily dry matter intake (DMI) of animals fed TMR1, TMR2 and TMR3 was significant different with the mean values of 9.77, 4.35 and 9.28 respectively ($P<0.05$). Consequently average daily gain (ADG) and Feed conversion ratio (FCR) of animals fed TMR2 was lowest when compare with other group (1.14, 0.13 and 1.40 kg./d. and 9.40, 27.41 and 13.34 respectively) ($P<0.05$). The profit of feeding of 3 experimental diets were 3.38, -6.43 and 4.21 % for TMR1, TMR3 and TMR2, respectively ($P<0.05$). These results indicated that high moisture of TMR2 resulted in low palatability and dry matter intake and performance of animals as compared to other groups.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลอชาติ บุญเอก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งทางด้านการศึกษ การวางแผนงานวิจัยและขอทุนในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้คำปรึกษาแนะนำการ ทดลอง ตลอดจนตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอกราบ ขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สมิต ยิ้มมงคล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมและอาจารย์ สุกัญญา จิตคุพรพงษ์ ตลอดจนอาจารย์ทุกท่านที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและช่วยตรวจสอบแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณบริษัท ทีปโก้ฟู้ดส์ (ประเทศไทย) มหาชน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ที่ให้ทุน สนับสนุนงานวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ฟาร์มทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการ ผลิตกระบือและโค ทุกท่านที่ให้การสนับสนุนสถานที่และสัตว์ทดลอง ตลอดจนอาจารย์ สมทบ ชันทอง ที่ให้คำแนะนำต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ศูนย์คั้นคว่ำ และพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล ทุกท่านที่ กรุณาให้ความช่วยเหลือในการวิเคราะห์ผลการทดลองต่างๆ และคณะสัตวแพทย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ขอขอบพระคุณ อาจารย์มนัญญา ปรียวิชัยภักดิ์ อาจารย์วันิดา มากศิริ ขอขอบคุณพี่น้องและเพื่อนๆ นิสิต ภาควิชาสัตวบาลมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ ตลอดจนให้การช่วยเหลือการวิจัยครั้งนี้จนเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ท้ายสุดข้าพเจ้าขอขอบคุณดีแห่งปริญญาฉบับนี้แก่ นายประวิทย์ นางประสิทธิ์ ผู้เป็นบิดา มารดาอันประเสริฐของลูกๆ ทุกๆ คนในครอบครัวที่ผลักดัน ให้ความรัก กำลังใจและโอกาสใน การศึกษามาโดยตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี สุดท้ายข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ให้การอบรมสั่งสอนตั้งแต่อดีตจนถึง ปัจจุบัน

วิสูตร ไมตรีจิตต์

พฤษภาคม 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	16
ผลและวิจารณ์	28
สรุปและข้อเสนอแนะ	67
สรุป	67
ข้อเสนอแนะ	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	71
ภาคผนวก	83
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	89

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงเนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ของสับปะรดของประเทศผู้ผลิตสับปะรดที่สำคัญและรวมทั้งโลก ในปีเพาะปลูก 2547/2548	4
2	เนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิตและผลผลิตสับปะรดเฉลี่ยต่อไร่ของประเทศไทยในปีเพาะปลูก 2547/48 - 2548/49	5
3	พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตสับปะรด 10 จังหวัดของประเทศไทยที่มีการปลูกมากในปีการเพาะปลูก 2548/49	5
4	องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้และเปลือกสับปะรด (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)	7
5	แสดงองค์ประกอบทางโภชนะของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในสูตรอาหาร	21
6	แสดงส่วนประกอบของอาหารผสมเสร็จ	22
7	องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับปะรดสดก่อนหมักและอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งเชื้อยีก่อนหมัก	29
8	องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองจากการวิเคราะห์	49
9	ปริมาณการกินได้ของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ตลอดการทดลอง	52
10	ค่าความเป็นกรด - ด่าง ในกระเพาะรูเมนที่เกิดจากการหมักอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ	54
11	ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) และปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดของโคที่กินอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)	56
12	ปริมาณกลูโคสในเลือด (mg%) ในโคที่กินอาหารสูตรต่างๆ	58
13	ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดอะซีติกในกระเพาะรูเมน	59
14	ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดโพรปีโอนิกในกระเพาะรูเมน	60
15	ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดบิวทริกในกระเพาะรูเมน	61
16	ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/ตัว/วัน) และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง	63
17	อัตราการแลกน้ำหนัก (กิโลกรัม)	63

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
18	ผลของการใช้เปลือกสับประดมหักเป็นแหล่งเชื้อใยในสูตรอาหารผสมเสร็จต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ	64
ตารางผนวกที่		
1	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	84
2	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวัตถุแห้งของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	84
3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	85
4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	85
5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซิติกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	86
6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	86
7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	87
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	87
9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบ อาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	88
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกโนเซลลูโลสของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	88

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงผลพลอยได้จากการปลูกสับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง	6
2	การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	30
3	การเปลี่ยนแปลงปริมาณวัตถุแห้งของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	32
4	การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนหยาบของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	34
5	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	36
6	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซิติกของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	38
7	การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	40
8	การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย - ใน โตรเจนของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	42
9	การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	43
10	การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	45
11	การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกโนเซลลูโลสของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก	46

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ADG	=	average daily gain
ADF	=	acid detergent fiber
BG	=	blood glucose
BUN	=	blood urea nitrogen
BW	=	body weight
CRD	=	completely randomized design
CF	=	crude fiber
DM	=	dry matter
FCR	=	feed conversion ratio
FI	=	feed intake
GC	=	gas chromatography
GE	=	gross energy
Kcal/g	=	kilocalorie per gram
Mg	=	milligram
mM/L	=	millimol per litter
NDF	=	neutral detergent fiber
NH ₃ -N	=	ammonia - nitrogen
NPN	=	non - protein nitrogen
SEM	=	standard error of sample mean
TDN	=	total digestible nutrients
TMR	=	total mixed ration
VFA	=	volatile fatty acid
WSC	=	water soluble carbohydrate

การใช้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งใยในโคขุน

Utilization of Total Mixed Ration Silage Containing Pineapple Peel as Fiber Source in Fattening Beef

คำนำ

ปัจจุบันอาชีพการเลี้ยงโคเนื้อได้มีการพัฒนาเป็นธุรกิจมากขึ้น มีการปรับปรุงสายพันธุ์โค การจัดการฟาร์มและการจัดการด้านอาหารเพื่อให้สัตว์มีประสิทธิภาพการผลิตสูงขึ้น อาหารสัตว์นอกจากเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการผลิตยังมีผลต่อต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ โดยมีสัดส่วนถึง 35 - 40 เปอร์เซ็นต์ของต้นทุนทั้งหมด อย่างไรก็ตามอาหารหยาบซึ่งเป็นอาหารหลักของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ได้แก่ พืชตระกูลหญ้าและถั่ว มักประสบปัญหาการขาดแคลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาหารหยาบคุณภาพดีที่มีปริมาณไม่เพียงพอสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ โดยมีสาเหตุจากหลายปัจจัย เช่น สภาพภูมิอากาศ, สภาพภูมิประเทศและแหล่งเงินทุนในการสร้างทุ่งหญ้า ซึ่งมีผลต่อการเลี้ยงโค - กระบือ ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ผลพลอยได้และเศษเหลือจากอุตสาหกรรมแปรรูปสับประรดเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถใช้เสริมเป็นแหล่งอาหารหยาบในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ เนื่องจากมีปริมาณมาก, ราคาถูกและหาง่ายในท้องถิ่นจนมีบริษัทเอกชนบางรายคิดนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามเปลือกสับประรดมีองค์ประกอบโปรตีนค่อนข้างต่ำจึงควรนำมาปรับปรุงคุณภาพก่อนการนำไปเป็นวัตถุดิบเพื่อการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง (จินดา, 2532)

เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ส่วนใหญ่นิยมใช้เปลือกสับประรดที่มีมากตามฤดูกาลเลี้ยงโคเป็นเวลานาน โดยนำเปลือกสับประรดจากโรงงานมากองทิ้งไว้เพื่อเป็นแหล่งอาหารหยาบเลี้ยงโค มีผลให้คุณค่าทางโภชนาและการใช้ประโยชน์จากเปลือกสับประรดลดลง การหมักเปลือกสับประรดในถุงพลาสติกมีผลให้เปลือกสับประรดเก็บรักษาได้นานและมีคุณค่าทางโภชนาการไม่แตกต่างจากเปลือกสับประรดสดมากนัก ดังนั้นการหมักร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นเป็นอาหารผสมเสร็จ (Total mixed ration, TMR) เพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มการใช้ประโยชน์จากเปลือกสับประรดในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ดังนั้นการศึกษาวิธีการหมักเปลือกสับประรดและรูปแบบการนำไปใช้จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะนำไปสู่การมีอาหารสัตว์คุณภาพดีไว้ใช้เลี้ยงโคในช่วงที่อาหารสัตว์ขาดแคลนและยังเป็นการลดต้นทุนในการเลี้ยงโคขุนเพื่อให้สัตว์แสดงศักยภาพในด้านการผลิตที่มีคุณภาพสูงอีกด้วย

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนาของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งใยอาหาร
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่ากรดไขมันระเหยง่าย ค่าความเป็นกรด - ด่าง, ค่าแอมโมเนีย - ไนโตรเจนที่เกิดขึ้นในกระเพาะหมัก, ค่ายูเรีย - ไนโตรเจนและค่ากลูโคสในกระแสเลือดของโคขุนพันธุ์กำแพงแสนที่ได้รับเปลือกสับปะรดหมักในอาหารผสมเสร็จ
3. เพื่อศึกษาผลการใช้เปลือกสับปะรดในอาหารหมักผสมเสร็จต่อสมรรถภาพการผลิตโคขุนพันธุ์กำแพงแสน
4. ศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจากการใช้เปลือกสับปะรดหมักในอาหารผสมเสร็จเลี้ยงโคขุนพันธุ์กำแพงแสน

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของสับปะรด

สับปะรด (Pineapple) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ananas comosus* (L) Merr. จัดอยู่ในวงศ์ Bromeliaceae เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว มีอายุหลายปี จัดเป็นพืชตั้งเดิมในแถบร้อนและกึ่งร้อนของทวีปอเมริกา บางชนิดปลูกเพื่อเป็นการค้า เพื่อใช้ประโยชน์จากเส้นใยในใบและดอก ตลอดจนใช้เป็นไม้ประดับ ลักษณะของผลเป็นผลรวมซึ่งเกิดจากผลย่อยหลายผลเจริญมาเชื่อมต่อกันจนดูเป็นผลเดี่ยว (จารุพันธ์, 2526)

สมบัติและคณะ (2534) รายงานว่าสับปะรดที่ปลูกในประเทศไทยถูกจำแนกได้ 3 กลุ่ม คือ

1. กลุ่ม Smooth cayenne ได้แก่ พันธุ์ปัตตาเวีย, นางแลและลักกะตา แหล่งปลูกที่สำคัญคือ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และเพชรบุรีมีพื้นที่ปลูกประมาณ 57 - 60 ไร่ เซ็นต์ของพื้นที่ในจังหวัดชลบุรี, ระยองและลำปาง ซึ่งเป็นกลุ่มการปลูกสับปะรดเพื่อการส่งโรงงานเป็นหลัก
2. กลุ่ม Queen ได้แก่ พันธุ์สวี, ภูเก็ต, ตราดสีทอง, สิงคโปร์และปัตตานีกลุ่มนี้จะเป็นสับปะรดที่ใช้รับประทานผลสด ปลูกมากในจังหวัดชุมพร
3. กลุ่ม Spanish ได้แก่ พันธุ์อินทรีขีดแดงและอินทรีขีดขาว มีรสเปรี้ยว ปลูกมากที่อำเภอ บางคด้า จังหวัดฉะเชิงเทรา

สถานการณ์การผลิตสับปะรดของโลกและประเทศไทย

สถานการณ์การผลิตสับปะรดของโลกในปีเพาะปลูก 2547/2548 แสดงในตารางที่ 1 พบว่าทั่วโลกมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวสับปะรดรวมประมาณ 5,208,000 ไร่ และมีผลผลิตรวมประมาณ 15,584,000 ตัน และประเทศที่มีผลผลิตสับปะรดมากที่สุดได้แก่ ประเทศไทย, ฟิลิปปินส์, จีน, บราซิล, อินเดียและไนจีเรีย ตามลำดับ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2548) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ในการปลูกสับปะรดประมาณ 552,302 ไร่ ผลผลิต 1.997 ล้านตัน ผลผลิตต่อไร่ 3,616 กิโลกรัม แหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ

อยู่ในภาคกลางของประเทศประมาณ 540,474 ไร่ รองลงมาคือ ภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้มีพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 53,063, 25,942 และ 15,823 ไร่ ตามลำดับ ภาคกลางมีผลผลิต สับปะรดมากที่สุดรองลงมาคือ ภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคใต้ โดยมีผลผลิต 1,803,849, 222,432, 95,395 และ 67,517 ตัน ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จังหวัดที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากที่สุดได้แก่ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์และเพชรบุรี คิดเป็นพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศ (ตารางที่ 3) จังหวัดที่ได้รับการจัดให้เป็นเขตเกษตรเศรษฐกิจสำหรับปลูกสับปะรดส่งโรงงานได้แก่ ชุมพร, ประจวบคีรีขันธ์, เพชรบุรี, ราชบุรี, กาญจนบุรี, อุทัยธานี, ชลบุรี, ระยอง, ตราด, ลำปาง, หนองคายและนครพนม

ตารางที่ 1 แสดงเนื้อที่เกี่ยวกับผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ของสับปะรดของประเทศผู้ผลิตสับปะรดที่สำคัญและรวมทั้งโลกในปีเพาะปลูก 2547/2548

ประเทศ	เนื้อที่เกี่ยวกับ (ไร่)	ผลผลิต (ตัน)	ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (กก.)
ไทย	552,000	1,997,000	3,616
ฟิลิปปินส์	288,000	1,650,000	5,729
จีน	409,000	1,475,000	3,606
บราซิล	342,000	1,436,000	4,199
อินเดีย	563,000	1,300,000	2,309
ไนจีเรีย	725,000	889,000	1,226
คอ스타ริกา	109,000	725,000	6,651
เม็กซิโก	112,000	721,000	6,438
อินโดนีเซีย	513,000	700,000	1,318
เคนยา	84,000	600,000	7,143
อื่นๆ	1,611,000	4,091,000	2,539
รวมทั้งโลก	5,208,000	15,584,000	2,926

ที่มา: ดัดแปลงจากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2548)

ตารางที่ 2 เนื้อที่เก็บเกี่ยวผลผลิตและผลผลิตสับประรดเฉลี่ยต่อไร่ของประเทศไทยในปีเพาะปลูก
2547/48 - 2548/49

ปีเพาะปลูก/ภาค	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)		ผลผลิต (ตัน)		ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (กก.)	
	2547/48	2548/49	2547/48	2548/49	2547/48	2548/49
ภาคเหนือ	47,325	53,063	179,919	222,432	3,802	4,192
ตะวันออกเฉียงเหนือ	29,504	25,942	107,270	95,495	3,636	3,681
ภาคกลาง	459,828	504,474	1,632,215	1,803,849	3,550	3,576
ภาคใต้	15,645	15,823	74,423	67,517	4,750	4,267
รวมทั้งประเทศ	552,302	599,302	1,993,827	2,189,293	3,610	3,653

ที่มา: คัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2549)

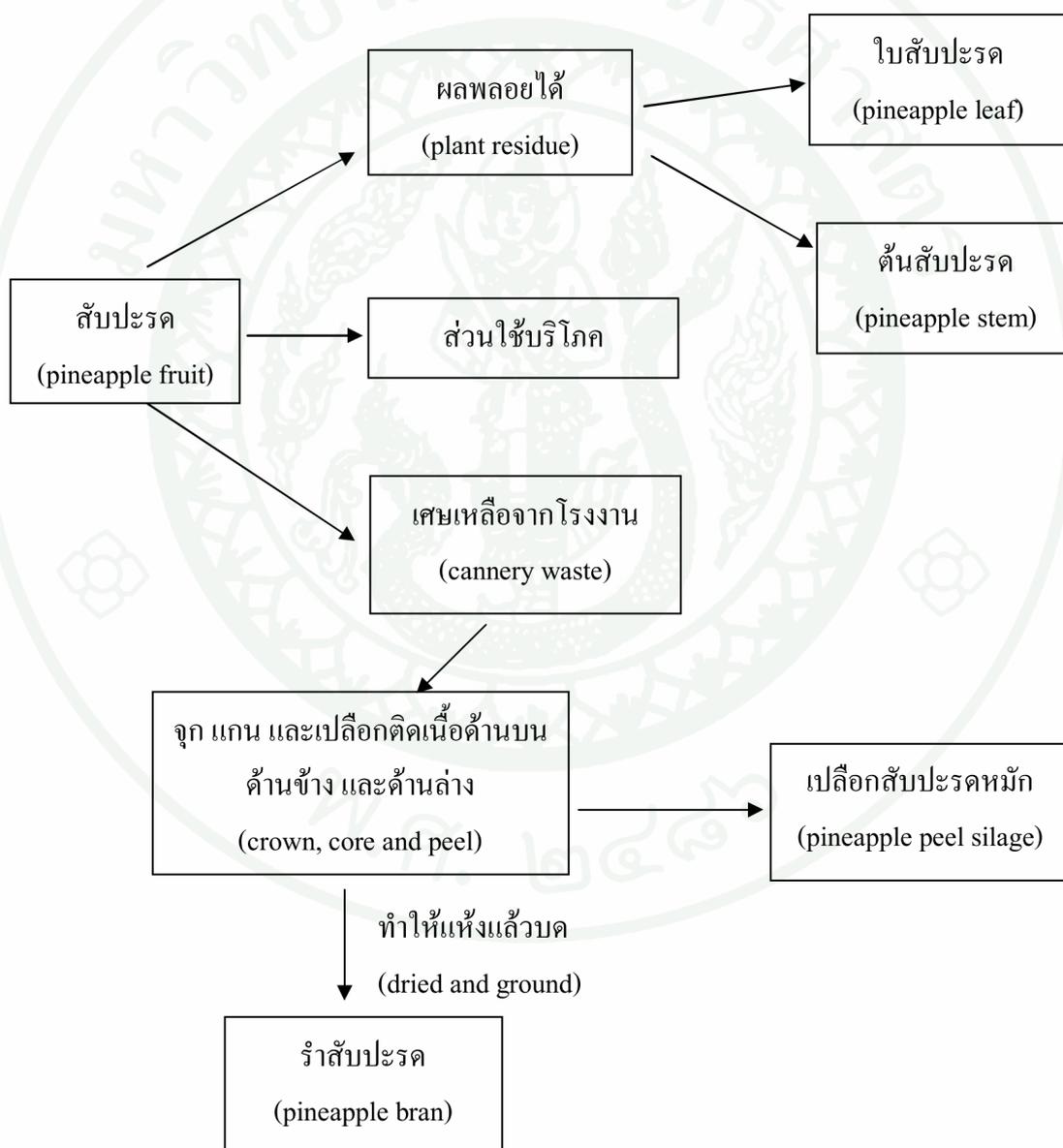
ตารางที่ 3 พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตสับประรด 10 จังหวัดของประเทศไทยที่มีการปลูกมากในปี
การเพาะปลูก 2548/49

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก(ไร่)	ผลผลิต(ตัน)
ประจวบคีรีขันธ์	280,790	834,227
ระยอง	58,681	326,501
เพชรบุรี	33,560	104,036
ราชบุรี	32,070	95,280
กาญจนบุรี	32,040	85,803
ชลบุรี	30,614	202,665
อุทัยธานี	20,450	82,209
พิษณุโลก	18,490	86,903
ตราด	16,075	554,864
ชุมพร	15,823	67,517

ที่มา: คัดแปลงจาก สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2549)

ผลพลอยได้จากการปลูกสับปะรดและโรงงานสับปะรดกระป๋อง

ผลพลอยได้จากการปลูกสับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง แบ่งออก ได้ 2 ชนิด คือ ส่วนที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวสับปะรดจากไร่และวัสดุเศษเหลือจากอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง ดังแสดงในตารางภาพที่ 1 เปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งจากโรงงานแปรรูปสับปะรดมี ประมาณ 40 - 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสด โดยประเทศไทยมีเปลือกสับปะรดที่เหลือทิ้งจากโรงงาน มากกว่า 5 แสนตันต่อปี (Devendra, 1988; Muller, 1978)



ภาพที่ 1 แสดงผลพลอยได้จากการปลูกสับปะรดและอุตสาหกรรมสับปะรดกระป๋อง

ที่มา: ดัดแปลงจาก อารยะ (2537)

องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้จากการปลุกสับประรด

เปลือกสับประรดมีโปรตีนและเยื่อใยผนังเซลล์ทั้งหมด (NDF) อยู่ระหว่าง 4.40 - 6.00 และ 27.10 - 57.32 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ของจุก, ต้นและใบสับประรด มีคาร์โบไฮเดรตประมาณ 63.87 เปอร์เซ็นต์ ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 3.2 - 3.5 และค่า โภชนะย่อยได้ (total digestible nutrients, TDN) อยู่ระหว่าง 65 - 74 เปอร์เซ็นต์ (Muller, 1978; Perez and Hsu, 1973 และจิระสิทธิ์, 2529) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของผลพลอยได้และเปลือกสับประรด (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)

ชนิดพืช	วัตถุแห้ง	โปรตีน	NDF	ADF	ลิกนิน	แหล่งที่มา
เปลือกสับประรด	10.83	6.00	57.32	27.54	2.89	จินดาและปรัชญา (2542)
เปลือกสับประรด	14.20	4.40	27.10	12.10	1.70	วรพงษ์และวิภา (2528)
จุกสับประรด	19.26	7.50	50.57	25.87	2.67	จินดาและปรัชญา (2542)
จุกสับประรด	20.16	10.19	56.38	31.58	-	ปรัชญาและคณะ (2544)
จุกสับประรด	15.10	4.10	38.80	17.10	1.90	วรพงษ์และวิภา (2528)
ใบสับประรด	18.91	6.59	39.44	24.25	3.10	ปรัชญาและคณะ (2541)
ต้นและใบสับประรด	16.67	6.30	53.90	30.80	3.54	ปรัชญาและคณะ (2542)

ที่มา: คัดแปลงจาก จินดาและปรัชญา (2542)

การใช้ผลพลอยได้และเปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การใช้จุกสับประรดเลี้ยงโค

จินดาและปรัชญา (2542) รายงานว่าจุกสับประรดมีองค์ประกอบโปรตีน 7.5 เปอร์เซ็นต์ และมีวัตถุแห้งย่อยได้ 80.70 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ขณะที่เปลือกสับประรดมีองค์ประกอบของโปรตีน 6.0 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุแห้งย่อยได้เท่ากับ 64.50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง การเลี้ยงโคนม ด้วยจุกและเปลือกสับประรดร่วมกับหญ้าสดในสัดส่วน 50: 50 โดยน้ำหนักสด เสริมด้วยอาหารชั้น 18 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ในสัดส่วนผลผลิตน้ำนมต่อวันต่ออาหารชั้นเท่ากับ 3: 1 พบว่าผลผลิตน้ำนม ที่ปรับไขมันนมเป็น 4 เปอร์เซ็นต์, ปริมาณอาหารโคที่กินได้ในรูปของวัตถุแห้ง, ประสิทธิภาพการ

เปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนม 1 กิโลกรัม, ส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมและต้นทุนค่าอาหารในการผลิตน้ำนม 1 กิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับแม่โคนมที่ได้รับหญ้าสดเป็นแหล่งอาหารหยাবเพียงอย่างเดียว ปรัชญาและคณะ (2542) รายงานการใช้จุลสับประดและจุลสับประดร่วมกับหญ้าสดในสัดส่วน 50: 50 โดยน้ำหนัก เปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสดเลี้ยงโคนุน้ำหนักเฉลี่ย 250 - 400 กิโลกรัม เสริมด้วยอาหารข้น 14 เปอร์เซ็นต์โปรตีนในอัตรา 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ตลอดจนการทดลองพบว่าสามารถใช้จุลสับประดเลี้ยงโคนุนแทนหญ้าสดได้ โดยมีอัตราการเจริญเติบโต, ปริมาณอาหารที่กินได้, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารและลักษณะซากแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าสดเพียงอย่างเดียว

การใช้ต้นและใบสับประดเลี้ยงโค

ปรัชญาและคณะ (2542) ทดลองเลี้ยงโคนมโดยใช้หญ้าสดร่วมกับต้นและใบสับประดในสัดส่วน 50: 50 โดยน้ำหนักสด เป็นอาหารหยাবเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสด โดยมีอาหารข้น 16 เปอร์เซ็นต์โปรตีน เสริมในอัตราผลผลิตน้ำนมต่อวัน 2 กิโลกรัม ต่ออาหารข้น 1 กิโลกรัม พบว่าการใช้หญ้าสดร่วมกับต้นและใบสับประดสามารถใช้เป็นอาหารหยাবแทนหญ้าสดเพียงอย่างเดียวเลี้ยงโคนมได้ โดยมีปริมาณน้ำนมและส่วนประกอบทางเคมีของน้ำนมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) สอดคล้องกับปรัชญาและคณะ (2541) ที่ทดลองใช้ใบสับประดสดเปรียบเทียบกับการใช้หญ้าสดและฟางข้าวราดกากน้ำตาลผสมยูเรียเลี้ยงโคพันธุ์ผสมบราห์มันเพศผู้ น้ำหนัก 190 - 400 กิโลกรัม มีอาหารข้น 16 เปอร์เซ็นต์โปรตีน เสริมให้ในระยะแรกน้ำหนัก 190 จนถึง 300 กิโลกรัม จากนั้นใช้อาหารข้น 14 เปอร์เซ็นต์โปรตีน เสริมในอัตราส่วน 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่าโคมีอัตราการเจริญเติบโต เท่ากับ 0.76, 0.77 และ 0.68 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ และประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารของโคกลุ่มที่กินใบสับประดสดและหญ้าสดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยให้ผลดีกว่าโคกลุ่มที่ใช้ฟางข้าวราดกากน้ำตาลและยูเรีย

การใช้เปลือกสับประดเลี้ยงโค

ปรารถนา (2533) รายงานว่าเศษเหลือทิ้งจากโรงงานสับประดกระป๋องคือ เปลือกสับประด ซึ่งเป็นชื่อที่ใช้เรียกเศษสับประดเหลือทิ้งทั้งหมดที่ประกอบด้วย เปลือกนอกด้านข้าง, เปลือกด้านยอด, เปลือกฐาน, แกนสับประด, เศษเนื้อที่เนียนออกและเศษเนื้อที่คั้นน้ำทิ้งออกไปแล้ว ซึ่งปกติมีความชื้นสูงถึง 85 เปอร์เซ็นต์ มีโปรตีนและโภชนะย่อยได้ทั้งหมดสูงกว่าหญ้าขน คือ 7 - 10 ต่อ 6.50 และ 65 - 74 ต่อ 48.10 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ) โดยปกติโคที่กินหญ้าขนเพียงอย่าง

เดียวสามารถดำรงชีพอยู่ได้และมีอัตราการเจริญเติบโต 700 - 900 กรัมต่อวัน ดังนั้นหากโคได้รับเปลือกสับประดอย่างเต็มที่จึงควรมีอัตราการเจริญเติบโตที่ดีกว่า

ปัจจุบันมีการใช้เปลือกสับประดเป็นอาหารสัตว์สัตว์เคี้ยวเอื้องอย่างแพร่หลายทั้งในสภาพสด, หมักและแห้ง เช่น การนำวัสดุเหลือใช้จากโรงงานแปรรูปสับประดกระป๋องมาขุนโคในประเทศไทย มาเลเซีย โดยใช้เปลือกสับประด 78 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับมูลไก่ 10 เปอร์เซ็นต์, กากปาล์ม 3 เปอร์เซ็นต์, กากน้ำตาล 5 เปอร์เซ็นต์, กากถั่วเหลือง 2 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 1 เปอร์เซ็นต์ ได้เป็นอาหารมี โปรตีน 14 เปอร์เซ็นต์ และมีโภชนะย่อยได้ 70 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ซาก ที่ได้จากการขุน เท่ากับ 54 - 56 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ได้วันมีการใช้เปลือกสับประด 70 เปอร์เซ็นต์ใน สูตรอาหารร่วมกับข้าวโพด 10.80 เปอร์เซ็นต์, กากถั่วเหลือง 18.00 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 1.20 เปอร์เซ็นต์ สำหรับขุนโคนมพันธุ์ลูกผสมขาว - ดำเพศผู้ พบว่ามีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 1.02 กิโลกรัม/วัน ส่วนในประเทศเปอร์โตริโกมีเกษตรกรนิยมใช้เปลือกสับประดเลี้ยงโคนมเป็น ระยะเวลาจนถึง 8 เดือนในแต่ละปี โดยโคได้รับเปลือกสับประดอย่างเต็มที่เสริมด้วยอาหารชั้น 24 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ทำให้โคนมดังกล่าวให้นมเฉลี่ย 15.07 กิโลกรัม/วัน (Udin, 1978; Perez. and Hsu, 1973; McDowell, 1972)

จินดาและคณะ (2524) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้าสดกับเปลือกสับประดสด ร่วมกับอาหารผสมเสร็จเป็นอาหารโคเนื้อพันธุ์ผสมบราห์มันเพศผู้ น้ำหนักเฉลี่ย 161 กิโลกรัม พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับหญ้าสดร่วมกับอาหารผสมเสร็จในอัตราส่วน 50: 50 (อาหารผสมเสร็จมีโปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยเปลือกสับประด, ฟางข้าว, ข้าวโพดบด, ยูเรียและกากน้ำตาล) มีอัตราการเจริญเติบโต 0.99 กิโลกรัม/วัน ในขณะที่โคกลุ่มที่ได้รับหญ้าสดมีอัตราการเจริญเติบโต 0.34 กิโลกรัม/วัน และกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 0.95 กิโลกรัม/วัน นอกจากนี้ ทำการเปรียบเทียบการใช้เปลือกสับประดสด (6.44 เปอร์เซ็นต์โปรตีนในรูปของวัตถุแห้ง) และ เปลือกสับประดสดผสมรำละเอียด (อัตราส่วน 3: 1 โดยน้ำหนัก อาหารมีโปรตีน 9.34 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนของวัตถุแห้ง) เป็นอาหารเสริมในฤดูเลี้ยงใช้เลี้ยงโคนมพันธุ์ลูกผสมขาว - ดำเพศผู้ น้ำหนัก เฉลี่ย 169 กิโลกรัม ซึ่งการเลี้ยงด้วยฟางข้าวเป็นอาหารหลักใช้เวลาทดลอง 142 วัน พบว่าการให้ อาหารเสริมทั้ง 2 ชนิด สามารถเพิ่มน้ำหนักโคได้ตลอดการทดลอง โดยการเสริมด้วย เปลือกสับประดสดผสมรำละเอียด (3: 1 โดยน้ำหนัก) ทำให้โคมีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด คือ 0.69 กิโลกรัม/ตัว/วัน สำหรับการให้เปลือกสับประดเป็นอาหารหยาบแทนหญ้านั้น จินดาและคณะ (2541) รายงานการใช้เปลือกสับประดสดเป็นอาหารหยาบหลักแทนหญ้าเลี้ยงโคนมพันธุ์ลูกผสมขาว - ดำ เพศผู้ตอนน้ำหนัก 192 - 364 กิโลกรัม เสริมด้วยอาหารชั้นซึ่งมีแหล่งโปรตีนในสูตรอาหารชั้นต่าง ชนิดกัน 3 ชนิด คือ ใบกระถินแห้ง 30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง, ใบกระถินแห้งและมูลไก่แห้ง

อย่างละ 15 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ และมูลไก่ 30 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ ในสูตรอาหารมีโปรตีน ทยาบ 15 - 20 เปอร์เซ็นต์ เสริมให้ 1.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวมทำให้โคนมพันธุ์ ลูกผสมขาว - ดำเพศผู้ตอนมีอัตราการเจริญเติบโตได้วันละ 0.60, 0.51 และ 0.52 กิโลกรัม/ตัว ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหาร เท่ากับ 6.45, 7.61 และ 7.04 กิโลกรัม ตามลำดับ สอดคล้องกับ วีระพล (2537) ที่ใช้เปลือกสับประรดราคาด้วยกากน้ำตาลละลายน้ำเป็นแหล่งอาหารทยาบและ ให้อาหารชั้นโปรตีนรวมต่างกัน 3 ระดับ คือ 18.35, 16.02 และ 14.54 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ตามลำดับ โดยให้อาหารชั้น 1 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักรวม ในโคสาวลูกผสมระหว่างโคนมและโคเนื้อ อายุเฉลี่ย ระหว่าง 15 - 20 เดือน จำนวน 15 ตัว ใช้เวลาทดลองเป็นระยะเวลา 112 วัน พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร ชั้นที่มีโปรตีนรวม 18.35 เปอร์เซ็นต์โปรตีน มีอัตราการเจริญเติบโตต่อวันดีที่สุด คือ 1.01 กิโลกรัม มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.01$) ส่วนประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารในโค กลุ่มที่ได้รับอาหารชั้นที่มีโปรตีนรวม 14.54 เปอร์เซ็นต์โปรตีน มีค่าต่ำสุด คือ 9.04 กิโลกรัม ส่งผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักรวม 1 กิโลกรัมสูงสุด คือ 27.31 บาท เช่นเดียวกับปรัชญาและคณะ (2534) ทดสอบการขุนโคพันธุ์ลูกผสมบราห์มันเพศผู้ตอนน้ำหนักรวมเฉลี่ย 220 กิโลกรัม โดยใช้เปลือก สับประรดสดเป็นอาหารทยาบหลักเสริมด้วยอาหารชั้น 3 สูตร ที่ใช้แหล่งพลังงานต่างกัน คือ มันเส้น, ข้าวโพดบดและปลายข้าว ซึ่งอาหารชั้นมีโปรตีน 13 เปอร์เซ็นต์ เสริมให้ในอัตราส่วน 2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักรวมทุกสูตร พบว่าโคมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 0.51, 0.57 และ 0.59 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินทั้งหมดเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักรวมเท่ากับ 1.78, 1.76 และ 1.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 9.52, 8.70 และ 8.37 ตามลำดับ จินดาและคณะ (2541) ใช้เปลือกสับประรดเลี้ยงโคเพื่อศึกษาและสาธิตการขุนโคนมพันธุ์ ลูกผสมผสมขาว - ดำเพศผู้ น้ำหนักรวมเฉลี่ย 239 กิโลกรัม จำนวน 32 ตัว ในคอกขังรวมจนมีน้ำหนัก ส่งตลาด โดยมีน้ำหนักแตกต่างกัน 3 กลุ่มคือ 354, 389 และ 424 กิโลกรัม โดยใช้เปลือกสับประรดสด ร่วมกับยอดอ้อยหมักเป็นแหล่งอาหารทยาบหลักเสริมด้วยอาหารชั้น 13 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ปริมาณ 3 กิโลกรัม/ตัว/วัน โดยสูตรอาหารชั้นประกอบด้วยวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หาง่ายในท้องถิ่นอันได้แก่ มูลไก่, ใบกระถินแห้งและยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนในสูตรอาหาร พบว่าลักษณะของซากที่ตัดแต่งแบบ ไทยมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.01$) โดยโคมีชีวิตก่อนฆ่าเฉลี่ย 354 กิโลกรัม มีน้ำหนักซากอ่อน 191 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ซาก 54 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนักโคมีชีวิตก่อนฆ่าเฉลี่ย 389 กิโลกรัม น้ำหนักซากอ่อน 210 กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ซาก 54 เปอร์เซ็นต์ และน้ำหนักโคมีชีวิตก่อนฆ่า เฉลี่ย 424 กิโลกรัม น้ำหนักซากอ่อน 228 กิโลกรัม และเปอร์เซ็นต์ซากเท่ากับ 53.75 เปอร์เซ็นต์

การใช้เปลือกสับประรดแห้งเลี้ยงโค

การฝังแคะให้แห้งเป็นวิธีการแปรรูปที่ง่ายเพื่อเป็นการเก็บถนอมอาหารไว้ใช้ในเวลาอาหารสัตว์ขาดแคลน แต่เนื่องจากเปลือกสับประรดมีความชื้นสูง การฝังแคะจึงต้องใช้เวลาานประมาณ 4 - 5 วัน เปลือกสับประรดแห้งสามารถนำมาผสมใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในอาหารชั้นได้ โดยมีรายงานการศึกษา ดังนี้

ทรงศักดิ์ (2519) รายงานการใช้เปลือกสับประรดแห้งเป็นอาหาร โคพื้นเมือง โดยแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ สูตรที่ 1 ประกอบด้วยเปลือกสับประรดแห้ง 90 เปอร์เซ็นต์, ยูเรีย 3 เปอร์เซ็นต์ และกากน้ำตาล 7 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร สูตรที่ 2 ประกอบด้วยเปลือกสับประรดแห้ง 70 เปอร์เซ็นต์ และกากฝ้าย 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าความน่ากินและคุณค่าทางโภชนาของอาหารทั้งสองสูตรมีค่าใกล้เคียงกันทำให้โคทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 582 และ 596 กรัม/วัน ตามลำดับ ชวนิศดากร (2523) รายงานการใช้เปลือกสับประรดแห้งเป็นส่วนประกอบในอาหารชั้นสูงถึง 73.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร เปรียบเทียบกับมันเส้นซึ่งผสมในอัตราเดียวกัน โดยใช้โปรตีนจากกากถั่วเหลือง 20 เปอร์เซ็นต์ และยูเรีย 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ซึ่งมีโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์ นำไปเลี้ยงแคะที่ได้รับหญ้าขนสดเป็นแหล่งอาหารหยาบตัวละ 0.5 กิโลกรัม ใช้เวลาทดลอง 8 สัปดาห์ พบว่าแคะที่กินอาหารชั้นที่มีเปลือกสับประรดแห้งผสมเป็นวัตถุดิบหลัก มีอัตราการเจริญเติบโตได้ดีเท่ากับใช้มันเส้น แม้ว่าเปลือกสับประรดจะมีโภชนะย่อยได้ต่ำกว่ามันเส้นแต่มีโปรตีนสูงกว่าเล็กน้อย จากรายงานการใช้เปลือกสับประรดแห้งเป็นอาหารสำหรับโคให้นมซึ่งใช้เปลือกสับประรดแห้งแทนข้าวโพดเลี้ยงโคนม โดยใช้กากเมล็ดฝ้ายและกากเมล็ดคางพาราเป็นแหล่งอาหาร โปรตีน ที่มีเปลือกสับประรดแห้ง 18 เปอร์เซ็นต์, มันเส้น 20 เปอร์เซ็นต์, กากเมล็ดฝ้าย 40 เปอร์เซ็นต์ และกากเมล็ดคางพารา 10 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ผลการทดลองพบว่าโคที่ได้รับเปลือกสับประรดแห้งแทนข้าวโพดมีผลทำให้ปริมาณน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันในน้ำนมมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) จากโคกลุ่มที่ได้รับอาหารที่ใช้ข้าวโพดในสูตรอาหาร สอดคล้องกับ Kenneth *et al.*, (1960) ที่ทดลองเลี้ยงโคนม 12 ตัว ได้รับอาหาร 16 เปอร์เซ็นต์โปรตีน โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง กลุ่มการทดลองที่ 1 ได้รับอาหารควบคุม 100 เปอร์เซ็นต์ กลุ่มการทดลองที่ 2 ได้รับอาหารควบคุม 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำสับประรด (Pineapple bran) 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร กลุ่มการทดลองที่ 3 ได้รับอาหารควบคุม 70 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับต้นสับประรดแห้ง (Pineapple hay) 30 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร โดยให้กินในอัตราผลผลิตน้ำนม 2 กิโลกรัมต่ออาหารชั้น 1 กิโลกรัม ขณะที่อาหารควบคุมประกอบด้วยเปลือกสับประรดแห้ง 40 เปอร์เซ็นต์, กากถั่วเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์, กากน้ำตาล 15 เปอร์เซ็นต์, ข้าวบาร์เลย์ 10 เปอร์เซ็นต์ และกากมะพร้าว 5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ผลการทดลองพบว่ากลุ่มที่ได้รับการเสริมด้วยต้นสับประรดแห้งมีระดับของไขมันนม

ที่สูงกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งเป็นผลมาจากกลุ่มที่ได้รับต้นสับประรดแห้ง ได้รับปริมาณเชื้อยีสที่สูงกว่ากลุ่มอื่น เมื่อเปรียบเทียบในรูปของวัตถุดิบ

การใช้เปลือกสับประรดแห้งในอาหารผสมเสร็จ

การใช้เปลือกสับประรดแห้งเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารผสมเสร็จ (Total Mixed Ration, TMR) โดยคำนวณให้มีคุณค่าทางโภชนาการเพียงพอกับความต้องการในการให้ผลผลิตของโคกำลังให้นม พบว่าโคนมให้ผลผลิตได้ดีกว่าการได้รับเปลือกสับประรดแยกกับอาหารข้น เนื่องจากอาหารผสมเสร็จเป็นอาหารที่นำอาหารหยาบและอาหารข้นมาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมและคำนวณสัดส่วนของอาหาร ทั้ง 2 ชนิด ตามความต้องการของโคเป็นวิธีที่สามารถควบคุมระดับความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะรูเมนให้สม่ำเสมอดีกว่าการให้แบบแยกกันและทำให้การใช้ประโยชน์จากอาหารมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น (จินดา, 2541) นอกจากนี้ โสภณและคณะ (2544) ได้รายงานผลการใช้เปลือกสับประรดแห้งเป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารผสมเสร็จเปรียบเทียบกับ การได้รับอาหารแยกกัน โดยใช้เปลือกสับประรดร่วมกับอาหารข้น (อาหารทั้ง 2 สูตรมีโปรตีน 15 เปอร์เซ็นต์) เลี้ยงโคให้นมโดยให้โคได้รับอาหารผสมเสร็จอย่างเต็มที่ พบว่าปริมาณการกินได้ในรูปของวัตถุดิบ, ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมและองค์ประกอบของน้ำนมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และมีแนวโน้มว่าโคในกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่ใช้เปลือกสับประรดแห้งเป็นส่วนประกอบมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำนมดีกว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหารแยกกัน

การใช้เปลือกสับประรดหมักเลี้ยงโค

เปลือกสับประรดเป็นผลพลอยได้และวัสดุเหลือใช้เฉพาะฤดูกาล โดยผลพลอยได้เหล่านี้มีปริมาณมากทุกปีระหว่างเดือน เม.ย. - มิ.ย. และเดือน พ.ย. - มี.ค. และมีมากเกินกว่านำไปใช้เลี้ยงสัตว์ได้หมดจึงควรเก็บถนอมไว้ใช้ในฤดูแล้ง โดยการกองหมักทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง ประมาณ 2 - 3 วัน มีผลให้ความน่ากินเพิ่มขึ้นและการใช้เปลือกสับประรดหมักร่วมกับอาหารข้นเลี้ยงโคจะได้รับการตอบสนองดียิ่งขึ้น (Muller, 1978; และชานิศดากร, 2523)

การเก็บถนอมเปลือกสับประรดโดยการหมักเป็นวิธีที่สะดวกในระดับเกษตรกรรายย่อยแต่เปลือกสับประรดมีวัตถุดิบประมาณ 10 - 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่ไม่เหมาะสมสำหรับการหมัก จึงควรเติมวัสดุเสริมการหมัก เช่น หญ้าแห้งหรือฟางข้าวสับเพื่อปรับให้วัตถุดิบอยู่ที่ระดับ 28 - 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นสภาพการหมักที่ดีและการเพิ่มคุณค่าทางอาหาร โดยเฉพาะโปรตีนและ

พลังงานควรเลือกใช้วัสดุที่เป็นแหล่งอาหารโปรตีนราคาถูกและหาง่าย เช่น มูลไก่, หรือยูเรียเป็นต้น การใช้มันเส้นแทนหญ้าแห้งโดยมีสัดส่วนเปลือกสับประด 80 และมันเส้น 20 โดยน้ำหนักสามารถแก้ปัญหาคุณค่าทางอาหารต่ำและความฟามของอาหารหมักได้ การทำเปลือกสับประดหมักทำได้โดยนำเปลือกสับประดมากองแผ่และกระจายบนแผ่นพลาสติกใส แล้วโรยด้วยมันเส้น อัตราส่วน 80: 20 โดยน้ำหนักและย่ำให้แน่น และทำตามสัดส่วนด้วยวิธีเดียวกันนี้จนครบตามต้องการแล้วจึงปิดด้านบนด้วยพลาสติกใสแบบหลวมกันประมาณ 30 วัน

ชวนิศดากร (2523) ทดลองใช้เปลือกสับประดกับหญ้าขนสดอัตรา 3: 1 ร่วมกับกากน้ำตาล 2 เปอร์เซ็นต์ หมักทิ้งไว้ 3 เดือน แล้วนำออกมาเลี้ยงโคให้นมเปรียบเทียบกับการให้หญ้าขนสด โดยโคทดลองทั้งสองกลุ่มมีอาหารชั้นเสริมในอัตราน้ำนมต่ออาหารชั้นเท่ากับ 2: 1 พบว่าการใช้เปลือกสับประดกับหญ้าขนสดหมักร่วมกันให้ผลดีเช่นเดียวกับหญ้าขนสด ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสมคิดและคณะ (2535) ที่ใช้เปลือกสับประดหมักกับมันเส้นสัดส่วน 80: 20 โดยน้ำหนักเป็นอาหารเสริมให้กับโคนมรุ่นพันธุ์ผสมขาว - ดำ ที่เลี้ยงด้วยอาหารต่างๆ ร่วมกับอาหารชั้นมีโปรตีน 12 เปอร์เซ็นต์ พบว่าโคนมรุ่นทุกกลุ่มที่เลี้ยงด้วยฟางปรุ้งแต่ง, หญ้าสดและฟางปรุ้งแต่งเสริมเปลือกสับประดหมักมีอัตราการเจริญเติบโตและมีประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยให้ผลใกล้เคียงกับศึกษาของ Prado *et al.*, (2003) ที่ทำการศึกษาระดับของเปลือกสับประดหมักทดแทนข้าวโพดหมักในระดับ 0, 20, 40 และ 60 เปอร์เซ็นต์ (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง) ต่ออัตราการเจริญเติบโต, น้ำหนักซาก, เปอร์เซ็นต์ซาก, ความหนาของไขมันและพื้นที่หน้าตัดเนื้อสันของโคขุน โดยใช้โค 28 ตัว อายุ 20 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 328 กิโลกรัม ใช้ระยะเวลาเลี้ยงขุน 96 วัน ซึ่งพบว่าทุกปัจจัยมีผลแตกต่างกันอย่างไม่มีความสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) โดยเปลือกสับประดหมักสามารถทดแทนข้าวโพดหมักได้ตั้งแต่ 20 - 60 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง O' Donovan *et al.*, (1972) สรุปไว้ว่าไม่ควรใช้เปลือกสับประดอย่างเดียวเป็นอาหารไม่ว่าในรูปใด เนื่องจากมีความชื้นสูง, โปรตีนและแร่ธาตุบางชนิดต่ำ แต่หากหมักเปลือกสับประดร่วมกับฟางข้าว, ข้าวโพด, กากน้ำตาลและยูเรีย ในอัตรา 75: 10: 5: 10: 1.5 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ตามลำดับหมักไว้ 8 สัปดาห์ จะได้พืชหมักที่มีวัตถุแห้ง 27.6 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนรวม 5.4 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำไปเลี้ยงโคสาวในอัตรารวันละ 16 - 18 กิโลกรัม โดยเสริมด้วยอาหารชั้น 1 กิโลกรัม/ตัว/วัน จากการนำอาหารดังกล่าวไปเลี้ยงโคสาวเป็นเวลา 52 วัน พบว่าโคมีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยวันละ 0.66 กิโลกรัม/วัน ในขณะที่สมคิดและคณะ (2535) รายงานว่าการนำเปลือกสับประดสดเลี้ยงโคทำให้โคกินได้น้อยลงเนื่องจากมีความน่ากินต่ำ แต่ความน่ากินจะเพิ่มขึ้นเมื่อกองหมักทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งประมาณ 2 - 3 วัน

ผลของเปลือกสับประรดหมักต่อการเปลี่ยนแปลงในกระเพาะรูเมน

พีรวัจน์ (2550) ทำการศึกษาผลของอาหารผสมเสร็จที่มีแหล่งอาหารหยาบแตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่าง ปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายและปริมาณของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยใช้โคนมเพศเมียลูกผสมโฮลสไตน์ฟรีเชียนกับโคพื้นเมืองที่เจาะกระเพาะใส่ท่อเก็บตัวอย่างอาหาร (Permanent rumen fistula) จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 402 กิโลกรัม ซึ่งได้รับอาหารผสมเสร็จ 4 สูตร คือ สูตรที่ 1 มีหญ้าที่หมักเป็นแหล่งอาหารหยาบ สูตรที่ 2 เปลือกสับประรดหมัก สูตรที่ 3 เปลือกสับประรดหมักร่วมกับฟางข้าว 10 เปอร์เซ็นต์ และสูตรที่ 4 เปลือกสับประรดหมักร่วมกับฟางข้าว 15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร ตามลำดับ ใช้เวลาในการทดลอง 14 วัน โดยเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ 0, 2, 4 และ 8 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าระดับค่าความเป็นกรด - ด่าง, ค่าแอมโมเนีย - ไนโตรเจนและค่าเฉลี่ยกรดไขมันระเหยง่ายในของเหลวจากกระเพาะรูเมนของกลุ่มทดลองมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยกลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีหญ้าที่หมักเป็นอาหารหยาบมีค่าเฉลี่ยระดับแอมโมเนีย - ไนโตรเจนต่ำสุดเท่ากับ 12.86 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ แต่ปริมาณกรดอะซิติกสูงสุด คือ 206.71 ไมโครโมล/ลิตร ค่าความเป็นกรด - ด่าง ของของเหลวจากกระเพาะรูเมนของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 6.68 - 7.06 ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงกับระดับที่เหมาะสมของความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะรูเมน คือ 6.5 - 7.0 (Church, 1979) และพบว่ากลุ่มที่ได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดหมักเป็นส่วนประกอบมีค่าสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับหญ้าที่หมัก คือ 25.05 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์

Kellems *et al.*, (1979) ทำการศึกษาเปรียบเทียบการย่อยได้และ pH ในห้องปฏิบัติการ (in vitro) ตามวิธีของ Tilley and Terry ดัดแปลงโดย Brancs (1969) จากอิทธิพลของอาหารผสมเสร็จ (TMR) 2 สูตรอาหาร ที่มีเปลือกสับประรดและหญ้ากินนีสีม่วงเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหาร พบว่าการย่อยได้มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าเฉลี่ยการย่อยได้เท่ากับ 78.05 และ 76.3 เปอร์เซ็นต์ ในอาหาร TMR ที่มีเปลือกสับประรดและหญ้ากินนีสีม่วงตามลำดับ เนื่องจากอาหารที่มีเปลือกสับประรดผสมในสูตรอาหารมีระดับเชื้อยีสติกโนเซลลูโลสต่ำกว่าสูตรที่ใช้หญ้ากินนีสีม่วง มีผลทำให้การย่อยได้เกิดอย่างรวดเร็วในช่วงต้นของการทดลองขณะที่การย่อยได้ของอาหารหญ้ากินนีสีม่วงมีการย่อยได้เป็นไปอย่างช้าๆ เป็นผลมาจากอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องที่มีแป้งและน้ำตาลสูงทำให้การย่อยได้สูงและการย่อยสลายของอาหารมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระยะเวลาหลังจากโคกินอาหารที่มีแป้งสูงจะเกิดการสลายตัวของอาหารอย่างรวดเร็วภายในเวลาเพียง 2 - 3 ชั่วโมงหลังจากที่ได้รับอาหาร (Mertens and Loftin, 1980) เมื่อนำมาวัดค่า pH ในห้องปฏิบัติการพบว่า TMR ที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งอาหารหยาบในสูตรอาหารมีการเกิดกรดสูงและการย่อยได้ของโภชนะสูงกว่าหญ้ากินนีสีม่วงซึ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 74.21 และ 54.52 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ สาเหตุเกิดจากเปลือกสับประรดที่หมักมีแป้งสูง แต่ปริมาณเชื้อยีสต่ำกว่าหมักอื่นนี้สัมพันธ์โดยแป้งและน้ำตาลซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยสลายง่ายมีผลทำให้เกิดการย่อยได้สูง ในขณะที่เชื้อยีสในอาหารจะมีผลทำให้เกิดการย่อยได้ยากและเป็นตัวกีดขวางไม่ให้เอนไซม์ทำปฏิกิริยากับโภชนะที่ย่อยง่ายภายในเซลล์ทำให้การย่อยได้ช้าลง

เปลือกสับประรดหมักเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีศักยภาพสำหรับโคเนื้อและโคนมแต่เนื่องจากเปลือกสับประรดมีวัตถุแห้งและโปรตีนต่ำ ดังนั้นการหมักร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่นเพื่อเพิ่มวัตถุแห้งและโปรตีนเป็นอาหารหมักผสมเสร็จจึงน่าจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มคุณภาพและสามารถนำไปใช้ในสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างมีประสิทธิภาพและยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของเศษเหลือทิ้งจากโรงงานสับประรดกระป๋องด้วย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสหลักและหมักร่วมกับวัตถุดิบอื่นๆ อย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มคุณภาพและคุณค่าทางโภชนะที่สัตว์เคี้ยวเอื้องสามารถนำไปใช้ได้มีประสิทธิภาพเทียบเท่าอาหารผสมเสร็จอื่นๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของ
เปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อย

อุปกรณ์

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลอง มี 2 กลุ่มการทดลองดังนี้
กลุ่มการทดลองที่ 1 เปลือกสับประดหมัก
กลุ่มการทดลองที่ 2 อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบเชื้อย
(15 เปอร์เซ็นต์โปรตีน)

อุปกรณ์ในการเตรียมอาหารทดลอง

1. ถูหมัก ขนาด 30 กิโลกรัม โดยที่ถูงชั้นในเป็นถูงพลาสติกหนา ส่วนถูงชั้นนอกเป็นถูง
กระสอบโพลีเอสเตอร์
2. เปลือกสับประดซึ่งเป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสับประดกระป๋อง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์หาค่าประกอบทางเคมีในอาหารทดลอง

1. อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้น, วัตถุแห้งและโปรตีน ด้วยวิธี Proximate
analysis (AOAC., 1990) และวิเคราะห์ผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber, NDF), ลิกโนเซลลูโลส
(Acid detergent fiber, ADF) ด้วยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)
2. เครื่องวิเคราะห์แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ตามวิธีของ
ของชาญวิทย์ (2548)

3. อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (water soluble carbohydrate, WSC) ด้วยวิธี Nelson's reducing sugar ตามวิธีการของ Hodge and Hofreiter (1962)

4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์หาความเป็นกรด - ด่าง (pH meter) ตามวิธีของ บุญล้อม และคณะ (2543) ของอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักเป็นอาหารหยาบในวันที่ 7, 14, 21 และ 28 ของการหมัก

5. อุปกรณ์วิเคราะห์กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติก, กรดอะซิติกและกรดบิวทีริก โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC) ตามวิธีการของ Erwin *et al.*, (1961)

วิธีการ

แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองที่มีการวัดซ้ำในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Repeated Measurements in Completely Randomized Design) โดยใช้อาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักเป็นแหล่งอาหารหยาบแบ่งเป็น 2 กลุ่มการทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างทรีทเมนต์

การเตรียมอาหารทดลอง

นำเปลือกสับประดที่ได้จากโรงงานสับประดกระป๋องมากองไว้บนพื้นซีเมนต์ โดยผึ่งกองทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วันก่อนทำการหมัก หลังจากนั้นนำเปลือกสับประดมาสับให้เป็นชิ้นขนาด 3 - 5 ตารางนิ้ว ใช้เปลือกสับประดผสมกับวัตถุดิบตามสูตร TMR2 ที่ได้คำนวณไว้ในตารางที่ 6 การหมักเปลือกสับประดในถุงพลาสติก โดยถุงพลาสติกชนิดเหนียว ขนาด 25 x 30 นิ้ว บรรจุๆ ละ 30 กิโลกรัม หลังจากใส่เปลือกสับประดอัดให้แน่นและไล่อากาศออกให้มากที่สุดก่อนมัดด้วยเชือกให้แน่นแล้วสวมทับด้วยถุงกระสอบโพลีเอทิลีน แล้วเย็บด้วยจักรเย็บถุงอาหารสัตว์หมักทิ้งไว้ 3 สัปดาห์ก่อนนำมาใช้

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

1. บันทึกเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของอาหารหมักทั้งก่อนและระหว่างการหมักทุกสัปดาห์และเมื่อหมักเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์ โดยวิธี Proximate analysis (AOAC., 1990)

2. องค์กรประกอบทางโภชนาโครงสร้างของเซลล์ของเปลือกสับประรดหมัก ทั้งก่อนและระหว่างการหมักทุกสัปดาห์และเมื่อหมักเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์ โดยวิธี Detergent method (Goering and Van Soest, 1970)

3. คาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (water soluble carbohydrate, WSC) ด้วยวิธี Nelson's reducing sugar ตามวิธีการของ Hodge and Hofreiter (1962) ทั้งก่อนและระหว่างการหมักทุกสัปดาห์และเมื่อหมักเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์

4. ความเป็นกรด - ด่าง ทั้งก่อนและระหว่างการหมักทุกสัปดาห์ และเมื่อหมักเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์ ด้วย pH meter ตามวิธีของ บุญล้อม และคณะ (2543)

5. วิเคราะห์แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ด้วยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ตามวิธีของชาญวิทย์ (2548) ทั้งก่อนและระหว่างการหมักทุกสัปดาห์และเมื่อหมักเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์

6. กรดอินทรีย์ ได้แก่ กรดแลคติก, กรดอะซิติกและกรดบิวทีริกของอาหารหมักแต่ละสูตรทั้งก่อนและระหว่างการหมักทุกสัปดาห์และเมื่อหมักเสร็จสิ้นที่ 4 สัปดาห์ ด้วยวิธีของ Erwin *et al.*, (1961)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของเปลือกกล้วยประดหมักใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test การคำนวณใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (2003) มีแบบหุ่นจำลองทางสถิติดังนี้

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

โดยที่ $i = 1, 2$

$j = 1, 2, 3$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากกลุ่มทดลองที่ i ซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

T_i = อิทธิพลของอาหารทดลองที่ i ($i = 1, 2$)

ϵ_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

การทดลองที่ 2 การศึกษาการใช้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบเชื่อมโยงต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคขุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

อุปกรณ์

สัตว์ทดลอง

การศึกษานี้ใช้โคทดลองเป็น โคพันธุ์กำแพงแสนจากฟาร์มทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค สถาบันสุวรรณวาทกสิกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เพศผู้ตอน จำนวน 12 ตัว อายุเฉลี่ยประมาณ 18 เดือน น้ำหนักเฉลี่ย 377.25 กิโลกรัม เลี้ยงในคอกขังเดี่ยวขนาดกว้าง 3 เมตร ยาว 4 เมตร สูง 2.5 เมตร สภาพโรงเรือนเป็นโรงเรือนโปร่ง หลังคากระเบื้องและพื้นคอนกรีต มีรางอาหารอยู่ด้านหน้า มีน้ำสะอาด สามารถกินน้ำได้อย่างเต็มที่ตลอดเวลา

อาหารที่ใช้ในการทดลอง

อาหารที่ใช้ทดลองครั้งนี้ใช้ในรูปแบบของอาหารผสมเสร็จซึ่งแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มการทดลองดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

กลุ่มการทดลองที่ 1 อาหารผสมเสร็จ 15 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (TMR1 = สูตรควบคุม)

กลุ่มการทดลองที่ 2 อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งวัตถุดิบเชื่อมโยง 15 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (TMR2)

กลุ่มการทดลองที่ 3 อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งวัตถุดิบเชื่อมโยง 7 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ผสมด้วยอาหารชั้นในอัตราส่วน 60: 40 ในรูปวัตถุดิบแห้ง ก่อนนำมาให้สัตว์ทดลองกิน (TMR3)

โดยอาหารทั้ง 3 กลุ่มการทดลองถูกคำนวณให้มีระดับโปรตีนรวม 15 เปอร์เซ็นต์ (วัตถุดิบแห้ง) ตามความต้องการของโคขุน เพศผู้ น้ำหนัก 350 กิโลกรัม เพื่อการเจริญเติบโต 1,000 กรัม/วัน โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป KCF 2000 รุ่นภาษาไทย (มนต์ชัย และวิโรจน์, 2545) อาหารผสมเสร็จมีส่วนประกอบดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 แสดงองค์ประกอบทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารที่ใช้ในสูตรอาหาร

วัตถุดิบ	องค์ประกอบ (%วัตถุดิบแห้ง)			
	วัตถุแห้ง	TDN	โปรตีนหยาบ	เยื่อใย
เปลือกสับประดหมัก	14.20	65.60	5.76	17.30
เหง้าสับประด	47.80	51.50	2.92	16.30
มันเส้น	90.00	79.00	2.40	3.10
รำสกัดน้ำมัน	88.90	66.60	18.00	14.40
ไบมันสำปะหลัง	85.00	65.00	22.00	23.50
กากถั่วเหลือง	90.50	84.00	44.00	6.30
กากปาล์มเนื้อใน	88.00	65.50	13.00	32.00

ที่มา: คัดแปลงจาก จีระชัย (2549)

ตารางที่ 6 แสดงส่วนประกอบของอาหารผสมเสร็จ

ส่วนประกอบ (% วัตถุดิบ)	อาหารผสมเสร็จ			
	TMR1	TMR2*	TMR3**	
			อาหารหมัก 7 % โปรตีนหยาบ	อาหารชั้นเสริม
เปลือกสับปรด**	-	66.83	82.38	-
เหง้าสับปรด**	-	4.52	9.69	-
มันเส้น	42.00	-	-	45.00
ไบมันสำปะหลังแห้ง	30.00	-	-	25.00
กากถั่วเหลือง	-	-	-	13.26
กากมัน	-	13.55	-	-
กากปาล์ม	10.00	6.62	3.55	4.00
รำข้าวสาคัดน้ำมัน	10.00	6.62	-	18.00
รำสาลี	-	-	3.57	-
ยูเรีย	1.50	1.87	0.81	1.50
ไคแคลเซียม	0.50	-	-	0.50
เกลือ	0.50	-	-	0.50
ฟอสฟอรัส(แร่ธาตุรวม)	0.50	-	-	0.50
กากน้ำตาล	5.00	-	-	5.00
รวม	100.00	100.01	100.00	100.26
ราคา (บาท/กก.)	6.04	2.37	4.05	

หมายเหตุ *TMR2: หมักทิ้งไว้ประมาณ 3 สัปดาห์ก่อนนำมาให้สัตว์ทดลองกิน (ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทเอกชน)

**TMR3: ผสมอาหารหมัก 7 เปอร์เซ็นต์โปรตีน (ได้รับการสนับสนุนจากบริษัทเอกชน) กับอาหารชั้นในอัตราส่วน 60: 40 ในรูปน้ำหนักแห้งก่อนนำมาให้สัตว์ทดลองกิน เพื่อให้ได้อาหารผสมเสร็จที่มีองค์ประกอบ 15 โปรตีนเปอร์เซ็นต์

** คำนวณจากน้ำหนักวัตถุดิบในสูตรอาหาร 60 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องชั่งน้ำหนักสัตว์ หน่วยเป็นกิโลกรัม
2. เครื่องชั่งน้ำหนักอาหาร ขนาด 1,000 กิโลกรัม
3. เครื่องปั๊มสุญญากาศสำหรับเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย สายยาง, หัวดูด, ขวดพร้อมจุกยางและผ้าขาวบางใช้สำหรับกรอง
4. อุปกรณ์เก็บเลือด ได้แก่ เข็มเจาะเลือด (เบอร์ 18 ยาว 1.5 นิ้ว), กระบอกฉีดยาขนาด 10 มิลลิตร และหลอดเก็บตัวอย่างเลือดบรรจุสารเคมีป้องกันการแข็งตัวของเลือด (heparin) พร้อมฝาปิด

วิธีการ

วิธีการเตรียมอาหารทดลอง

นำเปลือกสับปะรดที่ได้จากโรงงานสับปะรดกระป๋องมากองไว้บนพื้นซีเมนต์โดยฝั่งกองทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วันก่อนทำการหมัก หลังจากนั้นใช้เปลือกสับปะรดผสมกับวัตถุดิบตามสูตรที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 การหมักเปลือกสับปะรดในถุงพลาสติก ซึ่งเป็นถุงพลาสติกชนิดเหนียวขนาด 25x30 นิ้ว บรรจุถุงละ 30 กิโลกรัม หลังจากใส่เปลือกสับปะรดควรอัดให้แน่นและไล่อากาศออกให้มากที่สุดก่อนมัดด้วยเชือกให้แน่นแล้วสวมทับด้วยถุงกระสอบโพลีเอทิลีนแล้วเย็บด้วยจักรเย็บถุงอาหารสัตว์หมักทิ้งไว้ 3 สัปดาห์ก่อนนำมาใช้

แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) โดยใช้สัตว์ทดลองจำนวน 12 ตัว โดยสุ่มสัตว์ทดลองออกเป็น 3 กลุ่มการทดลอง ๆ ละ 4 ตัว เพื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลอง

การเตรียมสัตว์ก่อนเข้าทดลอง

1. เตรียมสัตว์ทดลองก่อนเข้าทดลอง ทำการถ่ายพยาธิภายในและภายนอกด้วย Ivomex F และยาบำรุงคาร์โตซาลตลอดจนฉีดวัคซีนโรคปากและเท้าเปื่อยไทป์รวม (trivalent) หลังจากนั้นให้

สัตว์กินอาหารผสมเสร็จที่ใช้ในการทดลองอย่างเต็มที่เพื่อดูปริมาณการกินได้และเพื่อให้สัตว์มีระยะเวลาปรับตัวก่อนเริ่มการทดลองเป็นเวลา 30 วัน

2. ชั่งน้ำหนักของสัตว์ทดลองเมื่อเริ่มต้นการทดลองโดยสัตว์ทดลองจะได้รับอาหารผสมเสร็จที่มีวิธีการเตรียมที่แตกต่างกันในแต่ละกลุ่มการทดลอง

การเลี้ยงและการให้อาหารสัตว์ทดลอง

การให้อาหารสัตว์ทดลองแบ่งเป็น 3 ระยะ คือ

1) ระยะปรับอาหาร เพื่อให้สัตว์คุ้นเคยกับอาหารทดลองโดยให้โคกินอาหารทดลองร่วมกับอาหารที่โคกินอยู่เดิม วันแรกให้อาหารทดลองเพียง 20 เปอร์เซ็นต์ แล้วค่อยๆ เพิ่มอาหารทดลองขึ้นวันละ 20 เปอร์เซ็นต์จนครบ 100 เปอร์เซ็นต์ ในวันที่ 5 ของการเปลี่ยนอาหาร

2) ระยะเตรียมการทดลอง (preliminary period) เป็นระยะที่ให้อาหารทดลองกับอาหารที่ควบคุม โดยให้สัตว์กินได้อย่างเต็มที่ (*ad libitum*) เพื่อให้สัตว์ปรับตัวกับอาหารทดลองใช้เวลา 30 วัน บันทึกปริมาณอาหารที่กินในแต่ละวันเพื่อวัดความสามารถในการกินได้ ปริมาณอาหารต่ำสุดและสูงสุดที่สัตว์กินได้

3) ระยะทดลอง (experimental period) เมื่อผ่านระยะเตรียมการทดลองแล้ว เป็นระยะที่เก็บข้อมูลเป็นระยะเวลา 90 วัน โดยให้สัตว์กินได้อย่างเต็มที่ มีการให้อาหารแบ่งเป็น 2 มื้อ คือ 7.00 น. และ 16.00 น. บันทึกปริมาณอาหารที่กินและอาหารที่เหลือในทุกๆ วัน

วิธีการสูมเก็บอาหารและการชั่งน้ำหนักโคทดลอง

สัตว์ทดลองได้รับอาหารผสมเสร็จแบบเต็มที่ ทำการสูมเก็บตัวอย่างอาหารเดือนละ 1 ครั้ง เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ชั่งน้ำหนักโคครั้งแรกก่อนเริ่มการทดลองช่วงเช้าก่อนให้อาหาร (07.00 - 08.00 น.) และในระหว่างการทดลองทำการชั่งน้ำหนักสัตว์ทุกๆ 4 สัปดาห์ที่เวลาเดียวกัน เพื่อคำนวณหาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัวและนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ (feed intake; FI), อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อวัน (average daily gain; ADG) และอัตราแลกน้ำหนัก (Feed Conversion Rate; FCR)

การเก็บตัวอย่าง

1. การเก็บของเหลวในกระเพาะรูเมน ในวันสุดท้ายของการทดลองทำการเก็บของเหลวในกระเพาะรูเมน (rumen fluid) ที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารและหลังการให้อาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง ภายหลังการให้อาหารในตอนเช้า โดยทำการเก็บตัวอย่างของเหลวในกระเพาะรูเมน ด้วยวิธี Stomach tube โดยใช้ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) ต่อกับท่อยาง (stomach tube) สอดผ่านทางปากลงไปไหลอดอาหารไปจนถึงกระเพาะรูเมนแล้วทำการดูดของเหลวในกระเพาะรูเมน ประมาณ 200 - 300 มิลลิตร นำของเหลวที่ได้จากกระเพาะรูเมนมาวัดค่าความเป็นกรด - ด่างทันที ด้วยเครื่อง pH - meter แบบเคลื่อนที่ได้ของ Suntex pH/mV/Temp Meter รุ่น TS - 2 จดบันทึกค่าที่วัดได้ หลังจากนั้นกรองของเหลวผ่านผ้าขาวบาง 2 ชั้น นำของเหลวที่ได้ไปใส่ขวดปลอดเชื้อปริมาตร 50 มิลลิตรและเติม 6N HCL 0.5 มิลลิตร (เพื่อหยุดขบวนการหมักจุลินทรีย์และตกตะกอนโปรตีน) จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที รินเอาส่วนใส (supernatant) และเก็บรักษาไว้ในอุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อรอวิเคราะห์หาปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน และกรดไขมันระเหยง่าย (กรดอะซิติก, กรดโพรพิโอนิกและกรดบิวทีริก)

2. การเก็บตัวอย่างเลือด ทำการเจาะเลือดจากเส้นเลือดดำบริเวณคอ (jugular vein) ของโคทดลองแต่ละตัวในวันสุดท้ายของการทดลอง เก็บเลือดที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารและหลังการให้อาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง ในตอนเช้า ปริมาณ 10 มิลลิตร เลือดที่ได้ในหลอดสุญญากาศที่บรรจุสาร heparin เพื่อป้องกันไม่ให้เลือดแข็งตัวนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที เพื่อแยกเอาส่วนของพลาสมาเพื่อรอตรวจหาความเข้มข้นของ ยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือด (blood urea nitrogen, BUN) โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ตามวิธีของ Crocker (1967) และวิเคราะห์หา กลูโคสในกระแสเลือด (blood glucose, BG) ด้วยวิธีของ Slein (1963)

การบันทึกข้อมูลระหว่างการทดลอง

1. ชั่งบันทึกน้ำหนักสัตว์ทดลองทุกๆ 4 สัปดาห์ เพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว และนำค่าน้ำหนักตัวที่ได้มาคำนวณหาปริมาณการกินได้ในหน่วยกิโลกรัมต่อวัน (kg/d), เปอร์เซ็นต์การกินได้ต่อน้ำหนัก (%BW), กรัมต่อกิโลกรัม^{0.75}น้ำหนักตัว^{0.75} ($\text{g/kgW}^{0.75}$), อัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย กิโลกรัมต่อวัน (ADG) และอัตราแลกน้ำหนัก (FCR)

2. บันทึกปริมาณการให้อาหารทุกวัน ด้วยการชั่งน้ำหนักอาหารก่อนให้และปริมาณที่เหลือ ทุกครั้งในแต่ละวัน จดบันทึกปริมาณอาหารที่เหลือ เพื่อนำไปหาปริมาณการกินอาหาร (feed intake; FI) ของแต่ละวันตลอดระยะเวลาการทดลอง

3. ข้อมูลค่าความเป็นกรด - ด่าง ของตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน ปริมาณ แอมโมเนีย - ไนโตรเจน, ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่าย 3 ชนิด ได้แก่ กรดอะซิติก, กรดโพรปีโอนิกและกรดบิวทีริก บันทึกผลตามผลการศึกษาที่ได้จากตัวอย่างของเหลวจาก กระเพาะรูเมน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหาร และหลังการให้อาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง

4. ผลการวิเคราะห์ค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด (BUN) และกลูโคสในเลือด (BG) บันทึกผลตามผลการศึกษาที่ได้จากตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน 3 ช่วงเวลา ได้แก่ ที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารและหลังการให้อาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง

5. บันทึกรายละเอียดสุขภาพสัตว์ เช่น ประวัติสัตว์ป่วย, ประวัติการรักษาและการผลัดฟัน

6. บันทึกผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ เช่น ค่าอาหาร, ค่าวัคซีน, ค่ายารักษาโรค เป็นต้น

7. สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารเพื่อวิเคราะห์โภชนาเคื้อนละ 1 ครั้ง

การวิเคราะห์ทางเคมี

1. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของอาหารทดลอง โดยวิธี Proximate Analysis (AOAC., 1990) และวิเคราะห์ NDFและADF ตามวิธีของ Goering and Van Soest (1970)

2. วิเคราะห์หาแอมโมเนีย - ไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ของเหลวจากกระเพาะรูเมน ที่เวลา 0 ชั่วโมง ก่อนการกินอาหารและหลังกินอาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง โดยวิธีกลั่นด้วยไอน้ำตามวิธีของชาญวิทช์ (2548)

3. วิเคราะห์หายูเรียและกลูโคสในกระแสเลือด ที่เวลา 0 และหลังกินอาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง การวิเคราะห์หายูเรียในเลือดโดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ตามวิธีของ Crocker (1967) ส่วนการวิเคราะห์หากลูโคสใช้วิธี Glucose oxidase method ตามวิธีของ Slein (1963)

4. วิเคราะห์กรดไขมันระเหยง่าย ได้แก่ กรดอะซิติกและกรดบิวทีริก โดยใช้เครื่อง Gas Chromatography (GC) ตามวิธีการของ Erwin *et al.*, (1961)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกลุ่มทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test การคำนวณใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (2003) มีแบบหุ่นจำลองทางสถิติดังนี้

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

โดยที่ $i = 1, 2, 3$

$j = 1, 2, 3, 4$

เมื่อ Y_{ij} = ค่าสังเกตที่ได้จากกลุ่มทดลองที่ i ซ้ำที่ j

μ = ค่าเฉลี่ยทั้งหมดในการทดลอง

T_i = อิทธิพลของอาหารทดลองที่ i ($i = 1, 2, 3$)

ε_{ij} = ค่าความคลาดเคลื่อนของการทดลอง

สถานที่และระยะทำการวิจัย

1. คอกทดลองศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
2. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ, การย่อยได้, ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนและกรดไขมันระเหยง่าย ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์อาหารสัตว์ ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม
3. วิเคราะห์ค่ายูเรียในโตรเจนในเลือดและกลูโคสในเลือด ที่ห้องปฏิบัติการโรงพยาบาลสัตว์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มการทดลองเดือนมิถุนายน 2551 และสิ้นสุดการทดลองเดือนกันยายน 2551

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาของ
เปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อย

องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับประดสด

เปลือกสับประดที่นำมาเป็นวัตถุดิบเป็นผลพลอยได้และเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรม
การผลิตสับประดกระป๋อง ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีค่าความเป็นกรด - ด่าง 4.69,
วัตถุแห้ง 10.57 เปอร์เซ็นต์, ระดับโปรตีน 3.87 เปอร์เซ็นต์, กรดแลคติก 7.21 เปอร์เซ็นต์, คาร์โบไฮเดรต
ที่ละลายน้ำได้ 78.43 เปอร์เซ็นต์, พลังงานรวม 4020.00 Kcal/g, ผนังเซลล์ (NDF) 44.51 เปอร์เซ็นต์ และ
ปริมาณลิกโนเซลลูโลส (ADF) 20.47 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 7 เมื่อนำเปลือกสับประด
มาเป็นวัตถุดิบในส่วนประกอบอาหารหมักผสมเสร็จ พบว่ามีองค์ประกอบวัตถุแห้งที่ค่อนข้างต่ำ
กว่าระดับที่เหมาะสมสำหรับการทำอาหารหมักที่ดี ซึ่งวัตถุดิบที่ใช้หมักมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงทำ
ให้อัดลำบากและหากมีความชื้นสูงทำให้สูญเสียโภชนาและเกิดกรดได้น้อยนอกจากนี้ความชื้น
ระดับสูงยังมีผลต่อการชะล้างโภชนาต่างๆ มีผลต่อการลดลงของระดับความเป็นกรด - ด่างและปริมาณ
ของกรดชนิดต่างๆ ดังนั้นการนำเปลือกสับประดมาเป็นวัตถุดิบในส่วนประกอบอาหารหมักผสมเสร็จ
ควรคำนึงถึงความชื้นที่เหมาะสม คือประมาณ 65 - 75 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง (บุญญา, 2536)

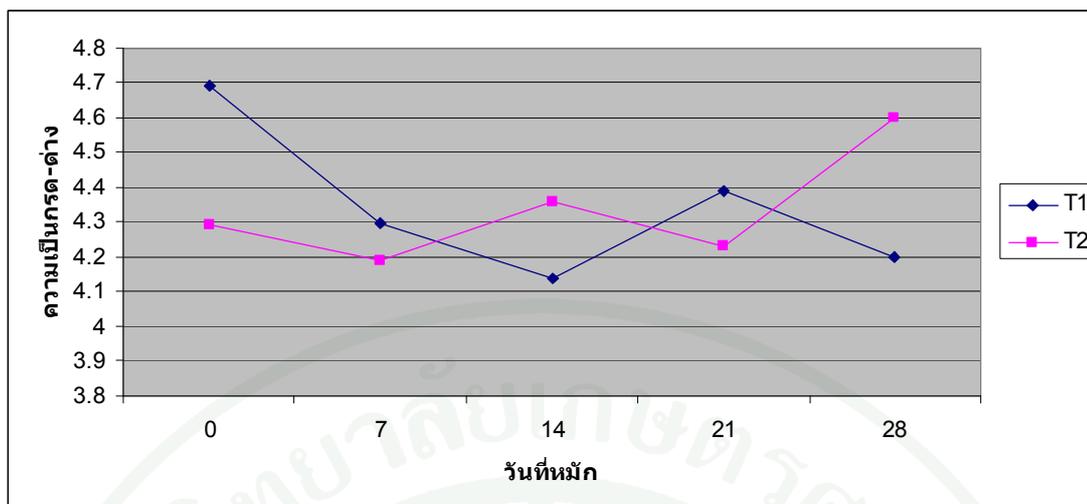
ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกสับประรดสดก่อนหมักและอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีก่อนหมัก

องค์ประกอบทางเคมี (%DM)	เปลือกสับประรดสด	อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีก่อนหมัก
กรด - ต่าง	4.69	4.29
วัตถุแห้ง	14.88	29.88
เถ้า	1.11	5.25
โปรตีน	3.87	15.04
ไขมัน	0.33	1.83
คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (WSC)	78.43	22.83
กรดแลคติก	7.21	3.60
กรดอะซีติก	0.67	2.11
กรดบิวทีริก	0.12	0.12
แอมโมเนีย - ไนโตรเจน	0.01	0.01
พลังงานรวม (GE, Kcal/g)	4042.00	4124.61
เชื้อยารวม (CF)	16.06	17.94
ผนังเซลล์ (NDF)	44.51	39.26
ลิกโนเซลลูโลส (ADF)	20.47	24.02

ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกสับประรดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีก่อนหมัก

ความเป็นกรด - ต่าง (pH)

ความเป็นกรด - ต่างของอาหารหมัก 2 กลุ่มการทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทุกช่วงระยะเวลาของการหมักอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด - ต่างของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลองตามระยะเวลาการหมักแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อ

จากภาพที่ 2 พบว่าก่อนการหมัก ระดับ pH ของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเท่ากับ 4.69 และ 4.29 ตามลำดับ โดยหลังจากหมักที่ 7 วัน พบว่าระดับ pH ของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเท่ากับ 4.30 และ 4.19 ตามลำดับ หลังจากอายุการหมัก 14 วัน พบว่าเปลือกสับประดหมักมีค่าระดับ pH ต่ำสุดในขณะที่อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้นและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนอายุการหมัก 21 วัน pH ของเปลือกสับประดหมัก มีค่าเท่ากับ 4.39 แต่อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเท่ากับ 4.23 และอายุการหมัก 28 วัน พบว่าระดับ pH ของเปลือกสับประดหมักมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยคือ 4.20 ในขณะที่อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าสูงกว่าคือ 4.60 ($P < 0.01$) ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าระดับที่เหมาะสมของพืชหมักเล็กน้อย

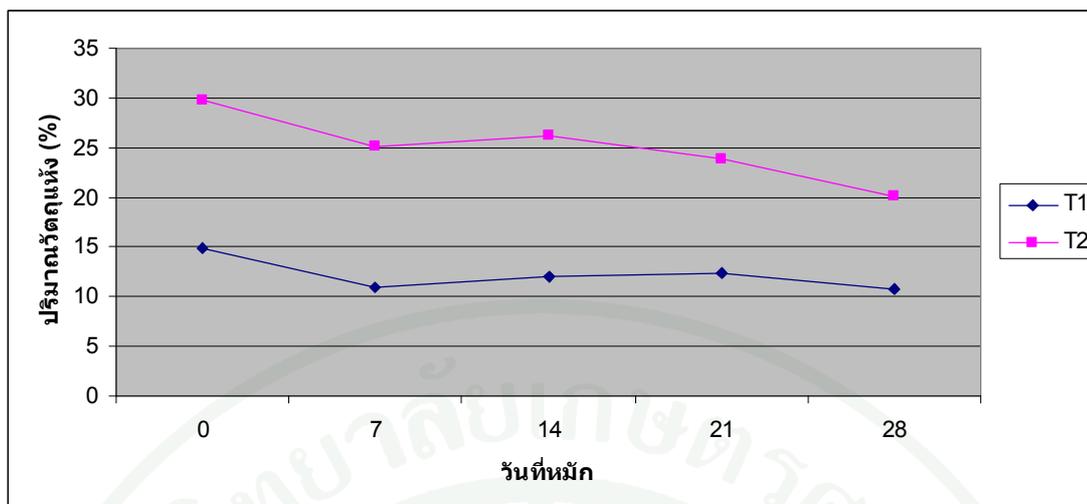
อายุการหมัก 14 วัน ทำให้ pH ของเปลือกสับประดหมักลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ส่วนเปลือกสับประดหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น สาเหตุอาจเป็นผลเนื่องมาจากอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีปริมาณเปลือกสับประดในเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารน้อยกว่าเปลือกสับประดหมักเป็นผลทำให้มีของแข็งและน้ำตาลอันได้แก่น้ำตาลซูโครส, กลูโคสและฟรุกโตส ผ่านกระบวนการหมักที่ 7 วันไปแล้ว

ทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายลดลงและประกอบกับไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non protein nitrogen, NPN) ของส่วนประกอบในอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งเชื้อย เป็นสาเหตุให้อาหารของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่มีความสัมพันธ์กับค่า pH ลดลง จึงทำให้ค่า pH ลดลงตามไปด้วย โดยระดับ pH มีค่าเท่ากับ 4.14 และ 4.36 ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่า pH ก็ยังอยู่ในช่วงที่มีความเหมาะสมที่ทำให้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งเชื้อยมีคุณภาพดี ระดับ pH ที่เหมาะสมของพืชหมักอยู่ระหว่าง 3.8 - 4.2 (สาขันธ์, 2547) พืชหมักที่มีค่ามากกว่า 5.1 จัดเป็นพืชหมักที่มีคุณภาพเลว (เมธา, 2530) การใช้เปลือกสับปะรดหมักเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง เป็นการเพิ่มปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ซึ่งถือเป็นแหล่งอาหารสำหรับแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกทำให้กระบวนการหมักสมบูรณ์ มีผลต่อค่าความเป็นกรด - ด่างลดลงทำให้จุลินทรีย์ต่างๆ ไม่สามารถเจริญได้ รวมทั้งเอนไซม์ต่างๆ ของพืชหยุดกิจกรรมด้วย (Skerman and Riveres, 1990)

หลังจากที่เริ่มการหมักแล้วแบคทีเรียจะมีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็วและจะหมักสลายพวกคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ (Water soluble carbohydrate, WSC) ได้กรดอินทรีย์ ส่วนใหญ่เป็นกรดแลคติกส่งผลทำให้ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ของพืชหมักลดลงทันที เมื่อระดับความเป็นกรด - ด่าง (pH) มีค่าอยู่ในช่วง 3.8 - 4.2 ซึ่งเป็นค่าที่จะยับยั้งการหมักของแบคทีเรียผลิตกรดบิวทีริก ซึ่งเป็นกรดไขมันระเหยง่ายที่ไม่ต้องการ เป็นสาเหตุทำให้ความนำกินและปริมาณการกินได้ของพืชหมักลดลง ซึ่งอัตราการลดลงของ pH ขึ้นอยู่กับระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้และแบคทีเรียที่มีอยู่ในขณะหมัก (McDonald *et al.*, 1990; Rooke, 1990) ซึ่งการใช้เปลือกสับปะรดหมักเป็นวัตถุดิบในองค์ประกอบของสูตรอาหารทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง เป็นเสมือนการเสริมแบคทีเรียผลิตกรดแลคติกมีผลในทางบวกต่อกระบวนการหมักของพืชหมัก โดยจะทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างของพืชหมักลดลงเร็วขึ้น

วัตถุดิบแห้ง (Dry matter, DM)

เมื่อนำเปลือกสับปะรดมาหมักตามกลุ่มการทดลองต่างๆ และวิเคราะห์ปริมาณวัตถุดิบแห้งของเปลือกสับปะรดหมักแต่ละทริทเมนต์ พบว่าปริมาณวัตถุดิบแห้งของเปลือกสับปะรดและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งเชื้อยก่อนที่จะนำมาหมักมีค่าเท่ากับ 14.88 และ 29.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนผลการเปลี่ยนแปลงวัตถุดิบแห้งหลังการหมักวันในที่ 7, 14, 21 และ 28 วัน แสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวัตถุแห้งของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อ

หลังจากการหมักที่ 7 วัน ปริมาณวัตถุแห้งของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อ มีปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 11.01 และ 25.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ค่าปริมาณวัตถุแห้งของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อที่อายุการหมักที่ 14 วันมีปริมาณวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าเท่ากับ 12.08 และ 26.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

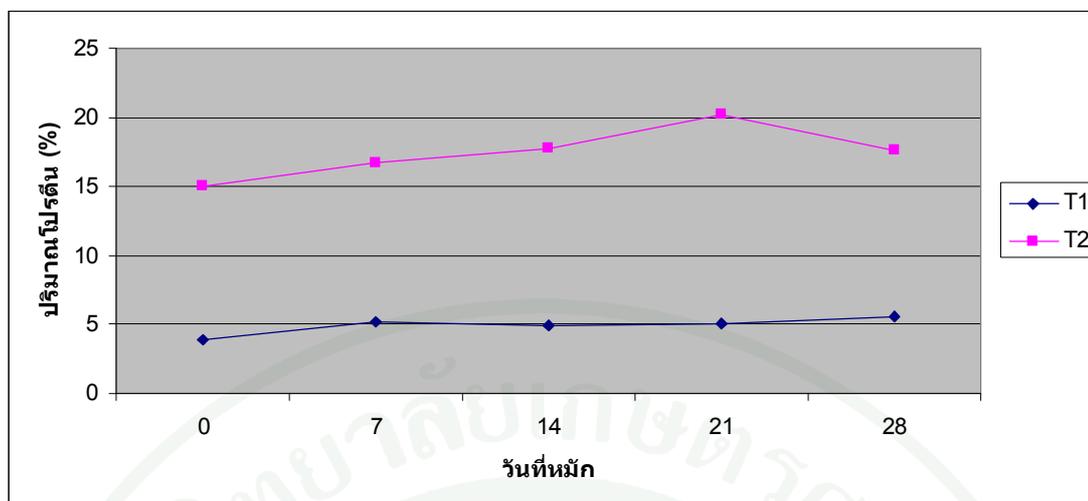
ส่วนอายุการหมักที่ 21 วัน ปริมาณวัตถุแห้งของเปลือกสับประดหมักมีค่าเท่ากับ 12.38 ในขณะที่อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าลดลง โดยมีค่าเท่ากับ 23.84 เปอร์เซ็นต์

อายุการหมักที่ 28 วัน ปริมาณวัตถุแห้งของเปลือกสับประดหมักมีค่าเท่ากับ 10.79 เปอร์เซ็นต์ และอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยังแสดงค่าที่ลดลงต่อไป โดยมีค่าเท่ากับ 20.15 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองครั้งนี้พบว่าเปลือกสับประรดสดก่อนที่จะนำมาหมักมีปริมาณวัตถุแห้งเท่ากับ 14.88 เปอร์เซ็นต์ จัดว่ามีวัตถุแห้งค่อนข้างต่ำ ซึ่งระดับความชื้นที่เหมาะสมต่อการนำมาทำหมักคือ 60 - 70 เปอร์เซ็นต์ ถ้าความชื้นต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ การอัดแน่นของพืชหมักจะไม่ดีก่อให้เกิดการขึ้นราได้ง่าย หากพืชที่นำมาหมักมีความชื้นมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้สูญเสียโภชนะของพืชหมักไปกับน้ำหมัก (วิโรจน์, 2546) ปริมาณวัตถุแห้งของเปลือกสับประรดหมักอยู่ในช่วงการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยามีแนวโน้มลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ซึ่งการสูญเสียวัตถุแห้งภายใต้การจัดการที่เหมาะสมพืชหมักจะมีการสูญเสียวัตถุแห้งประมาณ 10 - 15 เปอร์เซ็นต์ (Woolford, 1998) การลดลงของวัตถุแห้งอาจมีสาเหตุมาจากกระบวนการหมักในระยะเริ่มต้นซึ่งยังมีอากาศอยู่ในถุงหมัก จุลินทรีย์ที่ใช้ในอากาศในการเจริญเติบโตและพืชยังหายใจอยู่ทำให้เกิดการใช้สารอาหารต่างๆ ที่มีอยู่ในพืชให้ผลผลิตสุดท้ายเป็นคาร์โบไฮเดรตและน้ำ ทำให้พืชหมักมีความชื้นเพิ่มขึ้น Frame (1994) ทำการศึกษาปริมาณวัตถุแห้งที่หายไปของการทำหญาหมัก พบว่ากระบวนการหมักที่ดีจะต้องใช้วัตถุแห้งไปประมาณ 3 - 5 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณวัตถุแห้งที่หายไปประมาณ 1 - 2 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากกระบวนการต่างๆ ภายในในช่วงเริ่มการหมักและปริมาณวัตถุแห้งของหญาจะลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น

โปรตีนหยาบ (Crude protein, CP)

เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในพืชหมักเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการพิจารณาคุณภาพของพืชหมัก ซึ่งปริมาณโปรตีนในอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยโปรตีนหยาบของเปลือกสับประรดและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีก่อนที่จะนำมาหมักมีค่าเท่ากับ 3.87 และ 15.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลของการหมักเปลือกสับประรดหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลองที่ระยะเวลาต่างๆ แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนหยาบของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อ

อายุการหมักที่ 7 วัน ระดับโปรตีนหยาบของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเท่ากับ 5.15 และ 16.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับองค์ประกอบโปรตีนก่อนหมัก

อายุการหมักที่ 14 วัน ระดับโปรตีนหยาบของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเท่ากับ 4.97 และ 17.69 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 21 วัน ระดับโปรตีนหยาบของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.20 และ 20.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 28 วัน ระดับโปรตีนหยาบของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีค่าเท่ากับ 5.56 และ 18.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

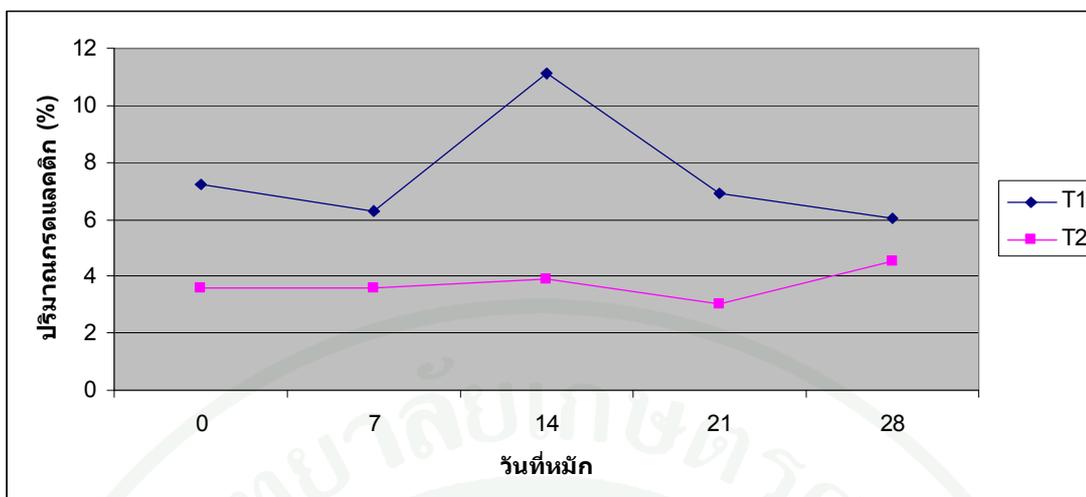
ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระดับโปรตีนหยาบของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อมีระดับองค์ประกอบโปรตีนหยาบสูงกว่าเปลือกสับประดหมัก ($P < 0.01$) ตลอดระยะเวลาของการหมัก ทั้งนี้เป็นผลมาจากในอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็น

แหล่งเชื้อยีสมีอยู่เป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารเมื่อผ่านกระบวนการหมักซึ่งผลที่เกิดขึ้นจะได้น้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนในถุงหมักทำให้ NPN ละลายในน้ำ จากการสุ่มตัวอย่างทำให้ได้ NPN มาด้วยเป็นผลให้โปรตีนหยาบของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสสูงขึ้นประกอบกับการใช้กากถั่วเหลืองและวัตถุดิบโปรตีนอื่นๆ เป็นส่วนประกอบเพื่อเป็นอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสที่มีโปรตีนหยาบอยู่ในระดับ 15 เปอร์เซ็นต์

การเพิ่มขึ้นของระดับโปรตีนในพืชหมักเกิดขึ้นจากในระยะแรกของการหมักเมื่อมีการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกทำให้การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนมีจำนวนมาก เช่น พวก *Clostridium* sp. และ *Enterobacteria* sp. ซึ่งจะมีการสลายแป้งและน้ำตาลให้ผลผลิตเป็นน้ำ, คาร์โบไฮเดรตและความร้อนในระดับต่ำมีผลทำให้เกิดการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์โปรตีนเอสทำให้การย่อยสลายโปรตีนในอัตราสูง (Bolsen *et al.*, 1990; Woolford, 1998) ในกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายโปรตีนขึ้นด้วย มีผลทำให้โปรตีนถูกย่อยสลายเพิ่มมากขึ้นและให้ผลผลิตในรูปของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (Non protein nitrogen, NPN) โดยพบว่าหลังจากการหมักหุ้ 12 - 14 ชั่วโมง ปริมาณ NPN เพิ่มขึ้นจาก 200 กรัม/กิโลกรัม เป็น 400 กรัม/กิโลกรัม ซึ่งมีผลให้ protein solubility เพิ่มขึ้นด้วย (McDonald *et al.*, 1991)

กรดแลคติก (Lactic acid)

อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มีค่ากรดแลคติกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 5 โดยปริมาณของกรดแลคติกของเปลือกสับประรดสดและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 7.21 และ 3.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีส

จากการหมักที่ 7 วัน ปริมาณกรดแลคติกอยู่ในช่วง 3.60 - 6.31 เปอร์เซ็นต์ โดยเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 6.31 และ 3.60 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ที่อายุการหมัก 14 วัน ระดับกรดแลคติกมีค่าเพิ่มขึ้นในเปลือกสับประดหมักโดยมีค่าสูงสุดคือ 11.11 ขณะที่เปลือกสับประดหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 3.9 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของกรดแลคติกที่มากกว่าของเปลือกสับประดหมักเป็นผลมาจากการมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายในปริมาณที่สูงกว่า (ตารางที่ 7) เมื่อเปรียบเทียบกับอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีส ซึ่งจุลินทรีย์ที่สร้างหรือผลิตกรดแลคติกมีบทบาทที่สำคัญในการทำให้พืชหมักมีคุณภาพดี การทำให้มีการเพิ่มปริมาณของจุลินทรีย์ให้มามากและเร็วเท่าใดจะมีผลดีต่อการทำพืชหมัก ปริมาณของกรดแลคติกจะทำหน้าที่ในการยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียชนิดผลิตกรดที่ไม่ต้องการออกมา (บุญเหลือ, 2529)

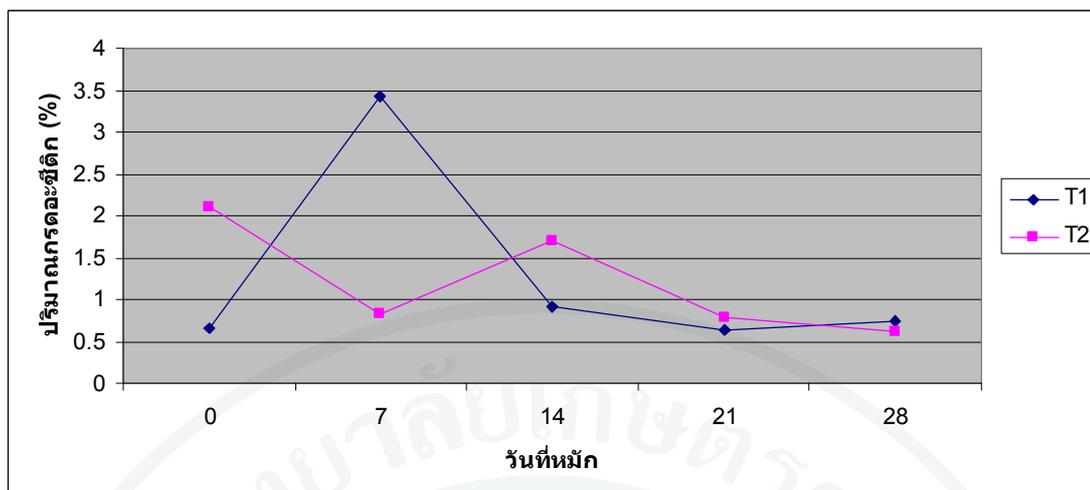
ที่อายุการหมัก 21 วัน ปริมาณกรดแลคติกของเปลือกสับประรดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีแนวโน้มลดลง โดยปริมาณกรดแลคติกของเปลือกสับประรดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 6.61 และ 3.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 28 วัน ปริมาณกรดแลคติกของเปลือกสับประรดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 6.01 และ 4.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการทดลองพบว่าเปลือกสับประรดหมักมีปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสเป็นผลมาจากเปลือกสับประรดหมักมีน้ำตาลซูโครส, กลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสสูงซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกจึงทำให้แบคทีเรียชนิดนี้เพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วส่งผลให้แบคทีเรียเหล่านี้สามารถผลิตกรดแลคติกในปริมาณที่สูงตามไปด้วย ในขณะที่อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดมีแหล่งของน้ำตาลซูโครส, กลูโคสและน้ำตาลฟรุคโตสน้อยกว่าแต่มีแป้ง, เยื่อใยและวัตถุแห้งสูงกว่า โดยพืชหมักที่มีความชื้นอยู่ระหว่าง 30 - 35 เปอร์เซ็นต์ ควรมีปริมาณกรดแลคติกอยู่ระหว่าง 2.3 - 8.2 เปอร์เซ็นต์ และพืชหมักที่มีวัตถุแห้งมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ควรมีปริมาณกรดแลคติกอยู่ระหว่าง 2.0 - 6.9 เปอร์เซ็นต์ (Jones *et al.*, 2004) การใช้เปลือกสับประรดเป็นส่วนประกอบในวัตถุดิบอาหารสัตว์ซึ่งเป็นแหล่งของกรดแลคติกและน้ำตาลในพืชหมักมีผลในทางที่ดีต่อกระบวนการหมัก แบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกสามารถใช้ประโยชน์ได้ดี โดยจะเร่งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกและสามารถผลิตกรดแลคติกได้เร็วขึ้น (Keady, 1998) จุลินทรีย์ *Lactobacillus* sp. ช่วยกระตุ้นกระบวนการหมักให้ได้กรดแลคติกได้เร็วขึ้นส่งผลต่อการยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ ที่ไม่พึงประสงค์ เช่น *Clostridium* sp. และ *Enterobacteria* sp. ซึ่งจะเกิดกระบวนการหมักแบบใช้ออกซิเจนในระยะแรกๆ ของการหมักโดยจะใช้โภชนะต่างๆ ในพืชหมักเป็นแหล่งพลังงานให้น้ำ, ความร้อนและคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา (Bolsen *et al.*, 1990)

กรดอะซิติก (Acetic acid)

ปริมาณของกรดอะซิติกของเปลือกสับประรดหมักและเปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แสดงไว้ในภาพที่ 6 โดยปริมาณกรดอะซิติกของเปลือกสับประรดและเปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยีสก่อนที่จะนำมาหมักมีค่าเท่ากับ 0.67 และ 2.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซิติกของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีส

อายุการหมักในวันที่ 7 ระดับของปริมาณกรดอะซิติกของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 3.43 และ 0.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 14 วัน ปริมาณกรดอะซิติกของเปลือกสับประดหมักและเปลือกสับประดหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 0.92 และ 1.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่มเปลือกสับประดหมักมีระดับลดลง

อายุการหมักที่ 21 วัน ปริมาณกรดอะซิติกของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 0.63 และ 0.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 28 วัน ปริมาณกรดอะซิติกของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าเท่ากับ 0.74 และ 0.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ซึ่งมีการรักษาระดับอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปกติทั่วไป

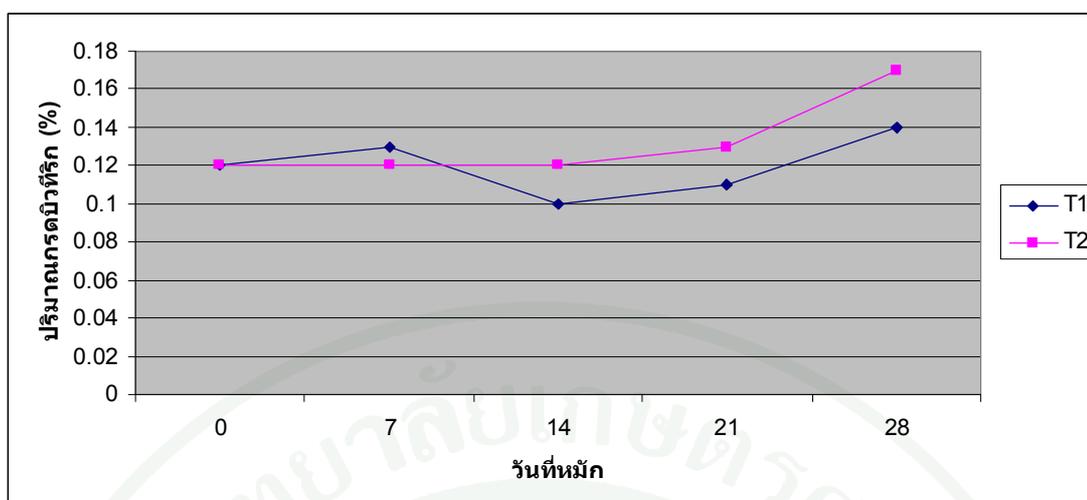
กรดอะซิติกจะพบอยู่เสมอในพืชหมักโดยเป็นผลผลิตที่ได้จากการหมักของกรดแลคติกและกรดบิวทีริก กรดชนิดนี้ที่เกิดในพืชหมักส่วนใหญ่ถูกผลิตขึ้นโดยจุลินทรีย์จำพวก *Acetobacter* spp.

ซึ่งเพิ่มขึ้นมากในช่วง 2 - 3 วันแรกของการหมักและเกิดจากแบคทีเรียพวก Coliform bacteria แบคทีเรียพวกนี้จะเจริญได้ดีในระยะแรกของการหมัก ซึ่งยังคงมีออกซิเจนหลงเหลืออยู่ในถุงหมักเล็กน้อยและสภาพ pH เป็นกลาง โดยกระบวนการหมักทำให้เกิดกรดอะซิติกและนอกจากนี้แบคทีเรียพวก Clostridium ที่เป็น Proteolytic Clostridium เมื่อเกิดการย่อยสลายโปรตีนก็จะทำให้เกิดกรดอะซิติกด้วย (McDonald *et al.*, 1991) พืชที่มีความชื้นสูงประกอบกับการหมักที่ไม่ถูกต้องจะเป็นเหตุให้มีปริมาณกรดอะซิติกสูง ทำให้มีการสูญเสียวัตถุแห้งและพลังงานในอาหารหมัก นอกจากนี้ยังทำให้ความน่ากินของอาหารหมักลดลง (สมจิตร, 2549)

ปริมาณกรดอะซิติกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดหมักเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง และทุกช่วงระยะเวลาของการเก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่รายงานว่ามีค่าที่วัตถุแห้งอยู่ระหว่าง 30 - 35 เปอร์เซ็นต์ ควรจะมีปริมาณกรดอะซิติกอยู่ระหว่าง 1.5 - 4.3 เปอร์เซ็นต์ และพืชหมักที่มีวัตถุแห้งมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ควรจะมีปริมาณกรดอะซิติกอยู่ระหว่าง 0.6 - 2.7 เปอร์เซ็นต์ (Jones *et al.*, 2004)

กรดบิวทีริก (Butyric acid)

ปริมาณของกรดบิวทีริกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.01$) แสดงไว้ในภาพที่ 7 โดยปริมาณกรดบิวทีริกของเปลือกสับประรดหมักและเปลือกสับประรดหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยก่อนที่จะนำมาหมักมีค่าเท่ากับ 0.12 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อย

ปริมาณกรดบิวทีริกของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ที่ระยะเวลา 7 วันมีค่าอยู่ระหว่าง 0.12 - 0.13 เปอร์เซ็นต์ การหมักที่ 14 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.10 - 0.12 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การหมักที่ 21 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.11 - 0.13 เปอร์เซ็นต์ และการหมักที่ 28 วัน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.14 - 0.17 เปอร์เซ็นต์ การควบคุมไม่ให้แบคทีเรียที่ผลิตกรดบิวทีริกสามารถทำงานได้นั้นสามารถทำได้โดยการทำให้พืชหมักมีสภาพเป็นกรดให้มากขึ้น โดยเฉพาะระดับ pH 4.2 แบคทีเรียที่ผลิตกรดบิวทีริกไม่สามารถเจริญเติบโตได้ (บุญเหลือ, 2529)

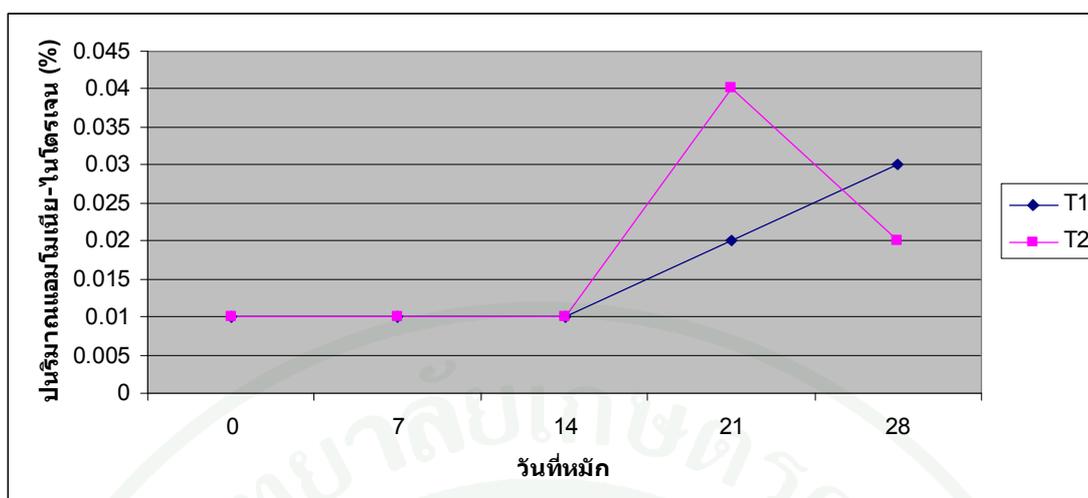
โดยทั่วไปแล้วแบคทีเรียที่สร้างกรดบิวทีริกจะมีกระจายอยู่ทั่วไปในพืชสดที่นำมาทำอาหารหมัก การที่แบคทีเรียชนิดใดจะมีมากกว่ากันนั้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย แต่ถ้ามีการสร้างกรดแลคติกได้เร็วเท่าใดก็จะเป็นตัวสำคัญในการควบคุมไม่ให้มีการสร้างกรดบิวทีริก พืชหมักที่มีปริมาณกรดบิวทีริกสูงแสดงถึงกระบวนการหมักที่ไม่ถูกต้องซึ่งจะส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาและความน่ากินลดลง (Kung and Shaver, 1997) พืชหมักที่มีกรดบิวทีริกระดับสูงจัดว่าเป็นพืชหมักที่มีคุณภาพต่ำ การเกิดกรดบิวทีริกมีสาเหตุมาจากการทำงานของแบคทีเรียที่ไม่ต้องการอากาศ แบคทีเรียที่ทำให้เกิดการหมักและผลิตกรดบิวทีริกจัดอยู่ในกลุ่ม Clostridium พบอยู่ในดินและมูลสัตว์ (บุญเหลือ, 2529) และปัจจัยที่มาจากพืชที่นำมาหมักนั้นอายุน้อยเกินไปมีโปรตีนสูงเกินไปมีความชื้นมากทำให้อัดแน่นเกินไปส่งผลให้แบคทีเรียดังกล่าวทำงานได้ดีทำให้พืชหมักเน่า

กรดบิวทีริกและกรดโพรปิโอนิกเกิดจากการหมักของจุลินทรีย์จำพวก Clostridium ซึ่งใช้ผลิตภัณฑ์จากการหมักเป็นสารตั้งต้น (Woolford and Pahlow, 1998)

ปริมาณของกรดบิวทีริกที่มีอยู่ในอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในทุกระยะของการเก็บตัวอย่างมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยพืชหมักที่มีวัตถุแห้งต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณกรดบิวทีริกควรอยู่ในช่วง 0.0 - 0.8 เปอร์เซ็นต์ และพืชหมักที่มีวัตถุแห้งมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป ปริมาณกรดบิวทีริกควรอยู่ในช่วง 0.0 - 1.8 เปอร์เซ็นต์ (Jones *et al.*, 2004)

ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (Ammonia - Nitrogen, NH₃-N)

ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักทั้ง 2 ทริทเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) แสดงไว้ในภาพที่ 8 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.01 - 0.04 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด ตั้งแต่ระยะก่อนที่จะนำมาหมักจนถึง 28 วัน McDonald *et al.* (1991) รายงานว่าค่า pH ระดับต่ำสามารถยับยั้งการย่อยสลายโปรตีนของพืชหมัก ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในพืชหมักเป็นผลมาจากการย่อยสลายโปรตีนซึ่งจะมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Van Vuuren *et al.*, 1999) การย่อยสลายโปรตีนในพืชหมักที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ระดับ pH เพิ่มขึ้นด้วยในช่วงระหว่าง 3 - 7 (Heron *et al.*, 1989) ระดับแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของพืชหมักควรมีไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนทั้งหมด (Seglar, 2003)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลองในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

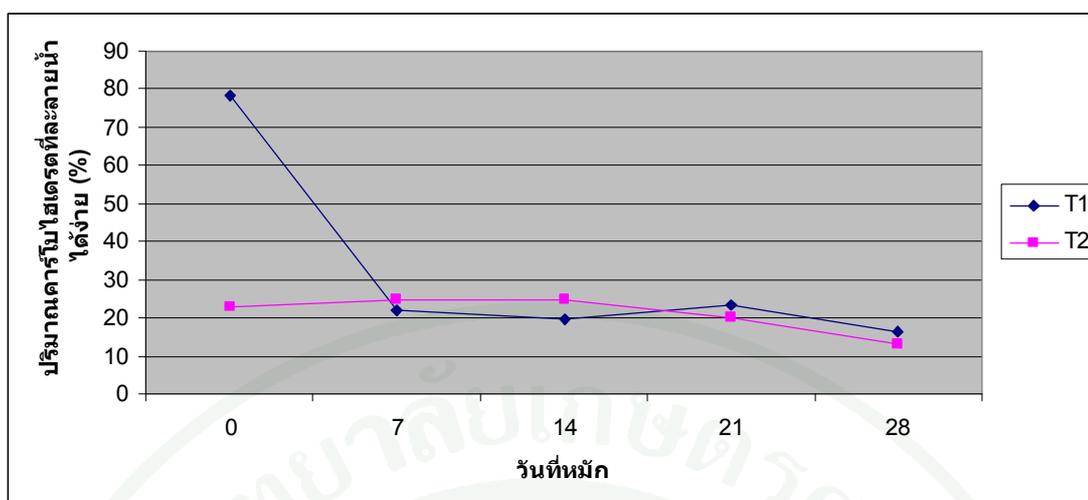
หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อย

แอมโมเนีย - ไนโตรเจนในพืชหมักที่มีปริมาณน้อยบ่งบอกถึงการย่อยสลายของโปรตีนในพืชหมักเกิดขึ้นน้อย โดยระดับ pH ที่ลดลงอย่างรวดเร็วมีผลยับยั้งการย่อยสลายโปรตีนแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในพืชหมักที่สูงเกินไปบ่งบอกถึงกระบวนการหมักที่ไม่มีประสิทธิภาพ ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนที่ต่ำนั้นแสดงว่าพืชหมักเกิดการสูญเสียโปรตีนน้อย (บุญล้อม และ สมคิด, 2543) ซึ่งปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนที่ต่ำนั้นถือเป็นการดี เนื่องจากแอมโมเนียเกิดจากจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการในกระบวนการหมักโดยเฉพาะ *Clostridium* ซึ่งสลายกรดอะมิโนให้เป็นแอมโมเนียและสลายกรดแลคติกให้เป็นกรดบิวทีริกทำให้ได้กรดบิวทีริกที่ทำให้พืชหมักเน่าเสียและเกิดกลิ่นเหม็น (McDonald *et al*, 1991)

คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water soluble carbohydrate, WSC)

อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดหมักทั้ง 2 ทรีทเมนต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) แสดงไว้ในภาพที่ 9 โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยก่อนที่จะนำมาหมักมีค่าเท่ากับ 78.43 และ 22.83 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ



ภาพที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลองในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อย

อายุการหมักที่ 7 วัน เปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยมีค่าเท่ากับ 21.83 และ 24.80 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

อายุการหมักที่ 14 วัน ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยมีค่าเท่ากับ 19.57 และ 24.50 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ โดยทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มีค่าที่ลดลงเมื่อเวลาการหมักที่เพิ่มขึ้น

อายุการหมักที่ 21 วัน ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยมีค่าเท่ากับ 23.5 และ 20.10 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ โดยทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มีระดับที่เปลี่ยนแปลงไม่มากนักหรือมีระดับลดลงเมื่อเทียบกับที่อายุการหมักที่ 14 วัน

อายุการหมักที่ 28 วัน ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยมีปริมาณลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกสับประดที่หมักที่ 21 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 16.33 และ 13.03 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง ตามลำดับ

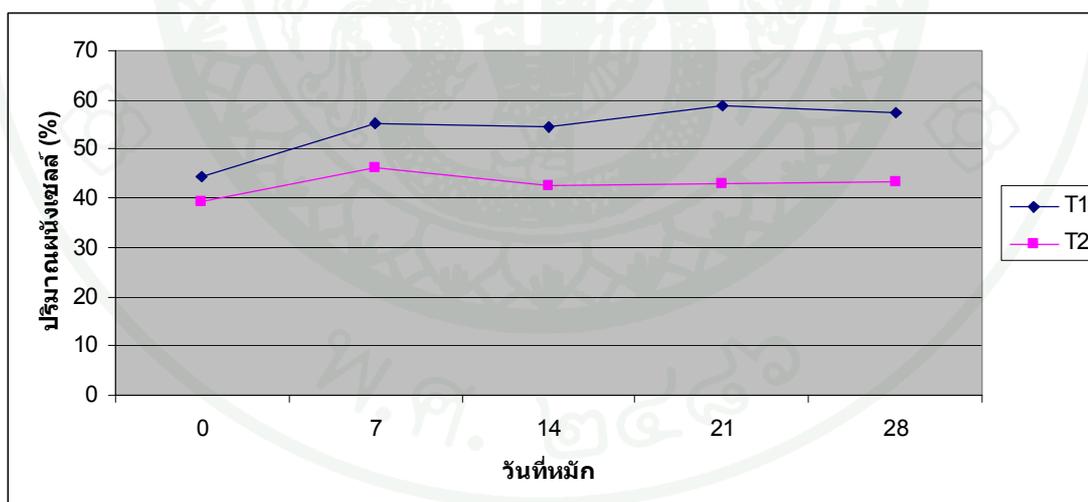
คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (Water Soluble Carbohydrates, WSC) ในองค์ประกอบของเปลือกสับประรดส่วนใหญ่เป็นโมโนแซคคาไรด์และไดแซคคาไรด์ คือ ซูโครส, กลูโคส และฟรุคโตส โดยที่ซูโครสพบมากที่สุด (Hunter *et al*, 1970) เมื่อเกิดการไฮโดรไลซ์จะทำให้ได้โมเลกุลของกลูโคสและฟรุคโตส (Chaplin and Kennedy, 1994) น้ำตาลฟรุคโตสและกลูโคสในเปลือกสับประรดจะถูกใช้เป็นสารตั้งต้นในการทำให้เกิดกระบวนการหมัก (ensilage) เพื่อให้ได้กรดแลกติก โดยฟรุคโตสหนึ่งโมเลกุลเมื่อเกิดการหมักจะได้กรดแลกติกหนึ่งหรือสองโมเลกุลซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลกติกว่าเป็นชนิด Homofermentative หรือชนิด Heterofermentative (McDonald *et al*, 1992) กลูโคสก็เกิดปฏิกิริยาในแบบเดียวกันดังนั้นการที่จะทำพืชหมักให้มีคุณภาพดีปัจจัยที่สำคัญประการหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงคือปริมาณของ WSC ในพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากถ้าในพืชอาหารสัตว์มี WSC มากเพียงพอขบวนการหมักก็จะเกิดขึ้นเร็วและสมบูรณ์ช่วยให้พืชหมักมีคุณภาพดีด้วย

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ลดลงเนื่องจากแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลกติกนำไปใช้ในกระบวนการหมักเพื่อสร้างกรดแลกติกและส่งผลให้ pH ของพืชหมักลดลง ระยะเวลาในกระบวนการหมักที่นานขึ้นจึงต้องใช้แหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในกระบวนการหมักของแบคทีเรียเพิ่มมากขึ้นด้วย เพื่อให้แบคทีเรียดังกล่าวสามารถสร้างกรดแลกติกในปริมาณที่มากเพียงพอจนทำให้ค่าความเป็นกรด - ด่างลดลงในระดับที่เหมาะสม (Russel, 2003) ในกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลกติกจะใช้ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในการผลิตกรดแลกติกส่งผลทำให้ระดับความเป็นกรด - ด่างลดลงซึ่งส่งผลทำให้ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ชนิดอื่นๆ (McDonald *et al.*, 1991; 1995) ปริมาณของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้เป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการหมักที่ไม่ใช้ออกซิเจน โดยแบคทีเรียกลุ่มที่ผลิตกรดแลกติกจะเปลี่ยนคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ไปเป็นกรดแลกติกซึ่งการทำงานของแบคทีเรียพวกนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของน้ำตาล หากมีปริมาณน้ำตาลมากและอยู่ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจนจะทำให้เกิดกรดแลกติกเร็วขึ้น (สายัญ, 2547) การทำให้แบคทีเรียผลิตกรดแลกติกมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและเพื่อผลิตกรดแลกติกได้มากนั้นจะต้องมีแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้สูง ทั้งนี้เนื่องจากพืชหมักมีจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์ โดยเฉพาะกลุ่ม Enterobacteria ที่มีมากและมีความสามารถในการผลิตกรดสูง ปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกถึงคุณภาพของพืชหมักซึ่งพืชอาหารสัตว์ที่ดีต้องมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ไม่น้อยกว่า 37 กรัมต่อกิโลกรัมของพืชในสภาพวัตถุดิบ เพราะเป็นสิ่งที่มีความสำคัญในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ Clostridium ในพืชหมัก (Haigh) ถ้ากระบวนการหมักการหยุดลงเพราะขาดคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้จะทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลกติกจะมีการเจริญเติบโตขึ้นมาใหม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด - ด่าง ซึ่งมีระดับของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ต่ำทำให้จุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิต

กรดแลคติกมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำ ทำให้ระดับความเป็นกรด - ด่างของหญ้าหมักสูงมากกว่า 4.2 ซึ่งเป็นระดับที่สามารถทำให้จุลินทรีย์อื่นๆ สามารถแย่งอาหารในการเจริญเติบโต (Bolsen *et al.*, 1990) ทำให้มีการลดลงของระดับค่าความเป็นกรด - ด่างซ้ำลง ดังรายงานของ Davies *et al.* (1998) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ที่ระดับ 66 และ 250 กรัมต่อกิโลกรัมของหญ้าหมักพบว่าหญ้าหมักที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่สูงจะมีระดับความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่าและปริมาณกรดแลคติกสูงกว่าหญ้าหมักที่มีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ในปริมาณที่ต่ำ โดยมี pH เท่ากับ 3.66 และ 5.04 ตามลำดับ และมีปริมาณกรดแลคติกเท่ากับ 103.56 และ 55.55 กรัม/กิโลกรัมของหญ้าตามลำดับ

ปริมาณผนังเซลล์ (Neutral detergent fiber; NDF)

ปริมาณผนังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลส, เฮมิเซลลูโลส, ลิกนิน, ซิลิกา, คิวตินและโปรตีนที่ติดอยู่กับผนังเซลล์ (อังคณา และดวงสมร, 2532) จากผลการทดลองพบว่าอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ภาพที่ 10 แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณผนังเซลล์ในระยะเวลาหมักต่างๆ



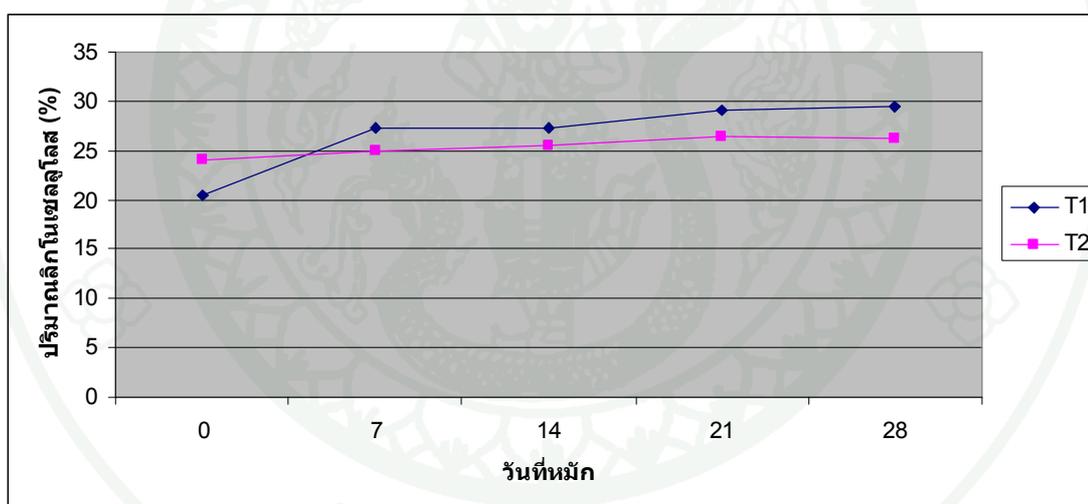
ภาพที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อย

โดยปริมาณผนังเซลล์ของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีสมีค่าใกล้เคียงกันตั้งแต่วันที่ 7 จนถึงวันสุดท้ายของการหมัก ซึ่งมีค่าปริมาณผนังเซลล์ที่ลดลง ผนังเซลล์ที่ถูกย่อยสลายในระหว่างกระบวนการหมักนั้นเกิดจากเอนไซม์เฮมิเซลลูเลส ซึ่งเอนไซม์เฮมิเซลลูเลสจะเกิดขึ้นในพืชหมักเท่านั้น (Jones *et al.*, 2004) และสามารถที่จะทำให้ปริมาณผนังเซลล์ในพืชหมักลดลงประมาณ 1 - 2 เปอร์เซ็นต์ สภาวะเหล่านี้จะเกิดขึ้นกับพืชหมักที่ pH ต่ำ (Dewar *et al.*, 1963) การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสคือการแตกตัวทางเคมีของเฮมิเซลลูโลสที่เกิดขึ้นอย่างช้าๆ ในผนังเซลล์ของพืชเพื่อให้ได้น้ำตาลเพนโตสนั้นเป็นผลมาจากการทำปฏิกิริยากันของไฮโดรเจนไอออนที่เกิดจาก pH ของพืชหมัก pH ที่ลดลงจะทำให้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนเพิ่มขึ้นและเกิดปฏิกิริยาไฮโดรเจนไอออนเร็ว อย่างไรก็ตาม pH ของพืชหมักที่ระดับปกติปริมาณผนังเซลล์จะลดลงอย่างช้าๆ ซึ่งน้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Muck, 1996)

ปริมาณลิกโนเซลลูโลส (Acid detergent fiber; ADF)



ภาพที่ 11 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกโนเซลลูโลสของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

หมายเหตุ T1=เปลือกสับประดหมัก

T2=อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเชื้อยีส

ปริมาณลิกโนเซลลูโลสประกอบไปด้วยเซลลูโลส, ลิกนิน, เคราติน, ซิลิกาและสารประกอบไนโตรเจนที่มีลิกนินแทรกอยู่ (อังคณา และดวงสมร, 2532) จากผลการทดลองพบว่าก่อนหมักและในการหมักที่ 7, 14, 21 จนถึง 28 วัน ปริมาณลิกโนเซลลูโลสของอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลอง

มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของปริมาณลิกโนเซลลูโลสของอาหารหมักอาหารหมักทั้ง 2 กลุ่มการทดลองแสดงไว้ในภาพที่ 11 โดยปริมาณของลิกโนเซลลูโลสที่ลดลงของเปลือกสับประรดหมักมีผลเนื่องจากระดับ pH ลดลงมากกว่าอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยทำให้ส่วนของลิกโนเซลลูโลสถูกย่อยสลายและเปลือกสับประรดมีองค์ประกอบของ ADF ต่ำจึงทำให้ส่วนประกอบนี้ในเปลือกสับประรดหลังการหมักมีค่าต่ำ (สมจิตร, 2549)

จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้ เปลือกสับประรดหมักมีค่าความเป็นกรด - ด่างที่สูงกว่าในทุกระยะเวลาของการหมักเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยแสดงให้เห็นว่าเปลือกสับประรดหมักมีประสิทธิภาพในการหมักที่ดีกว่าเนื่องมาจากความแตกต่างของแหล่งวัตถุดิบและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่ายที่อยู่ในอาหารหมักทั้ง 2 ชนิดเป็นหลัก คือเปลือกสับประรดหมักมีคาร์โบไฮเดรตที่ให้พลังงานและละลายน้ำได้ง่ายสูงจำพวกน้ำตาลซึ่งส่วนใหญ่เป็นพวกน้ำตาล ซูโครส (70 เปอร์เซ็นต์), กลูโคส (20 เปอร์เซ็นต์) และฟรุคโตส (10 เปอร์เซ็นต์) จึงเป็นแหล่งอาหารที่ดีของแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกทำให้แบคทีเรียเหล่านี้สามารถเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ในขณะที่อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยมีน้ำตาลและแป้งน้อยมีแต่มีเชื้อยและวัตถุแห้งสูงกว่าจึงส่งผลต่อกรดแลคติกของเปลือกสับประรดหมักที่สูงกว่าอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยในทางตรงกันข้ามค่าเฉลี่ยโปรตีนหยาบของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อยมีค่าสูงขึ้นในทุกระยะเวลาของการหมักเมื่อเปรียบเทียบกับเปลือกสับประรดหมักเป็นผลมาจากการใช้กากถั่วเหลืองและวัตถุดิบอื่นๆ เช่น NPN เป็นส่วนประกอบในสูตรอาหารเพื่อทำเป็นอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อย

การทดลองที่ 2 การศึกษาการใช้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบเยื่อใยต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคขุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในรูปวัตถุดิบแห้งของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่าอาหารทดลอง TMR มีคุณค่าทางอาหารแตกต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยวัตถุดิบแห้งของอาหาร TMR2 ต่ำสุดคือ 31.9 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่อาหาร TMR1 และ TMR3 มีค่าเท่ากับ 91.22 และ 57.47 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากวัตถุดิบแห้งของ TMR2 มีค่าต่ำสุดเพราะเป็นอาหารหมักเพียงอย่างเดียวซึ่งมีเปลือกสับประรดในสูตรอาหารปริมาณมากกว่าสูตรอื่นๆ ในขณะที่อาหารทดลอง TMR1 มีวัตถุดิบทุกชนิดในสูตรอาหารมีสภาพแห้งและ TMR3 เป็นการผสมของอาหารหมักและวัตถุดิบอาหารชั้นซึ่งสูตรอาหารทั้ง 2 สูตรจึงมีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งที่สูงกว่า TMR2

ค่าเฉลี่ยปริมาณโปรตีนรวมของอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 15.10, 12.67 และ 13.67 เปอร์เซ็นต์สำหรับกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 ตามลำดับ โดยอาหาร TMR2 มีค่าต่ำสุดเพราะมีการสูญเสียโปรตีนในระหว่างการหมักสูงในขณะที่อาหาร TMR1 ซึ่งเป็นอาหารผสมเสร็จที่ไม่ผ่านขบวนการหมักจึงเป็นอาหารกลุ่มเดียวที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้เบื้องต้นในสูตรอาหารที่อาหารหมักผสมเสร็จ TMR2 และอาหารหมักผสมเสร็จที่มีส่วนผสมของเปลือกสับประรดหมัก (TMR3) มีค่าโปรตีนรวมลดลงเป็นผลเนื่องมาจากการสูญเสียในรูปของแอมโมเนียในช่วงระยะเวลาของการหมักและการเก็บรักษา (พันทิพา, 2547) ระยะแรกของการหมักเมื่อมีการเจริญของจุลินทรีย์กลุ่มที่ผลิตกรดแลคติกได้ต่ำทำให้มีการเจริญเติบโตของกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มที่ใช้ออกซิเจนสูง เช่น พวก *Clostridium sp.* และ *Enterobacteria sp.* โดยจะมีการสลายน้ำตาลได้ผลผลิตเป็นน้ำ, คาร์บอนไดออกไซด์และความร้อนในอัตราที่สูง (Bolsen *et al.*, 1990) ขณะเดียวกันระหว่างกระบวนการหมักจะเกิดการย่อยสลายโปรตีน (Proteolysis) และขบวนการ hydrolysis ของยูเรีย [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] ได้ผลผลิตในรูปไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen, NPN) จากผลการศึกษา (in vitro study) ของ Seglar. (2003) พบว่ายูเรีย - ไนโตรเจนที่เติมในข้าวโพดหมักเพื่อยกระดับโปรตีนจาก 8 เป็น 12 เปอร์เซ็นต์ของวัตถุดิบ จะมีการสูญเสียไปประมาณหนึ่งในสาม ในขณะที่ Kung. (2000) รายงานว่าการเติมยูเรียในพืชหมักที่มีวัตถุดิบ 44.8 เปอร์เซ็นต์ จะมีการสูญเสียยูเรีย - ไนโตรเจนในระดับสูงประมาณ 69 เปอร์เซ็นต์ แต่ถ้าพืชหมักมีวัตถุดิบ 36.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมจะมีการสูญเสียยูเรีย - ไนโตรเจนต่ำเพียง 16 เปอร์เซ็นต์ และหากพืชหมักมีวัตถุดิบต่ำกว่านี้ลงไป

ระดับการสูญเสียยูเรีย - ไนโตรเจนจะอยู่ในระดับกลางโดยสูญเสียในรูปของสารละลายที่อยู่ในน้ำหมักที่อยู่ก้นถังหรือรวมสะสมอยู่ที่ส่วนล่างของไซโลที่เป็นแนวตั้ง

เยื่อใยรวมในสูตรอาหารใน TMR1 มีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่ TMR2 และ TMR3 มีค่าต่างกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.90, 24.22 และ 28.54 ตามลำดับ ส่วนใหญ่ของเยื่อใยรวมในสูตรอาหาร TMR1 มาจากใบมันสำปะหลังแห้งซึ่งประกอบอยู่ในสูตรอาหารเพียง 30 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สูตรอื่นๆ ค่าเยื่อใยส่วนใหญ่ได้จากเปลือกสับประดหมักซึ่งมีอยู่ในสัดส่วนที่สูงจึงทำให้เปอร์เซ็นต์เยื่อใยสูงตามไปด้วย ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองจากการวิเคราะห์

องค์ประกอบทางเคมี (%DM)	TMR1	TMR2	TMR3*
วัตถุแห้ง (%)	91.22	31.90	57.47
ความชื้น	8.78	68.10	42.53
เถ้า	11.17	16.52	12.02
โปรตีน	15.10	12.67	13.67
ไขมัน	2.59	2.55	1.89
เยื่อใยรวม (CF)	11.90	24.22	28.54
พลังงานรวม (GE, Kcal/g)	4,129.60	3,863.06	4,073.25
เยื่อใย NDF	22.51	50.71	40.23
เยื่อใย ADF	16.60	34.65	25.52

หมายเหตุ * คือ ค่าเฉลี่ยของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเยื่อใยผสมด้วยอาหารชั้นในอัตราส่วน 60: 40

**TMR3 มีปริมาณ โปรตีนหยานน้อยกว่าที่คำนวณไว้ อาจเนื่องมาจากเป็นอาหารของเอกชนผสมให้

ปริมาณอาหารที่กินได้ในรูปวัตถุแห้ง

ปริมาณอาหารที่กินได้ในรูปกิโลกรัมวัตถุแห้งเฉลี่ยต่อวันของโคทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 9 โดยปริมาณการกินได้ทั้งหมดเมื่อคิดเป็นกิโลกรัม (วัตถุแห้ง)/วัน ของโคทดลองในกลุ่ม TMR1, TMR2

และTMR3 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 9.77, 4.35 และ 9.28 กิโลกรัม/ตัว/วัน ตามลำดับ ปริมาณอาหารที่กินได้ทั้งหมดเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ซึ่งโคที่ได้รับอาหาร TMR1, TMR3 มีค่าสูงกว่า ($P<0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับโคในกลุ่มที่กิน TMR2 โดยมีค่าเท่ากับ 1.94, 1.82 และ 1.21เปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัว ตามลำดับ

ปริมาณอาหารที่กินได้เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักตัวของโคโดยความแปรปรวนของปริมาณการกินได้รูปวัตถุแห้งมีปัจจัยมาเกี่ยวข้องหลายปัจจัย เช่น คุณภาพของอาหาร, ความน่ากิน, ขนาดของชิ้นอาหาร, ความชื้นในอาหารและสัดส่วนของอาหารหยาบต่ออาหารข้น เป็นต้น (เมธา, 2533) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโคในกลุ่ม TMR2 มีปริมาณการกินได้ในรูปของวัตถุแห้งต่ำกว่าเมื่อเทียบกับโคในกลุ่มอื่นๆ ทั้งนี้อาจมีสาเหตุที่เป็นไปได้ 2 ประการคือ ความน่ากินที่ต่ำอันเป็นผลจากการมีระดับยูเรียในอาหารหมักเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้งที่ค่อนข้างสูงเกือบ 2 เปอร์เซ็นต์ ประกอบกับค่าวัตถุแห้งของอาหารหมักที่ต่ำ (31.9 เปอร์เซ็นต์) จึงเป็นปัจจัยร่วมที่มีผลต่อค่าการกินได้ในรูปวัตถุแห้งเช่นกัน

โปรตีนบางส่วนในอาหาร TMR หมักที่มีโปรตีนสูงจะถูกย่อยสลายเป็นแอมโมเนียเป็นจำนวนมากในระหว่างการหมักและการเก็บรักษาส่งผลให้ความน่ากินของอาหารหมักลดลงโดยทั่วไปหญ้าหมักที่ไม่มีการเติมยูเรียมีค่าแอมโมเนียอยู่ระหว่าง 5 - 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าไนโตรเจนทั้งหมด (McDonald *et al.*, 1991) Owen *et al.*, (1996) รายงานว่าจากการศึกษาการหมักข้าวโพดในไซโลขนาดเล็กในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) ระดับแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในข้าวโพดหมักที่ไม่เติมยูเรียมีค่า 21.33 มิลลิกรัมต่อวัตถุแห้ง 100 กรัม แต่เมื่อหมักร่วมกับยูเรียในระดับ 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีค่าแอมโมเนีย - ไนโตรเจนเพิ่มขึ้นเป็น 152.83 และ 197.6 มิลลิกรัมต่อวัตถุแห้ง 100 กรัม ตามลำดับ Davis *et al.*, (1998) ศึกษาการหมักข้าวฟ่างหวานร่วมกับสารละลายยูเรียในน้ำเพื่อให้ได้ระดับยูเรีย 0, 0.5, 1.5 และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิการหมักของข้าวฟ่างหวานไม่มีความสัมพันธ์กับระดับของยูเรียที่เพิ่มขึ้นและการกินได้ในรูปของวัตถุแห้งในโคนมที่ได้รับข้าวฟ่างหวานหมักที่มียูเรีย 0 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกัน แต่การกินได้มีค่าลดลงในโคนมที่ได้รับข้าวฟ่างหวานหมักที่มียูเรีย 1.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนโคนมที่ได้รับข้าวฟ่างหวานหมักที่มียูเรีย 2.5 เปอร์เซ็นต์ ปฏิเสธการกินจนกว่าแอมโมเนียอิสระจะระเหยจางหายไป Haigh (1987) แนะนำว่าค่าวัตถุแห้งของอาหารหมักที่มีข้าวโพดเป็นหลักควรมีค่าประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสมที่ทำให้อาหารหมักมีคุณภาพสูงและไม่เกิดผลเสียจากการเติมยูเรียเพื่อเพิ่มค่าโปรตีนหากค่าวัตถุแห้งน้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ หรือมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ การเติมยูเรียอาจมีผลเสียคือหากอาหารหมักมีความชื้นมากจะมีการสูญเสียยูเรียที่ละลายอยู่ในน้ำหมักในระหว่างการเก็บรักษา แต่ถ้าอาหารหมักมีวัตถุแห้งมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ จะมีความชื้นไม่เพียงพอเพื่อจับ

กับแอมโมเนียทำให้มีการสูญเสียในรูปแอมโมเนียซึ่งการสะสมแอมโมเนียอิสระที่มากเกินไปมีผลโดยตรงต่อความนำกินของอาหารหมัก โดยทั่วไปการเติมยูเรียที่เหมาะสมที่สุดควรอยู่ที่ประมาณ 0.5 - 1.0 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักสดสำหรับข้าวโพดที่มีความชื้น 35 เปอร์เซ็นต์

ความชื้นในอาหารเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อปริมาณการกินได้วัตถุแห้งของสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยความชื้นในอาหารมีความสัมพันธ์กับอัตราการกินได้ของโคหากค่าความชื้นในอาหารสูงเกินไปการกินได้ในรูปของวัตถุแห้งจะลดต่ำลงเนื่องจากอาหารที่มีความชื้นสูงจะใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะหมักมากกว่าอาหารที่มีความชื้นต่ำ Haigh (1987) ได้ศึกษาการกินได้วัตถุแห้งในแม่โคนมที่ได้รับอัลฟัลฟาหมักที่มีความชื้นแตกต่างกัน พบว่าโคนมมีการกินได้ในรูปวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเมื่ออาหารหมักมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเพิ่มขึ้นในทุกๆระดับที่ใช้ศึกษาและมีความสัมพันธ์กันแบบเป็นเส้นตรง โดยความสัมพันธ์นี้จะมีความแม่นยำมากที่ระดับวัตถุแห้งของอาหารหมักต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามที่ระดับเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งที่สูงกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ค่าการกินได้อาจผันแปรบ้างแต่ก็ยังคงมีความสัมพันธ์ในทางบวกเช่นกัน ในขณะที่ Holter and Urban (1992) รายงานว่าในอาหารที่มีความชื้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ปริมาณการกินได้ในรูปของวัตถุแห้งลดลงประมาณ 0.02 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวทุกๆ 1 เปอร์เซ็นต์ของความชื้นที่เพิ่มขึ้น แต่ถ้าหากอาหารมีความชื้นต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มขึ้นของความชื้นจาก 30 เปอร์เซ็นต์ เป็น 50 เปอร์เซ็นต์ จะไม่มีผลทำให้ปริมาณการกินได้ในรูปของวัตถุแห้งลดลง

ตารางที่ 9 ปริมาณการกินได้ของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ตลอดการทดลอง

ปริมาณอาหารที่กินได้ (DM)	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
0 - 4 สัปดาห์					
กิโลกรัม/วัน	9.72±0.62 ^a	4.12±0.09 ^c	8.47±0.32 ^b	0.75	<.0001
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.93±0.12 ^a	1.15±0.03 ^c	1.66±0.06 ^b	0.11	0.0002
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ^{0.75}	91.37±5.79 ^a	49.93±1.14 ^c	78.97±3.03 ^b	5.60	<.0001
5 - 8 สัปดาห์					
กิโลกรัม/วัน	10.42±0.14 ^a	4.61±0.12 ^b	9.61±0.45 ^a	0.79	<.0001
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	2.07±0.03 ^a	1.29±0.03 ^b	1.89±0.09 ^a	0.11	<.0001
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ^{0.75}	97.95±1.30 ^a	55.87±1.41 ^b	89.65±4.19 ^a	5.66	<.0001
9 - 12 สัปดาห์					
กิโลกรัม/วัน	9.17±0.62 ^a	4.32±0.15 ^b	9.78±0.19 ^a	0.76	<.0001
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.82±0.12 ^a	1.20±0.04 ^b	1.92±0.04 ^a	0.10	0.0002
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ^{0.75}	86.22±5.80 ^a	52.30±1.76 ^b	91.21±1.8 ^a	5.55	<.0001
เฉลี่ยตลอดการทดลอง					
กิโลกรัม/วัน	9.77±0.42 ^a	4.35±0.11 ^b	9.28±0.30 ^a	0.75	<.0001
เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว	1.94±0.08 ^a	1.21±0.03 ^b	1.82±0.06 ^a	0.10	<.0001
กรัม/กิโลกรัมน้ำหนักตัว ^{0.75}	91.84±3.95 ^a	52.70±1.27 ^b	86.61±2.79 ^a	5.44	<.0001

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abc} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) ภายในกระเพาะรูเมน

การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่าง ในกระเพาะรูเมนมีความสำคัญต่อสภาพนิเวศวิทยาภายในกระเพาะรูเมน โดยมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ น้ำลายที่เกิดจากการเคี้ยวเอื้อง - ในโตรเจนในกระเพาะรูเมนมาผลิต อัตราการผลิตและดูดซึมกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน ซึ่งเป็นผลโดยตรงมาจากชนิดและปริมาณของอาหารที่สัตว์กิน จากผลการทดลองครั้งนี้การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด - ด่าง ของของเหลวในกระเพาะรูเมน (ruminal pH) โดยโคที่ได้รับอาหารผสมเสร็จ

ทั้ง 3 สูตร ในช่วงเวลาที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารและหลังการให้อาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่าที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารมีค่าของความเป็นกรด - ด่างใกล้เคียงกันคือเฉลี่ยเท่ากับ 7.00 - 7.35 ดังแสดงในตารางที่ 10 และลดลงต่ำหลังการให้อาหารไปแล้ว 2 และ 4 ชั่วโมง ซึ่งกลุ่ม TMR2 แสดงค่าของความเป็นกรด - ด่างสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่นๆ ($P < 0.01$) โดยมีค่าเฉลี่ยความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 7.15 และ 7.18 ในช่วงเวลาที่ 2 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหารตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตามค่าความเป็นกรด - ด่าง ที่สูงนี้ยังคงเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก

การให้อาหารผสมสำเร็จสามารถช่วยรักษาความเป็นกรด - ด่างภายในกระเพาะรูเมนให้คงที่หรือทำให้ความผันแปรของความเป็นกรด - ด่างภายในกระเพาะรูเมนน้อยกว่าการให้อาหารแบบแยกให้ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนที่ดีกว่า (ฉลอง และคณะ, 2547) Hungate (1966) รายงานว่าค่าความเป็นกรด - ด่างที่เหมาะสมต่อการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมนควรมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 6.5 - 7.2 และประสิทธิภาพจะลดลงเมื่อค่าความเป็นกรด - ด่างต่ำกว่า 6 ส่งผลให้การผลิตกรดไขมันระเหยง่ายที่สำคัญ คือ กรดอะซิติกลดลง เมธา, 2533; ปราโมทย์ และเมธา, 2542; ไชยวรรณ และคณะ, 2533 รายงานว่าค่าความเป็นกรด - ด่างในกระเพาะหมักลดลงต่ำสุดในช่วงเวลาที่ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร เนื่องจากปริมาณกรดไขมันระเหยง่ายจะสูงสุดในช่วงเวลาที่ 4 ชั่วโมงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด - ด่างลดลงและหลังจากนั้นจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเนื่องจากอาหารในกลุ่ม TMR2 มีการเติมยูเรียในปริมาณที่ค่อนข้างสูงเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ในรูปวัตถุแห้งทำให้ยูเรียที่ไต่ลงไปในส่วนอาหารเมื่อได้รับความชื้นจากเปลือกสับปะรดมีการแตกตัวในระหว่างขบวนการหมักได้เป็นแอมโมเนียซึ่งมีคุณสมบัติเป็นด่างซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อค่าความเป็นกรด - ด่าง ของเหลวในกระเพาะรูเมนมีค่าสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ

ตารางที่ 10 ค่าความเป็นกรด - ด่าง ในกระเพาะรูเมนที่เกิดจากการหมักอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ

ค่าความเป็นกรด - ด่าง	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
ระยะเวลา					
ชม. 0 ก่อนกินอาหาร	7.00±0.16	7.35±0.03	7.28±0.14	0.07	0.0960
ชม. 2 หลังกินอาหาร	6.73±0.09 ^b	7.15±0.29 ^a	6.83±0.03 ^b	0.06	0.0009
ชม. 4 หลังกินอาหาร	6.53±0.22 ^b	7.18±0.05 ^a	6.73±0.06 ^b	0.11	0.0202
เฉลี่ย	6.75±0.14 ^b	7.23±0.06 ^a	6.95±0.17 ^{ab}	0.09	0.1065

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

แอมโมเนีย - ไนโตรเจน ในกระเพาะหมัก (NH₃-N)

จากผลการตรวจวัดปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหาร 2 และ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร พบว่าระดับของปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนมีค่าสูงสุดในชั่วโมงที่ 2 และค่อยๆ ลดลง ในชั่วโมงที่ 4 หลังการกินอาหาร โดยที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงการย่อยสลายโปรตีนตลอด 24 ชั่วโมงก่อนได้รับอาหารอีกครั้งในรอบวันต่อไป ซึ่งมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 11 โดยโคกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 มีค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 8.75, 4.46 และ 7.26 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ 2 และ 4 ชั่วโมง หลังการกินอาหาร โคทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

Ørskov (1992) รายงานว่าปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะหมักขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและเวลาหลังกินอาหาร โดยปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนนี้จะผันแปรขึ้นอยู่กับปริมาณของไนโตรเจนจากอาหารทั้งหมด Grummer and Clark (1982); Van Soest (1982) สรุปว่าการให้อาหารที่มีไนโตรเจนที่ละลายง่าย (Soluble nitrogen) สูงมีผลทำให้ความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนสูงขึ้นในชั่วโมงที่ 1 - 2 หลังการให้อาหารจากนั้นความเข้มข้นของแอมโมเนียจะค่อยๆ ลดลง แต่ในชั่วโมงที่ 8 - 12 หลังการให้อาหาร ความเข้มข้นของ

แอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนกลับสูงขึ้นเนื่องจากมียูเรียที่ร่างกายสร้างขึ้น (endogenous-urea) ถูกส่งเข้ามาในกระเพาะรูเมน

ปริมาณของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนที่มีค่าต่ำสุดที่ 0 ชั่วโมงก่อนการให้อาหารใน TMR2 เมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ แสดงถึงการได้รับโปรตีนในอาหารในระดับต่ำอันเกิดจากการปริมาณกินได้ในรูปของวัตถุแห้งที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ ส่งผลให้ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนซึ่งเป็นผลผลิตจากการย่อยสลายโปรตีนโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนต่ำไปด้วย Church (1983) รายงานว่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนมีความผันแปรอยู่ระหว่าง 2 - 22 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น ระดับของการให้อาหาร, ความสามารถในการถูกย่อยสลายได้ของโปรตีนในอาหาร, แหล่งของแร่ธาตุ, ความถี่ของการให้อาหารเป็นต้น โดยค่าที่เหมาะสมจะอยู่ระหว่าง 5 - 8 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Satter and Slyter, 1974) เมธา (2540) กล่าวว่าระดับที่เหมาะสมของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนจะเป็นผลให้เอ็นไซม์ที่ย่อยเซลลูโลสทำงานได้ดีขึ้น ในขณะที่ Hammond, (1983) รายงานว่าปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนมีผลโดยตรงต่อแบคทีเรียที่ย่อยเยื่อใยโดยเฉพาะในกลุ่ม cellulolytic bacteria เนื่องจากเป็นแหล่งไนโตรเจนที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนเพื่อการย่อยสลายอาหารในกระเพาะรูเมน Leng *et al.*, (1994) สรุปไว้ว่าปริมาณความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนที่ต่ำกว่า 5 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะทำให้สัตว์มีปริมาณการกินได้ลดลงซึ่งส่งผลถึงสมรรถภาพการผลิตที่ลดลงด้วย

ตารางที่ 11 ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) และปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดของโคที่กินอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ (มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์)

ลักษณะที่ศึกษา	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
0 ชม. ก่อนกินอาหาร					
NH ₃ -N ในกระเพาะรูเมน	8.75±0.93 ^a	4.46±1.16 ^b	7.26±1.12 ^{ab}	0.78	0.0542
BUN ในเลือด	15.48±0.98	12.95±1.06	16.05±1.14	0.69	0.1460
2 ชม. หลังกินอาหาร					
NH ₃ -N ในกระเพาะรูเมน	13.65±0.43	13.19±1.49	15.58±2.63	0.97	0.6130
BUN ในเลือด	20.56±1.83	16.25±1.12	20.93±2.34	1.15	0.1904
4 ชม. หลังกินอาหาร					
NH ₃ -N ในกระเพาะรูเมน	6.39±1.30	6.39±1.20	8.03±1.27	0.70	0.5868
BUN ในเลือด	17.63±1.36	15.53±1.04	17.63±1.36	0.72	0.4323
เฉลี่ยปริมาณ NH ₃ -N	9.52±0.40	8.01±1.17	10.29±1.44	0.64	0.3698
เฉลี่ยปริมาณ BUN	17.89±1.25	14.91±0.87	18.20±1.37	0.76	0.1501

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือด (Blood urea nitrogen, BUN)

จากการตรวจวัดปริมาณระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดในช่วงท้ายของการทดลองพบว่าทั้ง 3 กลุ่มการทดลองมีปริมาณระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ทั้งในระยะก่อนการให้อาหารและหลังจากกินอาหารไปแล้ว 2 และ 4 ชั่วโมง ดังแสดงในตารางที่ 11 ซึ่งก่อนที่โคจะได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีค่าระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 12.95 - 16.05 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ หลังจากกินอาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง ค่าระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นโดยมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 16.25 - 20.93 และ 15.53 - 17.63 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ปริมาณค่าระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดของโคเนื้อที่เหมาะสมมีค่าระหว่าง 11 - 15 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ (Byer and Moxon, 1980) โคในกลุ่ม TMR1 และ TMR3 มีระดับค่าระดับ

ยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดสูงกว่าระดับที่เหมาะสมเล็กน้อย เนื่องจากโคกลุ่มนี้มีปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนสูงอันเกิดจากปริมาณการกินได้และการย่อยสลายโปรตีนที่สูงกว่า ส่วนโคกลุ่ม TMR2 ซึ่งเป็นโคกลุ่มที่มีปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ เป็นผลจากการมีปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนต่ำจึงส่งผลให้ปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดต่ำตามไปด้วย Church (1979) กล่าวว่าปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับระดับของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน ซึ่งประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของยูเรียที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนจะถูกนำไปสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีนและส่วนที่เหลือถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดแล้วส่งไปยังตับเพื่อเข้าสู่วัฏจักรยูเรีย โดยระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนจากของเหลวในกระเพาะรูเมนที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในเลือดเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ปราโมทย์ (2541) กล่าวว่า การเพิ่มขึ้นของยูเรียในเลือดมีสหสัมพันธ์กับระดับของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนจากของเหลวในกระเพาะรูเมน โดยเกิดจากอาหารโปรตีนที่ย่อยสลายได้ในสัดส่วนที่ต่างกัน หากมีระดับสูงเกินกว่า 25 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณที่สูงเกินไปจะเป็นตัวบ่งบอกถึงการใช้ประโยชน์จากอาหารที่ไม่มีประสิทธิภาพ (Nousiainen *et al.*, 2004) การสูญเสียโปรตีนเกิดจากสัตว์ได้รับอาหารที่มีพลังงานต่ำไม่สมดุลกับการได้รับโปรตีนทำให้จุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ได้ไม่หมด ร่างกายจึงต้องขับออกในรูปของแอมโมเนียทางเลือด, น้ำนมและปัสสาวะ (Roesler *et al.*, 1993) นอกจากนี้ระดับยูเรีย - ไนโตรเจนในกระแสเลือดที่มากจนเกินไปยังมีผลต่อระบบสืบพันธุ์และอัตราการผสมติด (Ferguson *et al.*, 1993)

ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด (Blood Glucose; BG)

จากผลการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยระดับกลูโคสในกระแสเลือดที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนการให้อาหาร 2 และ 4 ชั่วโมงหลังการให้อาหาร มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 12 โดยที่ 0 ชั่วโมงก่อนได้รับอาหาร โคในกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 มีค่าเฉลี่ยระดับกลูโคสในกระแสเลือดเท่ากับ 68.65, 80.65 และ 70.68 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ตามลำดับ หลังจากได้รับอาหารทดลอง 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่ามีระดับความเข้มข้นของกลูโคสในกระแสเลือดมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเป็น 69.78, 77.63, 70.93, 81.10, 76.75 และ 80.35 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ค่ากลูโคสในเลือดบ่งบอกถึงการใช้อำนาจของพลังงานในสูตรอาหาร ระดับกลูโคสในกระแสเลือดจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกินได้ของโคและจากพลังงานในร่างกายโดยมาจากอาหารที่ได้รับ (Vazquez-anon *et al.*, 1994) ซึ่งระดับกลูโคสที่เหมาะสมในเลือดของสัตว์

กระเพาะรวมคือ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ และร่างกายจะรักษาให้อยู่ในระดับ 40 - 60 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ เพื่อให้เนื้อเยื่อทำงานได้ตามปกติ โดยปริมาณกลูโคสจะถูกควบคุมโดยฮอร์โมนอินซูลิน และกลูคาگونที่สร้างจากตับ (เมธา, 2533) ซึ่งจะช่วยให้ระดับกลูโคสในเลือดอยู่ในระดับปกติ (Dawson *et al.*, 1998) ชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด โดยสัตว์ที่กินอาหารที่มีสารตั้งต้นสำหรับการสร้างกลูโคสในระดับสูงจะทำให้ปริมาณกลูโคสในกระแสเลือดสูงตามไปด้วย (พรศรี, 2531)

ตารางที่ 12 ปริมาณกลูโคสในเลือด (mg%) ในโคที่กินอาหารสูตรต่างๆ

ปริมาณกลูโคสในเลือด	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
ระยะเวลา					
ชม. 0 ก่อนกินอาหาร	68.65±3.72	80.65±6.50	70.68±3.35	2.94	0.2137
ชม. 2 หลังกินอาหาร	69.78±2.62	77.63±2.01	70.93±6.10	2.34	0.3674
ชม. 4 หลังกินอาหาร	81.10±4.03	76.75±3.38	80.35±4.09	2.09	0.7037
เฉลี่ยตลอดการทดลอง	73.18±2.62	78.33±3.16	73.99±2.36	1.65	0.2482

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

กรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน

คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ทั้งหมดโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ จะถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดไขมันระเหยง่าย (Volatile fatty acid; VFA) ซึ่งกรดไขมันระเหยง่ายจะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกายโค โดยกรดอะซิติกจะถูกใช้เป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของร่างกายและใช้ในการผลิตไขมันนม ส่วนกรดโพรพิโอนิกจะถูกเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลกลูโคส, น้ำตาลในน้ำนมและไขมันในร่างกายหรือไขมันหุ้มซาก ส่วนกรดบิวทริกก็สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้เช่นกัน การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นและสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายจะไม่คงที่เสมอไปแต่จะขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารและระยะเวลาภายหลังจากการกินอาหาร (เทอดชัย, 2548) และ Hungate (1966) อ้างโดย ภูริพงษ์ (2549)

ตารางที่ 13 ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดอะซิติกในกระเพาะรูเมน

ปริมาณกรดอะซิติก (mM/L)	TMR1	TMR2	TMR3	SME	P-Value
ระยะเวลา					
ชม. 0 ก่อนกินอาหาร	118.69±30.62	167.46±19.16	152.43±17.81	13.61	0.3579
ชม. 2 หลังกินอาหาร	188.30±20.97	131.70±30.83	204.45±24.43	16.40	0.1664
ชม. 4 หลังกินอาหาร	286.87±48.56 ^a	128.19±18.31 ^b	255.51±18.31 ^a	26.52	0.0147
เฉลี่ย	197.95±24.69 ^{ab}	142.45±14.51 ^b	204.13±11.48 ^a	12.51	0.0696

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณกรดอะซิติก (Acetic acid)

จากผลการตรวจวัดปริมาณกรดอะซิติกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในช่วงท้ายของการทดลองในช่วงเวลาที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหาร และกินอาหาร 2 และ 4 ชั่วโมง พบว่าที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหาร และ 2 ชั่วโมงหลังกินอาหาร มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยปริมาณกรดอะซิติกของโคที่ได้รับอาหาร TMR1, TMR2 และ TMR3 มีค่าเท่ากับ 118.69, 167.46 และ 152.43 และ 188.30, 131.70 และ 204.44 ตามลำดับ แต่ที่เวลา 4 ชั่วโมงหลังจากโคได้รับอาหารมีปริมาณกรดอะซิติกมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังแสดงในตารางที่ 13 ซึ่งกรดอะซิติกจะเพิ่มขึ้นในโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR1 และ TMR3 โดยมีค่าเท่ากับ 286.87 และ 255.51 mM/L ตามลำดับ เป็นผลมาจากจุลินทรีย์เข้าใช้ประโยชน์จากโภชนาที่ละลายได้เพื่อใช้ในการเจริญเติบโต และเพิ่มจำนวนเซลล์ก่อนจากนั้นจึงใช้ประโยชน์จากโภชนาในอาหารที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Owen and Zinn (1988) ที่รายงานว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนจะมีค่าสูงขึ้นหลังจากการกินอาหาร โดยจะมีค่าสูงสุดที่เวลาไม่เกิน 4 - 6 ชั่วโมงหลังกินอาหาร ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดอะซิติกของอาหาร TMR (จากชั่วโมงที่ 0 - 4) พบว่าโคกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR3 มีปริมาณกรดอะซิติกสูงที่สุดเท่ากับ 204.13 mM/L เนื่องจากมีค่าเชื้อใยรวมในองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองสูงสุด มีค่าเท่ากับ 28.54 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง ส่วน TMR2 มีปริมาณกรดอะซิติกต่ำสุดซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณการกินได้เฉลี่ยต่อวัน ในรูปวัตถุดิบแห้งต่ำสุดคือ 4.35 กิโลกรัม

ตารางที่ 14 ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดโพรปิโอนิกในกระเพาะรูเมน

ปริมาณกรดโพรปิโอนิก (mM/L)	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
ระยะเวลา					
ชม. 0 ก่อนกินอาหาร	74.99±23.63	64.88±12.42	53.40±2.90	8.52	0.6307
ชม. 2 หลังกินอาหาร	80.25±8.75 ^a	53.74±8.13 ^b	78.34±6.49 ^{ab}	5.48	0.0730
ชม. 4 หลังกินอาหาร	113.49±25.02 ^a	42.91±5.63 ^b	80.36±6.85 ^{ab}	11.82	0.0300
เฉลี่ย	89.58±15.29 ^a	53.84±3.72 ^b	70.70±0.81 ^{ab}	6.48	0.0616

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ปริมาณกรดโพรปิโอนิก (Propionic acid)

ผลจากการตรวจวัดปริมาณกรดโพรปิโอนิกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในช่วงท้ายของการทดลองของโคที่ได้รับ TMR1, TMR2 และ TMR3 ในชั่วโมงที่ 0 ก่อนกินอาหาร มีค่าเท่ากับ 74.99, 64.88 และ 53.40 mM/L ตามลำดับ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) และเพิ่มขึ้นในชั่วโมงที่ 2 และ 4 หลังกินอาหาร มีค่าเท่ากับ 80.25, 53.74, 78.34 และ 113.49, 42.91, 80.36 mM/L ตามลำดับ (P>0.05) ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดโพรปิโอนิกจากชั่วโมงที่ 0 - 4 หลังกินอาหาร มีค่าเท่ากับ 89.58, 53.84 และ 70.70 mM/L ตามลำดับ โดยโคกลุ่มที่ได้รับ TMR1 มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดโพรปิโอนิกสูงสุดและกลุ่มที่ได้รับ TMR2 มีค่าเฉลี่ยปริมาณกรดโพรปิโอนิกสูงสุดในขณะที่กลุ่มที่ได้รับ TMR2 มีปริมาณกรดโพรปิโอนิกต่ำสุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ดังแสดงในตารางที่ 14

ปริมาณกรดโพรปิโอนิกของโคที่ได้รับอาหาร TMR1 มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเนื่องจากอาหาร TMR1 มีมันเส้นเป็นองค์ประกอบในสูตรอาหารสูงถึง 42 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบของสูตรอาหารซึ่งประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนมากและเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตประเภทโครงสร้างน้อยจึงละลายน้ำได้ง่าย ซึ่งเป็นตัวตั้งต้นของการเกิดกรดไขมันระเหยง่ายประเภทกรดโพรปิโอนิกกับ TMR1 มีปริมาณเชื้อราวมซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองเพียง 11.9 เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ ซึ่งมีค่าต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ TMR2 และ TMR3 โดย Kranse et al. (2002) รายงานว่าปัจจัยที่มีผลต่อ

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยง่ายในกระเพาะรูเมน คือแหล่งอาหารหยาดและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายในกระเพาะรูเมน ซึ่งสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่สัตว์ได้รับ คือ หากได้รับอาหารหยาดสูงการหมักย่อยในกระเพาะรูเมนจะให้ผลผลิตเป็นกรดอะซิติกในสัดส่วนที่สูงตามไปด้วย

ตารางที่ 15 ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่อปริมาณกรดบิวทีริกในกระเพาะรูเมน

ปริมาณกรดบิวทีริก (mM/L)	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
ระยะเวลา					
ชม. 0 ก่อนกินอาหาร	66.16±14.05	40.67±11.61	53.66±4.78	6.49	0.3018
ชม. 2 หลังกินอาหาร	96.59±9.06 ^a	23.99±5.97 ^c	67.03±7.95 ^b	9.86	0.0003
ชม. 4 หลังกินอาหาร	110.04±15.11 ^a	30.32±5.97 ^c	76.36±7.44 ^b	11.22	0.0013
เฉลี่ย	90.93±8.34 ^a	31.66±6.03 ^c	65.68±4.42 ^b	8.06	0.0004

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ปริมาณกรดบิวทีริก (Butyric acid)

ผลจากการตรวจวัดปริมาณของกรดบิวทีริกในของเหลวจากกระเพาะรูเมนในช่วงท้ายของการทดลองของโคที่ได้รับ TMR1, TMR2 และ TMR3 ในช่วงเวลาที่ 0 ก่อนกินอาหารพบว่ามีค่าเท่ากับ 66.16, 40.67 และ 53.66 mM/L ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่าเฉลี่ยปริมาณกรดบิวทีริกของอาหาร TMR (จากช่วงเวลาที่ 0 - 4) มีค่าเท่ากับ 90.93, 31.66 และ 65.68 mM/L ตามลำดับ โดยโคกลุ่มทดลองที่ได้รับ TMR1 มีค่าเฉลี่ยกรดบิวทีริกสูงสุดในขณะที่กลุ่มที่ได้รับ TMR2 มีปริมาณกรดบิวทีริกต่ำสุด ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01) ดังแสดงในตารางที่ 15

อัตราการเจริญเติบโต และอัตราการแลกน้ำหนัก

อัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/ตัว/วัน) ของโคทดลองตลอดระยะเวลาการทดลอง 12 สัปดาห์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดการทดลองเท่ากับ 1.14, 0.13 และ 1.40 กิโลกรัม/ตัว/วัน สำหรับโคที่ได้รับอาหาร TMR1, TMR2 และ TMR3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 16 ในขณะที่อัตราการแลกน้ำหนักเฉลี่ยตลอดการทดลองของโคกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 มีค่าเท่ากับ 9.40, 27.41 และ 13.34 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 17 โคทดลองที่ได้รับอาหาร TMR1 และ TMR3 มีอัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกน้ำหนักดีกว่าโคทดลองในกลุ่มที่ได้รับอาหาร TMR2 ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากโคในกลุ่ม TMR2 มีปริมาณการกินได้ในรูปของวัตถุดิบแห้งต่ำสุดและขณะเดียวกันอาหาร TMR2 ยังขาดวิตามินและแร่ธาตุต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตเนื่องจากไม่มีการใส่พรีมิกซ์หรือแร่ธาตุรวมในสูตรอาหารส่งผลให้โคทดลองได้รับโภชนาไม่เพียงพอต่อความต้องการเพื่อนำใช้ในการสร้างผลผลิตเมื่อเทียบกับโคทดลองในกลุ่มอื่นๆ ปัญหาสำคัญของการหมักเปลือกสับปะรดร่วมกับยูเรียและวัตถุดิบโปรตีนอื่นๆ เพื่อเพิ่มระดับโปรตีนเป็นอาหารผสมเสร็จ (TMR2) คือความชื้นที่ไม่เหมาะสมของวัตถุดิบอาหารหมักทั้งก่อนและหลังการหมักและความน่ากินที่เสียไปเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการหมักโดยยูเรียที่เป็นวัตถุดิบที่เสริมเข้าไปในสูตรอาหารในระดับสูงเกิดการสลายตัวได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อนหรือความชื้นและถูกย่อยด้วยเอนไซม์ยูรีเอส (enzyme ureas) ของจุลินทรีย์ได้เป็นแอมโมเนียและคาร์บอนไดออกไซด์อย่างรวดเร็วซึ่งมีสถานะเป็นแก๊สที่สัตว์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (พันทิพา, 2547)

ปริมาณการกินได้ในรูปวัตถุดิบแห้งที่ต่ำเกิดจากอาหารหมักที่มีความชื้นสูงและการสะสมของผลผลิตแอมโมเนียที่ทำให้เกิดกลิ่นฉุนที่ส่งผลให้ความน่ากินของอาหารหมักลดลงดังรายละเอียดที่ได้กล่าวมาแล้วในบทวิจารณ์ข้างต้นจึงเป็นปัจจัยหลักที่มีผลกระทบโดยตรงต่อสมรรถภาพการผลิตของสัตว์ในการทดลองในครั้งนี้

ตารางที่ 16 ผลของอาหารผสมเสร็จชนิดต่างๆ ต่ออัตราการเจริญเติบโต (กิโลกรัม/ตัว/วัน) และ น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงตลอดการทดลอง

ลักษณะที่ศึกษา	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
น้ำหนักเริ่มทดลอง (กก.)	401±19.34	347.50±17.39	383.25±26.42	13.04	0.2506
น้ำหนักสุดท้ายทดลอง (กก.)	503.75±25.53 ^a	359.50±9.72 ^b	509.25±30.24 ^a	24.25	0.0022
น้ำหนักตัวเปลี่ยนแปลง (กก.)	102.75±14.26 ^a	12.00±8.26 ^b	126.00±3.85 ^a	15.68	<.0001
อัตราการเจริญเติบโต (กก./วัน)					
0 - 4 สัปดาห์	1.05±0.17 ^a	-0.34±0.09 ^b	1.15±0.10 ^a	0.21	<.0001
5 - 8 สัปดาห์	1.28±0.11 ^a	0.29±0.15 ^b	1.66±0.15 ^a	0.19	0.0002
9 - 12 สัปดาห์	1.09±0.27 ^a	0.45±0.17 ^b	1.38±0.05 ^a	0.15	0.0165
เฉลี่ยตลอดการทดลอง	1.14±0.16 ^a	0.13±0.09 ^b	1.40±0.04 ^a	0.17	<.0001

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางที่ 17 อัตราการแลกน้ำหนัก (กิโลกรัม)

ระยะเวลาทดลอง	TMR1	TMR2	TMR3	SEM	P-Value
0-4 สัปดาห์	10.02±1.86	18.28±8.40	14.65±0.65	2.80	0.5264
5-8 สัปดาห์	7.97±0.50	48.42±28.82	11.74±1.34	10.29	0.2201
9-12 สัปดาห์	10.20±2.84	15.54±5.41	13.88±0.62	1.97	0.5721
เฉลี่ยตลอดการทดลอง	9.40±1.58 ^a	27.41±9.66 ^c	13.34±0.46 ^b	3.76	0.1133

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ต้นทุนการผลิตและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของโคขุนทดลองที่ได้รับอาหารหมักผสมเสร็จ ที่มีเปลือกสับปะรดเป็นแหล่งเชื้อใย มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 18

ต้นทุนการผลิต

ค่าพันธุ์โค โคลูกผสมสายเลือดยุโรปพันธุ์กำแพงแสนเพศผู้ น้ำหนักตั้งแต่ 300 กิโลกรัมขึ้นไป ราคาโคกรัมละ 47 บาท โคกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 มีน้ำหนักเริ่มดำเนินการทดลองเฉลี่ย 401.00, 347.50 และ 383.25 กิโลกรัม คิดเป็นค่าพันธุ์โคเท่ากับ 18,847, 16,333 และ 18,013 บาท ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตาราง ที่ 18

ตารางที่ 18 ผลของการใช้เปลือกสับปะรดหมักเป็นแหล่งเชื้อใยในสูตรอาหารผสมเสร็จต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ลักษณะที่ศึกษา	TMR1	TMR2	TMR3	SEM
น้ำหนักที่เพิ่ม (กก./วัน)	1.14 ^a	0.13 ^b	1.40 ^a	0.17
อาหารสดที่กิน (กก./วัน)	10.95 ^c	13.65 ^b	18.28 ^a	0.99
ราคาอาหาร (บาท/กก.)	6.04	2.37	4.05	
ข้อมูลรายรับ - รายจ่าย				
ค่าอาหารทั้งหมด (บาท/ตัว)	5,755.29 ^b	2,910.33 ^c .00	6,662 ^a .00	495.74
ราคาโค (บาท/ตัว)	18,847.00	16,333.00	18,013.00	612.75
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ (บาท/ตัว)	736.00	736.00	736.00	
ต้นทุนทั้งหมด (บาท/ตัว)	25,338.00 ^a	19,979 ^b .00	25,411 ^a .00	949.47
น้ำหนักมีชีวิต (กก.)	503.75 ^a	359.50 ^b .00	509.25 ^a .00	24.25
ราคาขาย (บาท/ตัว)	26,19.00 ^a	18,694 ^b .00	26,481 ^a .00	1,212.41
รายได้ที่หักต้นทุนทั้งหมด (บาท/ตัว)	857.00	-1,285.00	1,070.00	
กำไร	3.38	-6.43	4.21	

หมายเหตุ SEM ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{abc} อักษรที่กำกับตัวเลขในแนวนอนแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ค่าอาหารผสมเสร็จ อาหารผสมเสร็จเมื่อเริ่มต้นการทดลองเดือน มิถุนายน 2551 อาหารในกลุ่มที่มีการใช้เปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารมีราคาต่ำกว่ากลุ่มควบคุมที่ไม่มีการใช้เปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหาร เนื่องจากราคาของเปลือกสับประรดที่มีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ที่ใช้ในการทดลองนี้มีราคา กิโลกรัมละ 1.30 บาท ดังนั้นราคาอาหารผสมเสร็จ TMR1, TMR2 และ TMR3 จึงมีราคาเท่ากับ 6.04, 2.37 และ 4.05 บาทต่ออาหาร 1 กิโลกรัม ตามลำดับ

โคขุนทดลองในกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 มีอัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.14, 0.13 และ 1.40 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยปริมาณการกินอาหารในรูปของน้ำหนักสดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.59, 13.65 และ 18.28 กิโลกรัม/วัน ตามลำดับ ดังนั้นในแต่ละกลุ่มการทดลองมีต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม เท่ากับ 56.78, 64.96 และ 54.03 บาท ตามลำดับ ค่าอาหารที่กินได้ทั้งหมดตลอดช่วงระยะเวลาการทดลองในแต่ละกลุ่มการทดลองพบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5,755.29, 2,910.33 และ 6,662.00 บาท/ตัว ตามลำดับ

ค่าใช้จ่ายอื่นๆ คำนวณจากตารางการประมาณการต้นทุนการเลี้ยงโคขุนของกรมปศุสัตว์ (2548) ได้แก่ ค่าแรงงานเท่ากับ 3 บาท/ตัว/วัน ใช้เวลาในการขุนทั้งหมด 90 วัน ดังนั้นค่าแรงงานในการขุนโคเท่ากับ 270 บาท/ตัว, ค่าเวชภัณฑ์ 200 บาท/ตัว, ค่าขนส่ง 166 บาท/ตัว และค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่นค่าน้ำ, ค่าไฟฟ้าและค่าเสื่อมโรงเรือนเท่ากับ 122 บาท/ตัว ดังนั้นค่าใช้จ่ายอื่นๆ เท่ากับ 736 บาท/ตัว

ดังนั้นต้นทุนทั้งหมดในการขุนโคทดลองในกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 เฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 25,338, 19,979 และ 25,411 บาท/ตัว ตามลำดับ โดยที่กลุ่ม TMR2 มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำที่สุด รองลงมาคือ TMR1 และ TMR3 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

รายรับจากการจำหน่ายโคขุน

ราคาจำหน่ายโค โคขุนทดลองในกลุ่ม TMR1, TMR2 และ TMR3 มีน้ำหนักมีชีวิตก่อนเข้าโรงฆ่าสัตว์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มการทดลองเท่ากับ 503.75, 359.50 และ 509.25 กิโลกรัมตามลำดับ เนื่องจากโคขุนทดลองทุกตัวในทุกกลุ่มการทดลองมีน้ำหนักมีชีวิตเกิน 350 กิโลกรัม ดังนั้นจึงสามารถขายได้ในราคาน้ำหนักมีชีวิต กิโลกรัมละ 52 บาท ดังนั้นราคาน้ำหนักของโคมีชีวิตในแต่ละกลุ่มการทดลองมีค่าเท่ากับ 26,195, 18,694 และ 26,481 บาท/ตัว ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

รายได้จากการจำหน่ายโค รายได้เฉลี่ยต่อตัวจากการจำหน่ายโคขุนทดลองในกลุ่ม TMR1 TMR2 และTMR3 หลังจากหักต้นทุนทั้งหมดแล้วมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 857, -1,285 และ1,070 บาท/ตัว และมีกำไรเฉลี่ย/ตัวเท่ากับ 3.38, -6.43 และ4.21 เปอร์เซ็นต์ โดยกลุ่ม TMR3 มีรายได้เมื่อหักต้นทุนทั้งหมดและเปอร์เซ็นต์กำไร/ตัว มากที่สุด รองลงมาคือกลุ่ม TMR1 ซึ่งตรงกันข้ามกับ TMR2 ซึ่งเป็นผลจากการเลี้ยงทำให้ขาดทุนเนื่องจากโคไม่โตโดยมีค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การทดลองที่ 1 การศึกษาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของเปลือกสับประดหมักและอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเยื่อใย

คุณภาพและคุณค่าทางโภชนาการของอาหาร

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีในรูปวัตถุแห้งของอาหารทดลองทั้ง 2 กลุ่มการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยของความเป็นกรด - ด่าง (pH), คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ง่าย แอมโมเนีย - ไนโตรเจน, กรดอะซิติกและกรดแลคติกของทุกกลุ่มการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) แต่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของเปลือกสับประดหมักอย่างเดียวมีค่าต่ำสุดที่ 12.53 เปอร์เซ็นต์และมีการเปลี่ยนแปลงโปรตีนในระหว่างการหมักต่ำสุด ในขณะที่ค่าปริมาณกรดแลคติกและผนังเซลล์รวม (NDF) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) เนื่องจากสับประดหมักเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ไม่มีส่วนผสมของวัตถุดิบอื่นๆ จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและมีค่าโปรตีนต่ำสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอาหารผสมเสร็จควบคุมและอาหารเปลือกสับประดหมักผสมเสร็จ

การทดลองที่ 2 การศึกษาการใช้อาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบเยื่อใยต่อประสิทธิภาพการผลิตของโคขุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

องค์ประกอบทางเคมีของอาหาร

ผลการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีในรูปวัตถุแห้งของอาหารทดลองทั้ง 3 สูตร พบว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง, โปรตีน, ไขมัน, เยื่อใยรวม, ผนังเซลล์รวมและลิกโนเซลลูโลสของอาหารทุกกลุ่มการทดลองพบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน แต่พลังงานรวมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยวัตถุแห้งของอาหารหมัก TMR2 มีค่าต่ำสุดที่ 31.9 เปอร์เซ็นต์และมีการสูญเสียโปรตีนในระหว่างการหมักสูงสุด โดยที่อาหารควบคุม TMR1 ซึ่งเป็นอาหารผสมเสร็จที่ไม่ผ่านขบวนการหมักเป็นอาหารกลุ่มเดียวที่มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงสุดและมีค่าโปรตีนใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณไว้เบื้องต้นในสูตรอาหาร

ค่าชีวเคมีในเลือดและกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนของโคขุน

ปริมาณกลูโคสในเลือดและปริมาณยูเรีย - ไนโตรเจนในเลือดจากโคทดลองหลังจากที่ได้รับอาหารทดลองทั้ง 3 สูตรที่เวลา 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหาร 2 และ 4 ชั่วโมงหลังกินอาหาร มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) โดยค่าความเป็นกรด - ด่าง (pH) หลังได้รับอาหารทดลอง 2 และ 4 ชั่วโมง มีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยมีค่าสูงสุดในโคที่ได้รับอาหาร TMR2 แต่อย่างไรก็ตามยังเป็นค่าที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการหมักย่อยอาหารของจุลินทรีย์กลุ่มที่ย่อยเยื่อใย ส่วนค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน มีค่าสูงสุดหลังกินอาหาร 2 ชั่วโมง และลดลงตามระยะเวลาการหมักที่ผ่านไป โคในกลุ่ม TMR2 แสดงค่าความเข้มข้นของแอมโมเนีย - ไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนที่ 0 ชั่วโมงก่อนกินอาหารต่ำสุด แสดงถึงการได้รับโปรตีนในสูตรอาหารและค่าที่แสดงถึงการย่อยสลายโปรตีนตลอด 24 ชั่วโมง ก่อนได้รับอาหารอีกครั้งในรอบวันต่อไปในระดับที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มอื่นๆ

สมรรถภาพการผลิตของโคขุน

ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสุดท้าย, น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลง, ปริมาณการกินได้ของวัตถุดิบแห้ง, อัตราการเจริญเติบโตและอัตราการแลกน้ำหนักในโคทุกกลุ่มทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยโคในกลุ่มที่ได้รับอาหารหมักผสมเสร็จ TMR2 มีสมรรถภาพการผลิตต่ำสุด ขณะที่โคที่ได้รับอาหารผสมเสร็จ TMR3 ที่มีเปลือกสับประดหมักเป็นแหล่งเยื่อใยผสมกับอาหารชั้นในอัตราส่วน 60: 40 ก่อนให้สัตว์ทดลองกินให้ผลเทียบเท่ากับอาหารควบคุมในทุกพารามิเตอร์ที่วัดและสามารถลดต้นทุนในการผลิตโคขุน โคส่งผลให้มีกำไรสูงสุด

จากผลการทดลองทั้ง 2 การทดลองในครั้งนี้พบว่าอาหารหมักผสมเสร็จโปรตีนต่ำที่มีเปลือกสับประดเป็นแหล่งเยื่อใยเสริมด้วยอาหารชั้นในอัตราส่วน 60: 40 โดยผสมเป็นอาหารผสมเสร็จก่อนให้โคกินมีคุณภาพดีและทำให้ประสิทธิภาพการย่อยได้ของผนังเซลล์มีค่าสูงเมื่อนำมาเลี้ยงโคขุน มีผลทำให้สมรรถภาพการผลิตให้ผลเทียบเท่ากับอาหารควบคุมในทุกพารามิเตอร์ที่วัดและสามารถลดต้นทุนในการผลิตโคขุนส่งผลให้มีกำไรสูงสุด ดังนั้นเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องเก็บรักษาคุณภาพของพืชหมักที่มีเหลือใช้ในฤดูกาลให้ผลผลิตเพื่อเก็บไว้ใช้ในฤดูขาดแคลนพืชอาหารสัตว์ การทำเปลือกสับประดหมักจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการเก็บรักษาและคงคุณภาพของเปลือกสับประดเอาไว้แต่เนื่องจากเปลือกสับประดหมักมีองค์ประกอบโปรตีนค่อนข้างต่ำจึงควรนำมาปรับปรุงคุณภาพโดยหมักร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์อื่นๆ เป็นอาหารหมักผสมเสร็จเพื่อเพิ่มระดับโปรตีน โดยระดับโปรตีนที่เพิ่มขึ้นของเปลือกสับประดหมักผสมเสร็จควรมีค่าไม่เกิน

7 เปอร์เซ็นต์ และหากต้องการเพิ่มระดับโปรตีนขึ้นไปอีกจนถึง 15 เปอร์เซ็นต์ สามารถเสริมด้วยอาหารชั้นในอัตราส่วนอาหารหยาบ: อาหารชั้น 60: 40 ซึ่งเหมาะสมเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของโคขุนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การใช้เปลือกสับประรดหมักเป็นแหล่งวัตถุดิบเชื้อใยและคาร์โบไฮเดรตที่มีคุณภาพสำหรับการผลิตสัตว์เคี้ยวเอื้องเพื่อให้ได้รับผลตอบแทนสูงควรคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่างที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ควรศึกษาคุณภาพซาก, เนื้อสัมผัสและรสชาติของโคขุนพันธุ์กำแพงแสนที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นแหล่งเชื้อ

2. เนื่องจากเปลือกสับประรดมีโปรตีนและวิตามินแร่ธาตุบางชนิดต่ำในการใช้เปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารจึงควรผสมแร่ธาตุและวิตามินหรือพรีมิกซ์ในสูตรอาหารด้วยเพื่อให้โคแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตสูงสุดจากการนำผลพลอยได้จากสับประรดไปเลี้ยงสัตว์อย่างมีประสิทธิภาพ

3. เนื่องจากเปลือกสับประรดสดมีความชื้นสูง โดยความชื้นมีผลต่อปริมาณการกินได้ที่ต่ำทำให้สัตว์ได้รับโภชนาไม่เพียงพอต่อการให้ผลผลิตสูงสุดและมีประสิทธิภาพก่อนที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในสูตรอาหารจึงควรมีควรตากเพื่อลดความชื้นลงให้อยู่ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ และยังคงปริมาณกรดตลอดจนทำให้มีกลิ่นของแอลกอฮอล์เล็กน้อยโคจะชอบกินมากกว่าเปลือกสดที่ออกจากโรงงานใหม่ๆ

4. จากผลการทดลองในครั้งนี้การใช้อาหารผสมเสร็จ 7 เปอร์เซ็นต์โปรตีน ที่มีเปลือกสับประรดหมักเป็นแหล่งเชื้อใยผสมกับอาหารชั้นในอัตราส่วน 60 : 40 มีความเหมาะสมที่สุดเพื่อนำไปใช้ขุนโคพันธุ์กำแพงแสน โดยสามารถให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่ดีกว่าตลอดจนเป็นการแก้ไขปัญหาขาดแคลนอาหารหยาบในฤดูแล้งและเป็นการใช้ประโยชน์จากเปลือกสับประรดอย่างมีประสิทธิภาพ

5. หากต้องการทำอาหารหมักผสมเสร็จโปรตีนสูงที่มีการหมักเปลือกสับประรดร่วมกับวัตถุดิบโปรตีนหลายอย่างและยูเรียพร้อมกัน ต้องระวังในขั้นตอนการหมักหรือควรคัดเลือกวัตถุดิบ

โปรตีนที่ไม่มีผลทำให้คุณภาพของอาหารหมักด้อยลงอันเนื่องมาจากการเกิดผลผลิตหรือการเปลี่ยนแปลงที่ไม่ต้องการที่เกิดขึ้นในระหว่างขั้นตอนการหมัก

มีความเป็นไปได้ในการพัฒนาคุณภาพของเปลือกสับปะรดให้ดียิ่งขึ้น โดยเฉพาะการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการหมักร่วมกับวัตถุดิบอื่นหลายชนิดให้เป็นอาหารหมักผสมเสร็จโปรตีนสูง แต่ต้องคำนึงถึงวิธีการและแนวทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อให้การใช้เปลือกสับปะรดมีประสิทธิภาพสูงสุดและเป็นทางเลือกเพื่อลดต้นทุนการผลิตอาหารสัตว์สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป



เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมปศุสัตว์. 2548. **ต้นทุนในการเลี้ยงโคขุน. (ปี 2547/2548).** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา:

<http://www.dld.go.th/ict/yearly/yearly48/index.html>, 18 กรกฎาคม 2551

จารุพันธ์ ทองแถม. 2526. **สับประรดและอุตสาหกรรมสับประรดในประเทศไทย.** ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 158 หน้า

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา, รักไทย อินทรสุขศรี, สุทิน ภูงวัณเมือง, กิจจา เกษรสุคนธ์, เสาวคนธ์ โรจนสถิตย์ และ ภาณุเดช สุทัศน์ ณ อยุธยา. 2524. การศึกษาเปรียบเทียบการใช้หญ้าสดกับเปลือกสับประรดเป็นอาหารโค. ใน รายงานผลการวิจัยสาขาผลิตปศุสัตว์. ครั้งที่ 4 กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 76-85.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2532. การใช้เปลือกสับประรดเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการด้านการปศุสัตว์. ครั้งที่ 7 ณ ห้องประชุมกรมป่าไม้ บางเขน, กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 1-2.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2541. อาหาร TMR “กับการเลี้ยงโคนม - โคเนื้อ”. ใน เอกสารเผยแพร่ความรู้และบริการด้านอาหารสัตว์. เดือนมิถุนายน กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 1-2.

จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา และ ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์. 2542. การใช้จุลินทรีย์เสริมอาหารหยาดสำหรับโครีดนมในฟาร์มเกษตรรายย่อย. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 133-142.

จีระชัย กาญจนพุดติพงศ์. 2549. **การจัดการฝูงโคนม.** ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 230 น.

จีระสิทธิ์ สงค์ประเสริฐ. 2529. **การขุนโค กระบือ.** สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้, เชียงใหม่. 125 น.

ฉลอง วชิราภากร, เมธา วรรณพัฒน์, นิโรจน์ ศรสูงเนิน, กรุง วิลาชัย, ภัทยา ภาคมฤค และ นนทศักดิ์ เปี่ยมผล. 2547. ผลของระดับซังข้าวโพดในอาหารผสมสำเร็จต่อการให้ ผลผลิตในโคนม. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ ประจำปี 2547 สาขาสัตว ศาสตร์/สัตว์บาล. วันที่ 27-28 มกราคม พ.ศ. 2546 คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. น. 214-223.

ชวนิศนดากร วรวรรณ. 2523. การใช้กากสับประรดเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง. ใน รายงานการ ประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 18 สาขาสัตว. วันที่ 29-31 มกราคม 2522. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 45-46.

ชาญวิทย์ แก้วตาปี. 2548. การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ. ปัญหาพิเศษ ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไชยวรรณ วัฒนจันทร์, เมธา วรรณพัฒน์, ศักดิ์สิทธิ์ จันทร์ไทย, สมศักดิ์ สร้างบิน และ ฉลอง วชิราภากร. 2533. การเปรียบเทียบแบคทีเรียที่สลายเซลลูโลสในกระเพาะหมักของ กระบือปลักและโค. ใน รายงานการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สาขาสัตว ครั้งที่ 28. วันที่ 29 ก.พ. - 31 ม.ค. 2533 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 239-249.

ทรงศักดิ์ ตันพิพัฒน์. 2519. การใช้สับประรดและยูเรียเป็นอาหารเสริมแก่โคพื้นเมือง. วิทยานิพนธ์ ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่. 357 น.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล และ สมคิด พรหมมา. 2543. การปรับปรุงคุณภาพและการเก็บถนอม อาหารหยาบ. ใน เอกสารประกอบสอนชุดวิชาหลักโภชนศาสตร์และอาหารสัตว์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช, กรุงเทพฯ. น. 192-205.

- บุญเหลือ เร่งศิริกุล. 2529. การทำหญ้าหมัก. ใน เอกสารประกอบการอบรมจุลินทรีย์กับการพัฒนา
การเกษตร. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 19 น.
- บุญฤา วิไลพล. 2536. พืชอาหารสัตว์เขตร้อนและการจัดการ. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 274 น.
- ปราโมทย์ แพงคำ. 2541. ผลของอาหารคาร์โบไฮเดรตและ/หรือโปรตีนไหลผ่านต่อปริมาณการกิน
ได้อย่างอิสระ ความสามารถในการย่อยได้ และกระบวนการหมักในกระเพาะรูเมนในโคนม.
ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 101 น.
- ปรารณา พุกษะศรี. 2533. เกร็ดความรู้เรื่องการใช้เลี้ยงโคเนื้อ. ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 226 น.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, เถลิงศักดิ์ โนนทวงศ์ และ จินดา สนิทวงศ์ ณ อยุธยา. 2534. การใช้
อาหารผสมและเปลือกสับประดุนโคเป็นการค้า. ใน รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2534
กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กรุงเทพฯ. น. 41-52.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, ประเทศ ปุ้ยพันชวงศ์ และ จันทนา บุญศิริ. 2541. การใช้ใบสับประดุน
อาหารสำหรับโคขุน. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2541. กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์,
กรุงเทพฯ. น. 50-61.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, มนตรี เขวลิต และ ประเสริฐ กาลวิบูลย์. 2542. การใช้ต้นและใบสับประดุน
เสริมหญ้าสดในอาหารโครีโคนม. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2542. กองอาหารสัตว์
กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 143-152.
- ปรัชญา ปรัชญาลักษณ์, สมศักดิ์ เกาทอง และ วิโรจน์ วนาสิทธิชัยวัฒน์. 2544. การใช้ลูกสับประดุน
เป็นอาหารหยาดสำหรับโคขุน. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544. กองอาหารสัตว์
กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 153-163.

- พรศรี ชัยรัตนบุษย์. 2531. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวบาล. คณะเกษตร.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 297 น.
- พันทิพา พงษ์เพ็ญจันทร์. 2547. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2: หลักโภชนศาสตร์และการประยุกต์.
สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 387 น.
- พิรวัฒน์ ชูเพ็ง, สมปอง สรวมศิริ, ภูริพงษ์ จิตรมะโน และ ก. ทีปลักษณ์ ระวังเหตุ. 2550. การใช้
เปลือกสับประรดหมักเลี้ยงโค ลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางอาหารของเปลือก
สับประรดหมักร่วมกับฟาง. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6. วันที่ 19-20
พฤษภาคม 2550 มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. น. 145-151.
- ภูริพงษ์ จิตรมะโน. 2549. การย่อยได้โภชนะในอาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดหมักและฟาง
ข้าวเป็นแหล่งอาหารหยาบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- มนต์ชัย ดวงจินดา และ วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2548. โปรแกรมจัดการอาหารโคนมและคำนวณสูตร
อาหารราคาต่ำสุดรุ่น KCF 2000. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์.
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 20 น.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2530. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 386 น.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี้พับบลิชชิง จำกัด ภาควิชาสัตวศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, กรุงเทพฯ. 437 น.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2540. โคนมกับวิกฤติการณ์อาหาร โคนม: ปัญหาและการแก้ไข. วารสาร โคนม.
สำนักพิมพ์ฟันนี้พับบลิชชิง จำกัด, กรุงเทพฯ. 68 น.
- วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง และ วิภา ตั้งนิพนธ์. 2528. ส่วนประกอบทางเคมีของวัสดุเหลือใช้
บางอย่างจากโรงงานอาหารกระป๋องสำหรับใช้เป็นอาหารสัตว์. เอกสารเผยแพร่อัดสำเนา
กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 13 น.

วิโรจน์ ภัทรจินดา. 2546. โคนม. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 435 น.

วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2537. พืชอาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์บางพระ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ชลบุรี 206 น.

สมคิด พรหมา, สมเพชร ต้อยรัมย์, วิสุทธิ์ หิมารัตน์, พลิตเดช พูลสุข, อรวรรณ สุภาพ และ นิพนธ์ วิทยากร. 2535. การใช้เปลือกสับประรดหมักมันสำปะหลังเส้นร่วมกับฟางข้าวที่ได้รับการปรุงแต่งคุณภาพแล้วหรือฟางข้าวธรรมดาในการเลี้ยงโคนมรุ่นลูกผสมขาว - ดำ: ผลของการเจริญเติบโตและคุณภาพซาก. ใน รายงานผลการวิจัยโคนม.สถาบันพัฒนาฝึกอบรมและวิจัยโคนมแห่งชาติ. กองบำรุงพันธุ์สัตว์ กรมปศุสัตว์, เชียงใหม่. น. 50-60.

สมจิตร ถนอมวงศ์วัฒน์. 2549. การศึกษาคุณภาพของไซเลจต่อโครีดนม. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมบัติ ตงเต้า, สมเกียรติ นวลละออง และ ศศิธร วสุนันต์. 2534. การรวบรวมพันธุ์และศึกษาพันธุ์สับประรด. ใน รายงานผลการวิจัยปี 2534: ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. น. 460-467.

สายัณฑ์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 336 น.

โสภณ ชินเวโรจน์, สมศักดิ์ เกาทอง และ วิโรจน์ วนาสีทรชัยวัฒน์. 2544. การใช้อาหารผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นส่วนประกอบสำหรับโครีดนม. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2544 กองอาหารสัตว์. กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. น. 246-256.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2548. สถานการณ์การผลิตสับประรด. (ปีเพาะปลูก 2547/2548). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th/mis/predict/forecast/pineapple47.htm> 18 กรกฎาคม 2549.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สับประรด: ผลการพยากรณ์การผลิตปี 2549. การพยากรณ์
ผลผลิตการเกษตร. กรุงเทพฯ. 21(1): 62.
- อารยะ ทยประวัตติ. 2537. การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่ออุปสงค์การสั่งเข้าสับประรดกระป๋อง
ของไทยและการพยากรณ์อุปสงค์ของประเทศคู่ค้าสำคัญ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 98 น.
- อังคณา หาญบรรจง และ ดวงสมร สีนเจิมศิริ. 2532. การวิเคราะห์และประเมินคุณภาพ
อาหารสัตว์. ภาควิชาสัตวบาล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 159 น.
- AOAC. 1990. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical
Chemists.** 15th ed, Association Analytical Chemists, Washington. DC.
- Bolsen, K.K., J.L, Curtis, C.J. Lin and J.L. Dickerson. 1990. Silage inoculants and indigenous
micro flora with emphasis on alfafa. pp 431-443. **In Biotechnology in the in feed
industry proceeding of Alteoh's sixth annual symposium.** Kentucky: Altech Technology
Publication.
- Brancs, R.F. 1969. Collaborative research with the two stage in vitro technique. **Proceedings
National Conference on Forages Quality Evaluation and Utilization**, Nebraska. 365p.
- Byer, F.M. and A.L. Moxon. 19880. Protein and selenium levels for growing and finising beff cattle.
J. Anim. Sci. 50: 1136-1144.
- Chaplin, M.F. and J. F. Kennedy. 1994. **Carbohydrate Analysis.** 2nd edition. Oxford U Press
Inc, N.Y. 450 p.
- Church, D.C. 1979. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants.** Vol. II O&B Book,
Inc., Corvallis, Oregon, U.S.A.

- Church, D.C. 1983. **Digestive Physiology and Nutrition of Ruminants**. V.I. O & B Books, Inc, Corvallis, Oregon, U.S.A. Schalk, A.F. and R.S. Amadon. 1928. North Dakota Bull. No. 216.
- Crocker, C.L. 1967. Rapid determination of urea nitrogen in serum or plasma without deproteinization. **American J. Med Tech.** 33:361.
- Davies, D.R., R.J. Merry, A.P. Williams, E.L. Bakewell, D.K. Leemans and J.K.S. Tweed. 1998. Protolysis during ensilage varying in soluble sugar content. **J. Dairy. Sci.** 81:444-453.
- Dawson, J.M., G, M.R. Grathead, J. Chigon, D.L. Hachey, P.J. Reeds, Pell and P.J. Buttery. 1998. The interaction between nutrition status and growth hormone in young cattle differential responsiveness of fat and protein metabolism. **British J. Nutri.** 79:275-286.
- Devendra, V.C. 1988. **Non conventional feed resource in Asia and Pacific advance in availability and utilization**. International Development Research Center, Singapore. 151 p.
- Dewar, W.A., P. McDonald and R. Whittenbury. 1963. The hydrolysis of grass hemicelluloses during ensilage. **J. Sci Food Agric.** 14: 411-417.
- Erwin, E. S., G.J. Marco and E.M. Emery. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. **J. Dairy Sci.** 44: 1768-1771.
- Ferguson, J.D., D.T. Galligen, T. Blanchard and M. Reeves. 1993. Serum urea nitrogen and conception rate: The usefulness of test information. **J. Dairy Sci.** 76:3742-3746.
- Frame, J. 1994. **Improve Grassland Management**. Framing press books: United Kingdom.
- Georing, H. K. and P.J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. USDA, Agricultural Research Service. **Agricultural Handbook No.379**. Washington, DC.

- Grummer, R.R. and J.H. Clark. 1982. Effect of dietary nitrogen solubility on lactation performance and protein and dry matter degradation in situ. **J. Dairy Sci.** 65: 14321-1444.
- Haigh, P.M. 1987. The effect of dry matter content and silage additives on the fermentation of grass silage on commercial farms. **Grass and Forage Science.** 42: 263-271.
- Hammond, A.C. 1983. Effect of dietary protein level, ruminal protein solubility and time after feeding on plasma urea nitrogen and relationship of plasma urea nitrogen to other ruminal and plasmaparameters. **J. Anim. Sci.** 57: 435.
- Heron, S.J.E, R.A. Edwards and P. Philips. 1989. Effect of pH on the activity of ryegrass *Lolium multiflorum* proteases. **J. Sci Food Agric.** 72: 2554-2564.
- Hodge, S. E. and B. T. Hofreiter. 1962. Determination of reduced sugar and Carbohydrate, p. 380-394, *In* R. L. Whistler and M. L. Wolfrom (eds). **Method in Carbohydrate Chemistry.** Academic Press, New York.
- Holter, J.B. and W.E. Urban, Jr. 1992. Water partitioning and intake prediction in dry and lactating Holstein cows. **J. Dairy. Sci.** 75: 1472-1479.
- Hungate, R.E. 1966. **The rumen and Its Microbes.** USA. Academic Press, New York, U.S.A.
- Hunter, R.A, B.L. McIntyre and R.J. McIlroy. 1970. Water-Soluble Carbohydrates of Tropical Pasture Grasses and Legumes. **J. Sci. Fd. Agric.** 21: 400-405.
- Jones, C.M., A.J. Heinrichs, G.W.Roth. and V.A.Ishler. 2004. **From harvest to feed: Understanding silage management.** Available Source: [http://www. Cas.psu.edu](http://www.Cas.psu.edu), 15/2/2005.

- Keady, T.W. J. 1998. The production of high feed value grass silage and the choice of compound feed type to maximize animal performance. *In Biotechnology in the feed industry. Proceeding of Altech's 14th Annual Symposium.* By Lyons, T.P. and Jacques, K.A. Nottingham University press: Nottingham.
- Kellems, R.O, O. Wayman, A.H. Nguyen, J.C.Nolan, C.M. Campbell, J.R. Carpenter and E.B. Ho`a. 1979. Post-harvest pineapple plant forage as apotential feedstuff for beef cattle: evaluated by laboratory analyses, *invitro* and *in vivo* digestibility and feedlot trials. **J. Anim. Sic.** v. 48, n. 5.
- Kenneth K. Otagaki, G. P. Lofgreen, and C.Estel. 1960. Netenergy of pineapple hay when fed to lactating dairy cow. **J. Anim. Sic.** 73: 491-497.
- Kranse, K.M, D.K. Commbs and K.A. Beauchemin. 2002. Effects of forage size and gain fermentability in midlactation cow. II. Ruminal pH and chewing activity. **J. Dairy Sci.** 85: 1947.
- Kung, L.Jr. and R. Shaver. 1997. **Interpretation and use of silage fermentation analysis report.** Available Source: <http://ag.udel.edu/departments/anfs/faculty/kung/articles,3/5/2006>.
- Kung, L.Jr. 2000. **Silage fermentation and additives.** Available Source: <http://foragesoftexas.tamu.edu/pdf/silagemngt.pdf>, 15/11/2008.
- Leng, R.A., Kanjanapruthipong and N. Jessop. 1994. Climate and nutrition interactions in ruminants. *In proceedings of the first Asian Buffalo Association Congress (Eds. M. Wanapat and K. Sommart).* pp. 188-209. Khon Kaen University, Thailand.
- McDowell, R.E. 1972. **Improvement of Livestock production in warm climate.** W.H. Freeman and Company San Fransisico. 711 p.

- McDonald, L.C, H.P. Fleming and H. M. Hasson. 1990. Acid tolerance of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus*. **Applied and Environmental Microbiology**. July: 2120-2124.
- McDonald, P, A.R. Henderson, and S. J. E. Heron. 1991. **The Biochemistry of Silage**. Chalcombe Publications, 13 Highwoods Drive, Marlow Bottom, Marlow, Bucks, UK.
- McDonald, P., R.A. Edwards, J.F.D. Greenhalgh. 1992. **Animal Nutrition**. 4th edition. Longman Singapore Publishers, Singapore. 543 p.
- McDonald, P. R. A. Edward, J. F. D. Greenhalgh and C. A. Morgan. 1995. **Animal Nutrition**. 5th Longman Singapore Publisher (Pte)Ltd. Singapore.
- Mertens, D.R. and J.R. Lofton. 1980. The effects of starch on forage fiber digestion kinetic *in vitro*. **J. Dairy Sci.** 63: 1347-1355.
- Muck, R. E. 1996. **Inoculation of silage and its effects on silage quality**. Available Source: http://www.dfrc.ars.usda.gov/Research_Summaries/ind_meet/dfrc7.pdf, 8/3/2006.
- Muller, Z.O. 1978. Feeding potential of pineapple waste for cattle. **World Animal Review**. 13(1): 25-29.
- Nousiainen, J, K. J. Shingfield and P. Huntanen. 2004. Evaluation of milk urea nitrogen as a diagnostic of protein feeding. **J. Dairy Sci.** 87: 386-398.
- O' Donovan, P.B. M.C. Chen and P.K. Lee. 1972. Conservation methods and feeding value for ruminants of pineapple bran mixtures. **Trop. Agric.**, 49 (2): 135.
- Owen, F.N., N. Secrist, J. Hill and R.D. Gill. 1996. The effect of grains processing on performance of feedlot cattle. **J. Dairy Sci.** 75: 868-879.

Owen, F.N. and R. Zinn. 1988. Protein metabolism of ruminant animals, pp. 227-249. In C.C. Church. (ed.). **The ruminant Animal: Digestive Physiology and Nutrition**. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall.

Perez, C.B. and C.T. Hsu. 1973. **Farm by-products and beef production**. Fd. Fert. Tech. Cent. Ext. Bull. 32.

Prado, I.N.D, F.H. Lallo, L.M. Zeoula, S.F.C Neto, W.G.D. Nascimento and J.D.A MarQues. 2003. **performance in feedlot with levels of substituting corn silage by pineapple by-products silage**. R. Bras. Zootec, v.32, n.3, p. 737-744.

Rooke, J.A. 1990. The numbers of epiphytic bacteria on grass at ensilage on commercial frams. **J.Sci. Food Agric**. 51: 525-533.

Roseler, D.K., J.D. Ferguson, C.J. Sniffen and J. Herrema. 1993. Dietary protein degradability effect on plasma and milk urea nitrogen and milk non-protein in Holstein cows. **J. Dairy Sci**. 76: 525.

Russel, H. 2003. **Making good silage—asked question**. Available Source: [http://www.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/faq7051?Opendocument](http://www.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/faq7051?Opendocument), 25/4/2006.

SAS. 2003. **SAS/STAT User' Guide**. SAS Instiute Inc., Cary, North Carolina.

Satter, L.D. and L.L. Slyter. 1974. Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production *in vitro*. Br **J. Nutr**. 32: 199.

Seglar, B. 2003. Fermenttation analysis and silage quality testing. *In Proceeding of the Minnesota dairy health conference college of Veterinary Medicine., University of Minnesota.*

Skerman, P.J. and F.Riveros. 1990. **Tropical grasses**. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. 832 p.

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

Udin, B.E. 1978. Background to the Feedlot. Selanggor: Malaysia. **Society of Animal Production**. 32 p.

Van Soest, P. J. 1982. **Nutrition Ecology of the Ruminant**. O&B Books, Corvallis, Oregon, U. S. A. 374 p.

Van Vuuren, A., K. Bergsma, F. Frol-Kramer and J.A.C. van Beers. 1999. Effects of addition of cell wall degrading enzyme on the chemical and the in sacco degradation of grass silage. **Grass and Forage Sci**. 44: 223-231.

Vazquez-anon, M, S. Bertics, M. Luck, R.R. Grummer and J. Pinheiro. 1994. Peripartum liver triglyceride and plasma metabolism in dairy cow. **J. Dairy Sci**. 77(6): 1521-1528.

Woolford, M. K. and G. Pahlow. 1998. The silage fermentation, pp. 75-102. In B. J. B. Wood (ed.). 2nd ed, **Microbiology of Fermented foods**. T. J Intermetional Ltd, Pads tow Cornwall, UK.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด - ด่างของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประดหมัก	ความเป็นกรด - ด่าง (pH)					SEM
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	
T1	4.69±0.01 ^a	4.30±0.00 ^c	4.14±0.02 ^d	4.39±0.01 ^b	4.20±0.01 ^{cd}	0.06
T2	4.29±0.02 ^{bc}	4.19±0.02 ^c	4.36±0.01 ^b	4.23±0.01 ^{bc}	4.60±0.00 ^a	0.07

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcd} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างน้อยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวกที่ 2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณวัตถุแห้งของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประดหมัก	ปริมาณวัตถุแห้ง (%)					SEM
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	
T1	14.88±1.38 ^a	11.01±1.03 ^b	12.08±0.18 ^b	12.38±0.79 ^b	10.79±0.33 ^b	0.86
T2	29.88±1.02 ^a	25.18±4.12 ^{abc}	26.14±2.52 ^{ab}	23.84±1.91 ^{bc}	20.15±0.92 ^c	1.58

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abc} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างน้อยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวกที่ 3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโปรตีนของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประดหมัก	โปรตีน (%)					SEM
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	
T1	3.87±0.19 ^c	5.15±0.11 ^b	4.97±0.11 ^b	5.02±0.00 ^b	5.56±0.22 ^a	0.13
T2	15.04±0.75 ^c	16.73±0.22 ^{bc}	17.69±0.15 ^b	20.21±0.12 ^a	17.66±1.95 ^{ab}	0.87

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abc} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวกที่ 4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประดหมัก	กรดแลคติก (%)					SEM
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	
T1	7.21±0.00 ^b	6.31±0.00 ^b	11.11±0.52 ^a	6.91±0.52 ^b	6.01±0.52 ^b	1.19
T2	3.60±0.00 ^{bc}	3.60±0.00 ^{bc}	3.90±0.52 ^{ab}	3.00±0.52 ^c	4.50±0.00 ^a	0.24

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abc} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวกที่ 5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดอะซีติกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือก
สับประรดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประรดหมัก	ปริมาณกรดอะซีติก (%)					
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	SEM
T1	0.67±0.15 ^b	3.43±0.85 ^a	0.92±0.08 ^b	0.63±0.15 ^b	0.74±0.04 ^b	0.67
T2	2.11±0.61 ^a	0.83±0.68 ^{bc}	1.70±0.46 ^{ab}	0.78±0.58 ^{bc}	0.62±0.39 ^c	0.3

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abc} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวกที่ 6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดบิวทีริกของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือก
สับประรดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประรดหมัก	ปริมาณกรดบิวทีริก (%)					
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	SEM
T1	0.12±0.06	0.13±0.02	0.10±0.01	0.11±0.02	0.14±0.01	0.01
T2	0.12±0.01	0.12±0.02	0.12±0.01	0.13±0.03	0.17±0.06	0.01

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

ตารางผนวกที่ 7 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจนของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปรดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับปรดหมัก	แอมโมเนีย - ไนโตรเจน (%)					
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	SEM
T1	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.02±0.00 ^{ab}	0.03±0.00 ^a	0.01
T2	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.01±0.00 ^b	0.04±0.00 ^a	0.02±0.00 ^b	0.01

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{ab} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางผนวกที่ 8 การเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับปรดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับปรดหมัก	คาร์โบไฮเดรตที่ละลายน้ำได้ (%)					
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	SEM
T1	78.43±3.72 ^a	21.83±3.61 ^{bc}	19.57±0.74 ^{bc}	23.50±3.90 ^b	16.33±2.31 ^c	1.55
T2	22.83±0.70 ^a	24.80±0.70 ^a	24.50±3.01 ^a	20.10±6.48 ^{ab}	13.03±5.55 ^b	2.17

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abc} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวกที่ 9 การเปลี่ยนแปลงปริมาณผนังเซลล์ของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรด เป็นวัตถุดิบ อาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประรดหมัก	ปริมาณผนังเซลล์ (%)					
	ระยะเวลาในการหมัก (%)					
	0	7	14	21	28	SEM
T1	44.51±0.31 ^c	55.37±0.10 ^{cd}	54.35±0.54 ^d	58.77±0.32 ^a	57.23±0.42 ^{ab}	0.98
T2	39.26±0.39 ^c	46.03±0.81 ^a	42.51±0.50 ^b	43.05±0.32 ^b	43.25±0.52 ^b	1.08

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abcde} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ตารางผนวกที่ 10 การเปลี่ยนแปลงปริมาณลิกโนเซลลูโลสของอาหารหมักผสมเสร็จที่มีเปลือกสับประรดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ทั้ง 2 ทริทเมนต์ ในแต่ละระยะเวลาของการหมัก

เปลือกสับประรดหมัก	ปริมาณลิกโนเซลลูโลส (%)					
	ระยะเวลาในการหมัก (วัน)					
	0	7	14	21	28	SEM
T1	20.47±0.52 ^c	27.33±0.20 ^b	27.33±0.40 ^b	29.13±0.30 ^a	29.36±0.31 ^a	0.56
T2	24.02±0.67 ^c	24.99±0.44 ^{bc}	25.57±0.46 ^{ab}	26.33±0.41 ^a	26.24±0.66 ^{ab}	0.43

หมายเหตุ ± ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

^{abc} อักษรกำกับในพารามิเตอร์เดียวกันต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายวิสูตร ไมตรีจิตต์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	1 มิถุนายน 2526
สถานที่เกิด	อำเภอท่ายาง จังหวัดเพชรบุรี
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายจากโรงเรียนหนอง ชุมแสงวิทยา เพชรบุรี (พ.ศ. 2544) วท.บ. (สัตวบาล) มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี (พ.ศ. 2548)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ลูกจ้างโครงการศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตกระบือและโค
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

