คุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของกากส่าเหล้าในอาหารโคนม

ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
โครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2549

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ชื่อเรื่อง คุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของกากส่าเหล้าในอาหารโคนม
ชื่อผู้เขียน นางสาว ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการผลิตสัตว์
ประธานกรรมการที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบในกระเพาะรูเมนด้วยวิธีใช้ถุงไนลอน วิธีการใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) และวิธีการใช้สารบ่งชี้ (เถ้าที่ไม่ละลายในกรด) วางแผนการทดลองแบบลาตินสแควร์ (Latin Square Design) อาหารทดลองคือ อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์(สูตรที่ 3) และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) ใช้โคนมพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟรีเชียน x พื้นเมือง) เพศผู้ตอนที่ได้รับการผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างจากทางเดินอาหารบริเวณกระเพาะรูเมน จำนวน 4 ตัว

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลองพบว่ากากส่าเหล้ามีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูง มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 14.56 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในวัตถุแห้งเท่ากับ 45.25 เปอร์เซ็นต์ อาหารข้นที่มีรำละเอียด รำหยาบ และข้าวโพดบดร่วมกับกากส่าเหล้า มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในอาหารลดลง แต่มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยและไขมันสูงขึ้น

ผลการศึกษาค่าการสลายตัวของโภชนะในกระเพาะรูเมนด้วยวิธีใช้ถุงไนลอนพบว่าค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น อาหารข้นสูตรที่ 2 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์) มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในชั่วโมงที่ 48 สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 83.31, 84.19, 89.43, 77.44 และ 77.19 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ค่าศักยภาพในการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุของอาหารทดลองมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าศักยภาพในการย่อยได้ของโปรตีนและ NDF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ค่าศักยภาพในการย่อยได้ของเยื่อใยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) มีค่าศักยภาพในการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน และ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 99.98, 100, 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนค่าศักยภาพในการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 92.70 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) มีค่าศักยภาพในการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุด

ผลการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารทดลองโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้นจากชั่วโมงที่ 24 ถึงชั่วโมงที่ 48 และพบว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เยื่อใย และ NDF ในชั่วโมงที่ 48 สูงที่สุด เท่ากับ 59.42, 61.33, 90.08 และ 66.86 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 24 และ 48 มีค่าเท่ากับ 40.85 และ 48.42 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

ด้านการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารทดลองโดยใช้สารบ่งชี้ (เถ้าที่ไม่ละลายในกรด) พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 75.10, 88.82, 94.48, 83.58 และ 78.33 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

Title	Nutritive Value and Nutrient Digestibility of Distiller's Rice in Dairy Feed
Author	Miss K.Teepalak Rangabhet
Degree of	Master of Science in Animal Production
Advisory Committee Chairperson	Associate Professor Dr.Sompong Sruamsiri

ABSTRACT

This experiment was conducted to determine nutrient digestibility of distiller's rice in concentrate feeds using Latin Square Design. The four concentrate feed diets were: 100% distiller's rice (Treatment 1); 50% distiller's rice with 50% fine rice bran (Treatment 2); 50% distiller's rice with 25% fine rice bran and 25% coarse rice bran (Treatment 3); and 50% distiller's rice with 50% corn meal (Treatment 4). Rumen degradation of nutrients were measured using the nylon bag technique and *in vitro* true digestibility (IVTD) while nutrient digestibility was measured by the indicator method. Four crossbreed (Holstein-Friesian x native) steers fitted with rumen fistulation were used in this experiment to determine the digestibility of dry matter (DM), organic matter (OM), crude protein (CP), crude fiber (CF) and neutral detergent fiber (NDF).

Chemical composition showed that distiller's rice and other concentrate diets had high nutritive value with the exception of distiller's rice which had the highest crude protein (45.25% DM). However, crude protein content was decreased with supplemented rice bran (fine and coarse) or corn meal in the diets but crude fiber and crude fat content were increased.

The results from nylon bag technique revealed that DM, OM, CP, CF and NDF degradability of diets increased with incubation periods (from 2 to 48 hours). Treatment 2 (50% distiller's rice with 50% rice fine bran) had significantly higher in degradation of DM, OM, CP, CF and NDF than the others ($P<0.01$). Degradation of DM, OM, CP, CF and NDF were 83.31, 84.19, 89.43, 77.44 and 77.19%, respectively.

The potential degradability (a+b) of DM, OM, CP and NDF of distiller's rice (Treatment 1) were 99.98, 100, 100 and 100%, respectively, while the potential degradability of CF of concentrate feeds did not show any significant difference ($P>0.05$). Diet contained 50% distiller's

rice with 50% corn meal had the highest potential degradability of CF (92.70%). The concentrate containing 50% distiller's rice with 25 fine rice bran and 25% coarse rice bran had lowest potential degradability of nutrients.

In vitro true digestibility of DM, OM, CP, CF and NDF of concentrate diets increased with incubation periods (from 24 to 48 hours). Concentrate diet containing 50% distiller's rice and 50% corn meal (Treatment 4) had highest DM, OM, CF and NDF digestibilities at 48-hour incubation period. The diet containing 50% distiller's rice with 25% fine rice bran and 25% coarse rice bran was significantly ($P<0.01$) highest in CP digestibility. At 24 and 48-hour incubation periods, CP digestibilities were 40.85% and 48.42%, respectively.

The result from indicator method (acid insoluble ash; AIA) revealed that concentrate containing 100% distiller's rice (Treatment 1) had high significant difference ($P<0.01$) in DM, OM, CP, CF and NDF digestibilities than the others. The DM, OM, CP, CF and NDF digestibilities were 75.10, 88.82, 94.48, 83.58 and 78.33%, respectively.

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เกิดขึ้นจากความกรุณาและความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมปอง สรวมศิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกล ไข่คำ และ อาจารย์ ดร.วีรศักดิ์ ปรกติ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ วิธีการทำงานและแนวทางในการวิจัย ตลอดจนให้ความเอาใจใส่แก้ไขจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณโครงการบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาแม่โจ้ ที่ได้ให้การสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการวิจัย อาจารย์ไพโรจน์ ศิลมั่น และ อาจารย์อำพล วริทธิธรรม ที่ให้คำปรึกษาให้ความรู้ และคำแนะนำในการศึกษางานวิจัย และให้ความช่วยเหลือในการผ่าตัดโคทดลอง อาจารย์เผ่าพงษ์ ปูระณะพงษ์ และเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาคเทคโนโลยีทางสัตว์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำและความช่วยเหลือในการวิเคราะห์คุณค่าทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโทสาขาวิชาการผลิตสัตว์ น้อง ๆ ในสาขาวิชาโคนมและโคเนื้อ และสัตว์ทดลองทุกตัวที่ทำให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อประทีป คุณแม่เยาวลักษณ์ และน้องชาย ก.รวีวุฒิ ระงับเหตุ ที่ให้ความรัก ความอบอุ่น คอยเป็นกำลังใจและสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยด้วยดีมาโดยตลอด

ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ

พฤษภาคม 2549

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(3)
ABSTRACT	(5)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(13)
สารบัญตารางภาคผนวก	(14)
สารบัญภาพภาคผนวก	(21)
บทที่ 1 บทนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
ขอบเขตของการศึกษา	3
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	4
การผลิตเหล้ากลั่น	4
องค์ประกอบทางเคมีของกากส่าเหล้า	9
การใช้กากส่าเหล้าเป็นอาหารสัตว์	13
การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	20
การย่อยโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	23
การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์และวิธีการหาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง	25
การหาการย่อยได้ของโภชนะโดยการทดลองกับตัวสัตว์ *(in vivo* method)	27
การหาการย่อยได้โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ *(in vitro* method)	29
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	38
ระยะเวลาที่ทำการวิจัย	38
สถานที่ทำการวิจัย	38
อุปกรณ์การดำเนินงาน	38
วิธีการดำเนินการวิจัย	39

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ 47

ผลการทดลอง 47

1. คุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น 47

2. การศึกษาการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้ถุงไนลอน 48

3. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) 66

4. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้สารบ่งชี้ 74

วิจารณ์ผลการทดลอง 80

1. คุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น 80

2. การศึกษาการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้ถุงไนลอน 82

3. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) 88

4. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้สารบ่งชี้ 90

5. เปรียบเทียบการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นจากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง 91

หน้า

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ 94

สรุปผลการทดลอง 94

ข้อเสนอแนะ 96

บรรณานุกรม 97

ภาคผนวก 101

ภาคผนวก ก ภาพภาคผนวก 102

ภาคผนวก ข ตารางภาคผนวก 110

ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย 141

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1	จำนวนผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ทำและขายสุรากลั่นชุมชนตั้งแต่วันที่ 21 มกราคม 2546 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2547	8
2	คุณค่าทางอาหารของกากส่าเหล้าชนิดต่าง ๆ เทียบจากวัตถุแห้ง	10
3	องค์ประกอบทางเคมีของกากส่าเหล้าที่ได้จากการกลั่นเหล้าด้วยข้าวสาลี	11
4	กรดอะมิโนในกากส่าเหล้าชนิดต่าง ๆ	12
5	แสดงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร	14
6	ผลของการใช้กากส่าเหล้าในอาหารโคนมต่อผลผลิตและองค์ประกอบน้ำนมของโคทดลอง	16
7	ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง (%)	19
8	ค่าการสลายตัวของอินทรียวัตถุ (%)	19
9	ค่าการสลายตัวของโปรตีน (%)	20
10	จำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่พบจากถุงที่มีขนาดรูถุงต่าง ๆ	32
11	ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งจากการใช้ถุงแอนคอมและถุงดาครอน (g/kg)	36
12	ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารจากการใช้ถุงแอนคอมและถุงเอชเค (g/kg) และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารจากการใช้เครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy" เปรียบเทียบวิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963)(g/kg)	37
13	ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง	44
14	คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง	48
15	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง	49
16	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง	51
17	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารทดลอง	53
18	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุ	54
19	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนในอาหารทดลอง	56
20	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีน	58
21	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารทดลอง	60
22	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของเยื่อใย	62

ตาราง		หน้า
23	ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ NDF ในอาหารทดลอง	63
24	ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของ NDF	65
25	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารทดลองด้วยวิธี IVTD	67
26	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารทดลองด้วยวิธี IVTD	68
27	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารทดลองด้วยวิธี IVTD	70
28	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารทดลองด้วยวิธี IVTD	71
29	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ในอาหารทดลองด้วยวิธี IVTD	73
30	ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะของอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	74

สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
1	กระบวนการผลิตเหล้ากลั่น	5
2	แสดงกรรมวิธีการผลิตเหล้ากลั่น	7
3	ผลของการใช้กากส่าเหล้าต่อค่า pH ในกระเพาะรูเมน	17
4	ผลของการใช้กากส่าเหล้าต่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน	18
5	การหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน	22
6	การย่อยสลายโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) ในกระเพาะรูเมน	24
7	ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ	50
8	ค่าการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ	53
9	ค่าการสลายตัวของโปรตีนของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ	56
10	ค่าการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ	60
11	ค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ	64
12	ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารทดลองที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง	67
13	ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารทดลองที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง	69
14	ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารทดลองที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง	70
15	ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารทดลองที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง	72
16	ค่าการย่อยได้ของ NDF ในอาหารทดลองที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง	73
17	ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	75
18	ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	76
19	ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	77
20	ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	78
21	ค่าการย่อยได้ของ NDF ในอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้	79

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก		หน้า
1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	111
2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	111
3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	111
4	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	112
5	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	112
6	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	112
7	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	113
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	113
9	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	113
10	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	114
11	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	114
12	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	114
13	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	115

ตารางภาคผนวก หน้า

14	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรีย-วัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	115
15	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	115
16	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	116
17	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	116
18	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	116
19	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	117
20	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	117
21	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	117
22	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	118
23	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	118
24	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	118
25	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	119
26	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	119
27	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	119

ตารางภาคผนวก หน้า

28	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใย ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	120
29	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	120
30	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	120
31	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	121
32	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	121
33	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	121
34	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	122
35	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน	122
36	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	122
37	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	123
38	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายวัตถุแห้ง (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	123
39	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายวัตถุแห้ง (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	123
40	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่วัตถุแห้งเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	124
41	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	124

ตารางภาคผนวก หน้า

42	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	124
43	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	125
44	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอินทรียวัตถุที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	125
45	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอินทรียวัตถุที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	125
46	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	126
47	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุ(c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	126
48	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่อินทรียวัตถุเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	126
49	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	127
50	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	127
51	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	127
52	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโปรตีนที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	128
53	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโปรตีนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	128
54	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายโปรตีน (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	128
55	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายโปรตีน (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	129

ตารางภาคผนวก หน้า

56	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่โปรตีนเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	129
57	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีนที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	129
58	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีนที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	130
59	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีนที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	130
60	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของเยื่อใยที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	130
61	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของเยื่อใยที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	131
62	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายเยื่อใย (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	131
63	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายเยื่อใย (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	131
64	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่เยื่อใยเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	132
65	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายเยื่อใยที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	132
66	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายเยื่อใยที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	132
67	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายเยื่อใยที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	133
68	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของ NDF ที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	133
69	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของ NDF ที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	133

ตารางภาคผนวก หน้า

70	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลาย NDF (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	134
71	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลาย NDF (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	134
72	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่ NDF เริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	134
73	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลาย NDF ที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	135
74	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลาย NDF ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	135
75	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลาย NDF ที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด	135
76	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD	136
77	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD	136
78	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD	136
79	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD	137
80	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD	137
81	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD	137
82	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD	138
83	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD	138

ตารางภาคผนวก หน้า

84	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD	138
85	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD	139
86	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดจากวิธีการใช้สารบ่งชี้	139
87	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดจากวิธีการใช้สารบ่งชี้	139
88	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดจากวิธีการใช้สารบ่งชี้	140
89	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดจากวิธีการใช้สารบ่งชี้	140
90	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดจากวิธีการใช้สารบ่งชี้	140

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวก		หน้า
1	กากส่าเหล้าจากโรงงานกลั่นเหล้า ที่ใช้ในการทดลอง	103
2	อาหารข้นสูตรที่ 1 (กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์)	103
3	อาหารข้นสูตรที่ 2 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์)	104
4	อาหารข้นสูตรที่ 3 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์ และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์)	104
5	อาหารข้นสูตรที่ 4 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์)	105
6	โคที่ใช้ในการทดลอง	105
7	ถุงไนลอนที่พร้อมนำไปแช่บ่มในกระเพาะรูเมน	106
8	การนำถุงไนลอนเข้าแช่บ่มในกระเพาะรูเมนของโคทดลอง	106
9	การนำถุงไนลอนออกจากกระเพาะรูเมนของโคทดลอง	107
10	เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II})	107
11	โถที่ใช้ในการแช่บ่มด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II})	108
12	ถุงโพลีเอสเตอร์ที่ใช้กับเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II})	108
13	การเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนเพื่อนำไปในในกระเพาะรูเมนเทียม	109

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันความจำเป็นในการนำวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร หรืออุตสาหกรรมเกษตรเพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารสำหรับโค-กระบือนับวันจะมีบทบาทมากขึ้น เนื่องจากมีการเพิ่มปริมาณการผลิตเพื่อรองรับจำนวนประชากรของประเทศที่เพิ่มขึ้น ประกอบกับพื้นที่ที่ใช้ในการเพาะปลูกและเลี้ยงสัตว์ในปัจจุบันลดน้อยลง อันเนื่องจากการเพิ่มพื้นที่เมืองเข้าไปในพื้นที่ชนบท

โดยทั่วไปวัสดุเศษเหลือจากการเกษตรส่วนใหญ่จะมีคุณค่าทางอาหารต่ำ เนื่องจากเป็นเศษเหลือจากการผลิตพืชที่ประกอบด้วยส่วนของลำต้นและก้านใบ หรือเปลือกฝัก เช่น ข้าวโพด เปลือกฝักถั่วเหลือง และซังข้าวโพด เป็นต้น เศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเกษตรจะมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่า เนื่องจากเป็นส่วนของฝักสด หัว หรือเปลือกสด ที่ได้จากผลผลิตที่ไม่ได้มาตรฐานเพื่อการส่งออก เช่น ถั่วแระ ถั่วแขก ถั่วลันเตา แครอท และข้าวโพดฝักอ่อน เป็นต้น ส่วนใหญ่เกษตรกรที่มีปัญหาเรื่องไม่มีพื้นที่ปลูกหญ้า มักยอมที่จะซื้อเศษเหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้เพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงโคนม

กากส่าเหล้านับเป็นวัสดุเศษเหลือจากโรงงานกลั่นเหล้าแบบพื้นบ้านหรือโรงงานสุราที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรม ในแต่ละปีมีปริมาณกากส่าเหล้าที่เป็นเศษเหลือในปริมาณที่สูงมาก เมื่อคิดจากปริมาณโรงกลั่นเหล้าแบบชุมชนและผู้ผลิตรายย่อย รวมทั้งโรงงานสุราแบบอุตสาหกรรม เมื่อรัฐบาลเปิดให้มีการกลั่นเหล้าโดยเสรี ตามรายงานของกรมสรรพสามิต (2547) จากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารพบว่ากากส่าเหล้ามีค่าเฉลี่ยโปรตีนสูง โดยเฉพาะกากส่าเหล้าที่ได้จากการกลั่นเหล้าแบบพื้นบ้าน หรือการกลั่นเหล้าจากโรงกลั่นเหล้าชุมชนที่ใช้ข้าวเหนียวเป็นวัตถุดิบ โดยทั่วไปส่วนประกอบของกากส่าเหล้าคือส่วนที่ระเหยไม่ได้จากการกลั่นเหล้าซึ่งได้แก่ตัวยีสต์ เชื้อรา โปรตีน และกลีเซอรอล เป็นต้น (พฤหัส, 2529) จากการที่รัฐบาลเปิดโอกาสให้ประชาชนสามารถผลิตเหล้าได้โดยถูกกฎหมาย จึงทำให้มีการผลิตเหล้ากลั่นแบบพื้นบ้าน และแบบชุมชนเพิ่มมากขึ้นตามมา เศษเหลือจากการกลั่นเหล้าจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ในปัจจุบันเกษตรกรได้นำกากส่าเหล้ามาใช้เป็นอาหารสัตว์เพิ่มขึ้น เช่นการนำกากส่าเหล้ามาใช้เป็นแหล่งโปรตีนในอาหารสุกร และโคขุน ซึ่งนับเป็นการกำจัดเศษเหลือจากโรงงานที่สำคัญวิธีหนึ่ง (Morris and Bryce, 2000)

ด้านการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกากส่าเหล้าและอาหารที่มีส่วนผสมของกากส่าเหล้ายังมีการศึกษาน้อยมากทั้งในประเทศและต่างประเทศ การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะคือวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใยหยาบ และ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) ของกากส่าเหล้าและกากส่าเหล้าที่ผสมในอาหารข้น ด้วยวิธีศึกษาทั้ง

ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro*) และในตัวสัตว์ (*in vivo*) โดยการศึกษาในห้องปฏิบัติการใช้วิธีการศึกษาในกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) ส่วนการศึกษาในตัวสัตว์เป็นการศึกษาด้วยวิธีการใช้ถุงไนลอน และวิธีการใช้สารบ่งชี้ เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับเกษตรกรเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการใช้กากส่าเหล้าให้เกิดประโยชน์มากที่สุดในทางอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง และเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปประยุกต์ใช้กากส่าเหล้าในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณค่าทางโภชนะของกากส่าเหล้า และอาหารทดลองที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบ
2. เพื่อศึกษาการสลายตัวของโภชนะที่มีในกากส่าเหล้าและอาหารทดลองที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบ ด้วยวิธีการทดลองโดยใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique)
3. เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะที่มีในกากส่าเหล้าและอาหารทดลองที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบโดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy ^{II}) ด้วยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) แบบ batch type
4. เพื่อศึกษาการย่อยได้ของโภชนะที่มีในกากส่าเหล้าและอาหารทดลองที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบโดยวิธีใช้สารบ่งชี้ indirect method

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงคุณค่าทางโภชนะของกากส่าเหล้า เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจในการนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง
2. ทำให้ทราบถึงอัตราการสลายตัวของโภชนะในกากส่าเหล้าและอาหารทดลองที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบภายในกระเพาะรูเมน
3. ทำให้ทราบถึงปริมาณโภชนะที่ย่อยได้ของกากส่าเหล้าในสัตว์ทดลอง

ขอบเขตการวิจัย

1. การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของกากส่าเหล้าในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์
2. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกากส่าเหล้าที่ได้จากการผลิตเหล้าพื้นเมือง ที่ผลิตจากห้างหุ้นส่วนร้องขุ้มการสุราจำกัด ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับการทดลองในตัวสัตว์ โดยใช้วิธีถุงไนลอน และวิธีการใช้สารชี้บ่ง ส่วนการทดลองในห้องปฏิบัติการใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy ^{II}) ด้วยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) แบบ batch type
3. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกากส่าเหล้าและอาหารที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบ ทำการทดลองโดยใช้โคนมเพศผู้ตอนพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟรีเซียน x พื้นเมือง) อายุ 4 ปี จำนวน 4 ตัว ซึ่งแต่ละตัวถูกเจาะกระเพาะแบบถาวร (permanent rumen fistulation) แล้ว

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

การผลิตเหล้ากลั่น

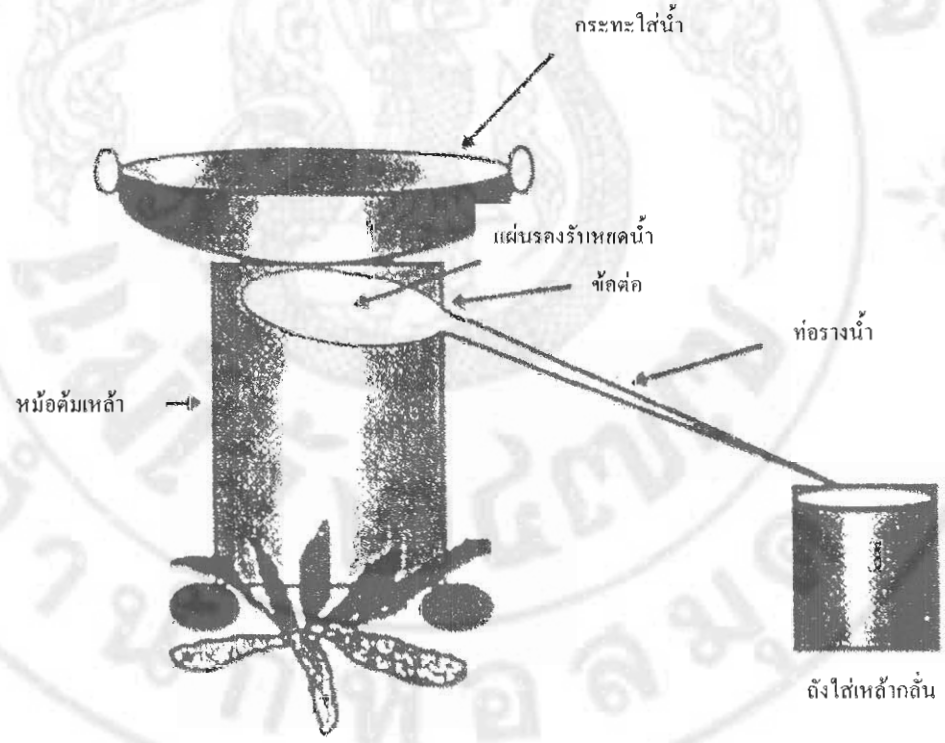
เหล้ากลั่นหรือเหล้าต้มคือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการกลั่นสาโทด้วยอุปกรณ์ง่าย ๆ ในท้องถิ่น หรืออาจกล่าวได้ว่าเหล้ากลั่นคือเหล้าอื่น ๆ ที่สามารถผลิตได้จากการหมักผลผลิตทางการเกษตรได้เกือบทุกชนิด ทั้งข้าวเหนียว ข้าวเจ้าและข้าวโพด แม้กระทั่งผลไม้ เช่น เหล้ากล้วยน้ำว้าและเหล้าลำไย เป็นต้น ในบางพื้นที่จะมีสูตรเฉพาะในการทำลูกแป้งเหล้าที่ใช้ทำเหล้ากลั่น ซึ่งไม่ได้นำไปทำเป็นสาโท เช่น เหล้าต้มของคนปกากะญอ เหล้าข้าวโพดของชนเผ่าม้ง เหล้ากลั่นผลไม้ของคนภาคใต้ และเหล้าข้าวเจ้าของคนภาคกลาง เป็นต้น เหล้ากลั่นจะมีลักษณะเป็นของเหลวใสคล้ายน้ำดื่ม น้ำกรอง หรือน้ำกลั่น มีแอลกอฮอล์ตั้งแต่ 30-70 ดีกรี มีรสร้อนแต่ออกหวานเล็กน้อยและจะมีกลิ่นหอมของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ถ้าผลิตจากข้าวจะมีกลิ่นหอมของข้าวแต่ละชนิด ถ้าผลิตจากผลไม้ก็จะมีกลิ่นหอมของผลไม้แต่ละชนิดที่ใช้ในการหมัก ปกติมีแรงแอลกอฮอล์ 35-70 ดีกรี บางแห่งแอลกอฮอล์อาจแรงมากจนจุดติดไฟได้

กรรมวิธีการกลั่นเหล้าแบบชาวบ้านต้องใช้อุปกรณ์ในการกลั่นเหล้าที่ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. หม้อต้มเหล้า ต้องใช้ถังสแตนเลสที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก ซึ่งมีหลายขนาดตั้งแต่ 40-100 ลิตร ใช้ใส่น้ำสาโทหรือน้ำเหล้าหมักอื่น ๆ
2. กระทะ ทำจากเหล็กหล่อ ใช้สำหรับใส่น้ำเย็นวางไว้บนหม้อต้มเหล้า เพื่อให้ไอน้ำกลั่นตัวเป็นหยดเหล้า
3. แผ่นรองรับหยดน้ำ มีลักษณะเป็นแผ่นคล้ายจานรูปวงรี ทำจากสแตนเลสหรือไม้ มีขอบสูงขึ้นมาปลายด้านหนึ่งแหลม เพื่อเสียบเข้ากับข้อต่อที่เชื่อมติดกับถังเหล้า ทำหน้าที่รองรับหยดน้ำให้ไหลรวมผ่านท่อรางน้ำไปสู่ภาชนะรองรับเหล้ากลั่น
4. ข้อต่อ เป็นท่อเล็ก ๆ เชื่อมติดกับตัวหม้อต้มเหล้า ทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแผ่นรองรับหยดน้ำกับท่อรางน้ำ มีรูปร่างเหมือนกรวย ด้านที่เสียบกับแผ่นรองรับหยดน้ำจะมีขนาดใหญ่กว่าด้านที่เสียบกับท่อรางน้ำ
5. ท่อรางน้ำ เป็นท่อกลม ๆ มีรูต่อจากแผ่นรองรับหยดน้ำไปสู่ถังใส่เหล้ากลั่น ยาวประมาณ 1 เมตร ส่วนใหญ่ทำด้วยไม้ไผ่

6. ภาชนะรองรับเหล้ากลั่น ต้องมีความทนความร้อน มักใช้ขวดแก้ว ไห หรือถังที่ทนความร้อน

วิธีการกลั่นเหล้าพื้นบ้าน เริ่มจากการนำน้ำเหล้าที่หมักไว้ใส่ลงไปในถัง ให้ระดับน้ำเหล้าต่ำกว่าหนึ่งคืบจากปากข้อต่อ ถ้าเป็นสาโทแล้ว ให้เอาสาโทใส่ผ้าขาวบางมัดขึงไว้เหนือน้ำหมักเหล้า จากนั้นนำกระทะวางไว้ปิดปากถังต้มเหล้า หลังจากนั้นใส่น้ำให้เต็ม และเริ่มทำการต้ม เมื่อน้ำหมักเหล้าเริ่มเดือดจะเกิดไอระเหยลอยขึ้นไปกระทบกับก้นกระทะที่มีความเย็น ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ หยดลงมาที่แผ่นรองรับหยดน้ำแล้วไหลผ่านปากข้อต่อไปสู่ท่อรางน้ำ ซึ่งไหลไปสู่ภาชนะบรรจุรองรับเหล้า ต้องคอยหมั่นคอยเปลี่ยนน้ำในกระทะอย่าให้ร้อน เพราะไอน้ำจะไม่กลั่นตัวถ้ากระทะไม่เย็นพอ กระบวนการผลิตเหล้ากลั่นแสดงในภาพ 1 (สุพัฒน์ และกำพล, 2545)



ภาพ 1 กระบวนการผลิตเหล้ากลั่น

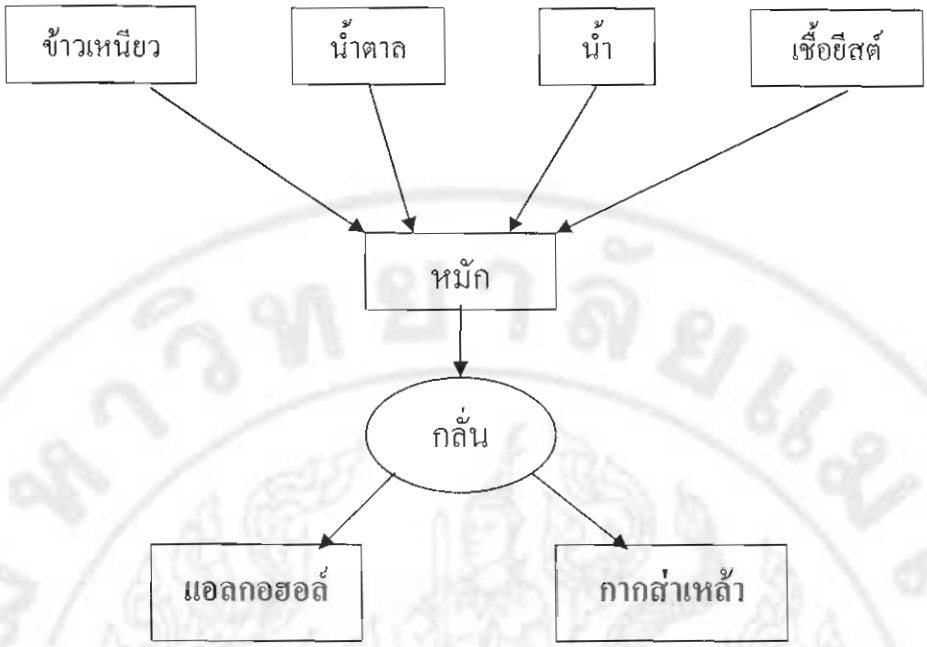
ที่มา : สุพัฒน์ และกำพล (2545)

พฤหัส (2529) กล่าวว่า การผลิตเหล้ากลั่นเป็นกรรมวิธีที่เปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ จะใช้วัตถุดิบพวกข้าว แป้ง หรือพวกผลไม้ ซึ่งหมายความว่าจะต้องเปลี่ยนจากแป้งให้เป็นน้ำตาล และเปลี่ยนจากน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์อีกทีหนึ่ง โดยทั่วไปในการผลิตแอลกอฮอล์จะมีขบวนการแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

1. แซ็คคาริฟิเคชั่น (saccharification) คือ ขบวนการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลโดยอาศัยเชื้อรา 2 สกุล คือ *Aspergillus oryzae* และ *Mucor oryzea* เชื้อราทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถผลิตน้ำย่อย (enzyme) ที่ย่อยแป้ง เพื่อเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลได้

2. เฟอร์เมนเตชั่น (fermentation) คือ ขบวนการหมักโดยใช้เชื้อยีสต์ ที่ผลิตน้ำย่อยสำหรับการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ หากวัตถุดิบที่ใช้เริ่มต้นเป็นน้ำตาลอยู่แล้วก็จะเข้าสู่ขบวนการผลิตโดยวิธีนี้ได้เลย

จากขบวนการผลิตเหล้ากลั่นจะได้ส่วนประกอบสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนที่ระเหยน้ำได้ เช่น แอลกอฮอล์ น้ำ เอสเทอร์ อัลดีไฮด์ กรดน้ำส้ม และส่วนที่ระเหยไม่ได้ ซึ่งเป็นของแข็งได้แก่ ตัวยีสต์ เชื้อรา โปรตีน กลีเซอรอล และกรดแลคติค เป็นต้น ในการกลั่นเหล้าจากข้าวเหนียว ต้องนึ่งข้าวเหนียวก่อน เพื่อให้แป้งในข้าวเหนียวเปลี่ยนเป็นแป้งที่ละลายน้ำได้ (soluble starch) จากนั้นเชื้อราจึงไปเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลได้ เมื่อแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาลแล้ว จึงเกิดขบวนการหมักโดยยีสต์ต่อไป จากนั้นเมื่อนำเอาไปกลั่นก็จะได้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ระเหยได้ และส่วนที่เรียกว่ากากส่าเหล้าซึ่งคือส่วนที่ระเหยไม่ได้นั่นเอง แผนภูมิในการผลิตเหล้าดังแสดงในภาพ 2



ภาพ 2 แสดงกรรมวิธีการผลิตเหล้ากลั่น

ที่มา : ดัดแปลงจาก พฤหัส (2529) และ Morris and Bryce (2000)

จากการที่รัฐบาลไทยได้มีประกาศอนุญาตให้ประชาชนผลิตเหล้ากลั่นหรือสุรากลั่นได้เอง โดยไม่ผิดกฎหมาย โดยมีการเก็บภาษีอากรการผลิตอย่างถูกต้องตามกฎหมาย ปัจจุบันจะเห็นได้ว่ามีจำนวนผู้ผลิตสุรากลั่นทั้งที่เป็นผู้ผลิตรายย่อยและชุมชนสูงขึ้น ซึ่งกรมสรรพสามิต (2547) ได้รายงานตามประกาศกระทรวงการคลังเรื่องวิธีการบริหารสุรา พ.ศ. 2546 (ฉบับที่ 4) พบว่าระหว่างวันที่ 21 มกราคม 2546 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2547 มีจำนวนผู้ได้รับอนุญาตทั้งสิ้น 5,363 ราย ดังแสดงในตาราง 1 เมื่อประชาชนผลิตเหล้าได้เองโดยไม่ผิดกฎหมาย เศษเหลือจากการกลั่นเหล้าจึงมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ตาราง 1 จำนวนผู้ที่ได้รับอนุญาตให้ทำและขายสุรากลั่นชุมชนตั้งแต่วันที่ 21 มกราคม 2546 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2547

ภาคที่ 1	จำนวน (ราย)	ภาคที่ 2	จำนวน (ราย)	ภาคที่ 3	จำนวน (ราย)	ภาคที่ 4	จำนวน (ราย)	ภาคที่ 5	จำนวน (ราย)
ชัยนาท	5	ชลบุรี	3	นครราชสีมา	370	อุดรธานี	73	เชียงใหม่	254
นนทบุรี	1	ฉะเชิงเทรา	9	ชัยภูมิ	47	หนองคาย	71	ลำพูน	100
ปทุมธานี	3	ปราจีนบุรี	5	บุรีรัมย์	110	หนองบัวลำภู	35	ลำปาง	562
ลพบุรี	32	ระยอง	19	สุรินทร์	104	นครพนม	42	แพร่	478
สระบุรี	11	จันทบุรี	37	ศรีสะเกษ	97	มุกดาหาร	13	น่าน	353
สิงห์บุรี	7	ตราด	18	อุบลราชธานี	181	สกลนคร	39	อุตรดิตถ์	124
อ่างทอง	15	สมุทรปราการ	8	ยโสธร	44	ขอนแก่น	82	พะเยา	247
พระนครศรีอยุธยา	6	สระแก้ว	16	อำนาจเจริญ	43	กาฬสินธุ์	48	เชียงราย	323
		นครนายก	9	ร้อยเอ็ด	66	มหาสารคาม	39	แม่ฮ่องสอน	67
						เลย	72		
รวม	80		124		1,062		514		2,508

ภาคที่6	จำนวน (ราย)	ภาคที่ 7	จำนวน (ราย)	ภาคที่ 8	จำนวน (ราย)	ภาคที่ 9	จำนวน (ราย)	สรุปภาค	จำนวน (ราย)
พิษณุโลก	173	นครปฐม	4	กระบี่	7	สงขลา	36	ภาคที่ 1	80
กำแพงเพชร	79	ราชบุรี	24	ชุมพร	38	ตรัง	26	ภาคที่ 2	124
ตาก	130	กาญจนบุรี	19	พังงา	5	พัทลุง	49	ภาคที่ 3	1,062
นครสวรรค์	40	เพชรบุรี	9	ภูเก็ต	0	สตูล	7	ภาคที่ 4	514
พิจิตร	34	สมุทรสงคราม	3	ระนอง	1	ยะลา	3	ภาคที่ 5	2,508
เพชรบูรณ์	80	สมุทรสาคร	7	สุราษฎร์ธานี	54	ปัตตานี	3	ภาคที่ 6	633
สุโขทัย	85	สุพรรณบุรี	16	นครศรีธรรมราช	99	นราธิวาส	12	ภาคที่ 7	95
อุทัยธานี	12	ประจวบคีรีขันธ์	13					ภาคที่ 8	204
								ภาคที่ 9	136
								กรุงเทพมหานคร	5
รวม	633		95		204		136		5,361

ที่มา : กรมสรรพสามิต (2547)

องค์ประกอบทางเคมีของกากส่าเหล้า

ธวัชชัย และคณะ (2545) กล่าวว่า กากส่าเหล้าเป็นวัสดุเศษเหลือที่สำคัญจากการผลิตเหล้ากลั่น มีคุณสมบัติทางเคมีประกอบด้วยค่า BOD 35,000-40,000 มิลลิกรัม/ลิตร ไนโตรเจน (N) 1,500-2,000 มิลลิกรัม/ลิตร โพแทสเซียม (K) 2,500-5,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีปริมาณของของแข็งทั้งหมด (total solid) เท่ากับ 80,000-120,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณของของแข็งที่แขวนลอย (total suspended solids) 22,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาณของของแข็งที่ละลายน้ำได้ (total dissolved solid) 17,000 มิลลิกรัม/ลิตร และค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ประมาณ 3.2 กากส่าเหล้าขณะออกจากกระบวนการผลิตจะมีอุณหภูมิประมาณ 95 องศาเซลเซียส

กากส่าเหล้าจากโรงงานกลั่นเหล้าที่ผลิตเป็นอุตสาหกรรม มักประสบปัญหาด้านการบำบัดของเสีย เนื่องจากกากส่าเหล้าที่ผลิตจากกากน้ำตาลมีลักษณะเป็นของเหลว มีวัตถุแห้งต่ำ และมีปริมาณมาก เมื่อทิ้งไว้นาน ๆ จะมีกลิ่นเหม็น ซึ่งส่งกลิ่นรบกวนผู้อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียงกับโรงงาน ลักษณะการบำบัดกากส่าเหล้าของโรงงานโดยทั่วไป ได้แก่การนำไปทำปุ๋ย หรือนำไปราดถนนเพื่อป้องกันฝุ่น เนื่องจากกากส่าเหล้ามีจำนวนมาก โรงงานบางแห่งจึงได้มีการปล่อยกากส่าเหล้าลงแหล่งน้ำในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งจะมีผลให้ แหล่งน้ำเกิดการเน่าเสีย และสัตว์น้ำตาย ก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมทางน้ำตามมา (ธวัชชัย และคณะ, 2545) กากส่าเหล้าที่ผลิตจากข้าวเหนียวเป็นเศษเหลือที่ยากที่จะกำจัดได้เช่นกัน หากมีการผลิตเหล้าในปริมาณมากและไม่มีแนวทางหรือแผนการในการกำจัดที่ดี (Yang, 1998) กากส่าเหล้าที่ผลิตจากข้าวหรือเมล็ดธัญพืชต่าง ๆ จะมีคุณค่าทางอาหารและปริมาณกรดอะมิโนแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2, 3 และ 4 ตามลำดับ

ตาราง 2 คุณค่าทางอาหารของกากส่าเหล้าชนิดต่าง ๆ เทียบจากวัตถุแห้ง

คุณค่าทางอาหาร	ชนิดของกากส่าเหล้า							
	DDG[1]	WDG[2]	WBDG[3]	DWG[4]	DTS[4]	MDG[5]	DRDG[6]	DSWL[7]
โปรตีน	31.42	27.90	15.42	25.00	16.80	30.07	19.90	57.62
เยื่อใย	-	7.60	-	-	-	-	21.99	16.16
NDF	32.32	34.70	79.20	39.40	11.70	50.55	53.19	-
ADF	21.56	18.70	31.08	-	-	25.33	42.08	-
ADL	-	1.45	8.81	-	-	6.85	-	-
ไขมัน	13.64	12.60	5.98	13.70	8.10	9.47	31.95	9.42
เถ้า	5.08	5.40	4.15	1.40	5.90	5.46	1.56	2.42
แคลเซียม	-	0.22	-	-	-	-	0.15	0.09
โพแทสเซียม	-	0.38	-	-	-	-	0.26	0.35

DDG (Distillers' dried grains) คือ กากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืช, WDG (Wheat distillers' grains) คือ กากส่าเหล้าจากเมล็ดข้าวสาลี, WBDG (Wet barley-based distillers) คือ กากส่าเหล้าเปียกจากข้าวบาร์เลย์, DWG (Distillers wet grains) คือ กากส่าเหล้าเปียกจากเมล็ดธัญพืช, DTS (Distillers thin stillage) คือ กากส่าเหล้าจากข้าว, MDG (Maize distillers grains) คือ กากส่าเหล้าจากเมล็ดข้าวโพด, DRDG (Dried rice distillers' grains) คือ กากส่าเหล้าแห้งจากข้าว, DSWL (Dried spent wash liquor) คือ กากส่าเหล้าแห้งจากข้าวเหนียว, NDF (Netrul detergent fiber) คือ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง, ADF (Acid detergent fiber) คือ เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกรด, ADL (Acid detergent lignin) คือ ลิกนิน

ที่มา : คัดแปลงจาก [1]Getachew *et al.* (2004) ; [2]Hill (2002) ; [3]Mustafa *et al.* (2000) ; [4]Klopfenstein (1996) ; [5]Woods *et al.* (2003a) ; [6]Huang *et al.* (1999) ; [7]ธวัชชัย และคณะ (2545)

ตาราง 3 องค์ประกอบทางเคมีของกากส่าเหล้าที่ได้จากการกลั่นเหล้าด้วยข้าวสาลี

ส่วนประกอบ	ปริมาณ
ค่า pH	3.5
แป้ง (Residual starch; w/v)	0.1%
น้ำตาลรวม (Total sugar; w/v)	0.26%
ฟอสเฟตรวม (Total phosphates; mg/l)	128.65
กรดรวม (Total acids; g/100ml)	0.334
กรดอะมิโนรวม (Total amino acid; g/100ml)	0.076
COD[1] (ppm)	50,920
BOD[2] (ppm)	25,000

[1] COD (chemical oxygen dissolve) [2]BOD (biochemical oxygen dissolve)

ที่มา : Yang (1998)

ตาราง 4 กรดอะมิโนในกากส่าเหล้าชนิดต่าง ๆ

กรดอะมิโน (%)	กากส่าเหล้าที่ผลิตจาก			
	ข้าวบาร์เล่ย์ [1]	เมล็ดธัญพืช [1]	ข้าวเหนียว [2]	กากน้ำตาล [3]
กรดอะมิโนที่จำเป็น				
Arginine	7.71	6.17	6.77	0.39
Histidine	2.80	2.68	1.95	0.14
Isoleucine	4.16	4.18	3.51	0.44
Leucine	8.00	7.18	6.99	0.68
Lysine	5.28	4.19	3.25	0.32
Methionine	2.02	2.06	2.01	0.21
Phenylalanine	5.08	4.79	4.67	0.46
Threonine	4.43	3.84	3.05	0.40
Tryptophan	1.22	0.96	1.75	-
Valine	6.24	5.91	4.52	0.57
กรดอะมิโนที่ไม่จำเป็น				
Alanine	6.14	5.21	4.81	0.75
Aspartic acid	8.50	7.36	7.34	1.03
Cystine	-	-	2.10	0.25
Glutamic acid	18.40	24.31	15.07	1.46
Glycine	6.03	5.18	3.64	0.40
Proline	6.61	8.47	2.61	0.34
Serine	5.01	4.77	4.25	0.42
Tyrosine	-	-	4.46	0.08

ที่มา : ดัดแปลงจาก [1]Mustafa *et al.* (2000) ; [2]ธวัชชัย และคณะ (2545) ; [3]นาม และอภิชัย (2533)

การใช้กากส่าเหล้าเป็นอาหารสัตว์

นาม และอภิชัย (2533) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ได้ของส่าเหล้าแห้งที่เป็นเศษเหลือจากโรงงานสุราที่ใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบในอาหารสุกร โดยใช้สุกรเพศผู้พันธุ์ลาร์จไวท์ 12 ตัวเลี้ยงในกรงหาการย่อยได้ (metabolism cage) ตั้งแต่น้ำหนักเฉลี่ย 18.70 กิโลกรัม (12.50-23.50 กิโลกรัม) หรือมีอายุเฉลี่ย 80 วัน (67-88 วัน) ไปจนถึงน้ำหนักเฉลี่ย 90 กิโลกรัม โดยใช้อาหารทดลองที่มีกากส่าเหล้าแห้งผสมอยู่ในระดับ 0, 10, 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ผลการย่อยได้ของอาหารทดลองปรากฏว่า เมื่อใช้ส่าเหล้าแห้งในอาหารระดับสูงขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของอาหารลดลง ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การย่อยได้มีความแตกต่างกับสุกรเปรียบเทียบเมื่อสุกรน้ำหนัก 25 กิโลกรัม แต่เมื่อสุกรน้ำหนัก 80 กิโลกรัม การย่อยได้ของอาหารไม่แตกต่างกัน การย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของพลังงานลดลง โดยเฉพาะเมื่อใช้ส่าเหล้าแห้งในสูตรอาหารตั้งแต่ 20 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่การใช้กากส่าเหล้าจะให้ผลดีในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ จากการประเมินโดยการคำนวณพบว่าพลังงานที่ใช้ประโยชน์ได้ของส่าเหล้าแห้งในอาหารสุกรระยะ 25 และ 80 กิโลกรัม มีค่าเป็น 2,255 และ 2,581 กิโลแคลอรี่ต่อกิโลกรัมตามลำดับ การย่อยได้และการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีน (biological value : B.V.) ในอาหารทดลองที่มีส่าเหล้าแห้งระดับสูงขึ้น จะทำให้การย่อยได้ของโปรตีนรวมลดลงและแตกต่างจากกลุ่มที่ไม่ใช้อย่างมาก ยกเว้นในสูตรอาหารที่มีส่าเหล้าแห้งในระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ในสุกรน้ำหนัก 80 กิโลกรัม การย่อยได้ของโปรตีนไม่แตกต่างกัน ส่วนค่า B.V. ในอาหารทดลองทุกสูตรไม่แตกต่างกันตลอดการทดลอง และมีแนวโน้มว่าค่าการใช้ประโยชน์ได้ของโปรตีนจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อใช้ส่าเหล้าแห้งในระดับสูงขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะว่าในส่าเหล้าแห้งมีไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนประมาณ 15-20 เปอร์เซ็นต์ จึงทำให้การย่อยได้ของโปรตีนในอาหารต่ำลง แต่พวกที่เป็นไนโตรเจนในโปรตีนซึ่งสุกรย่อยได้ซึ่งเป็นโปรตีนจากยีสต์ที่มีคุณภาพสูง จะทำให้ค่า B.V. ของอาหารที่มีส่าเหล้าแห้งผสมอยู่มีระดับสูงขึ้น ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหาร

ลักษณะ	น้ำหนักสุกร (กก.)	ระดับส่าเหล้าแห้ง (%)			
		0	10	20	30
อัตราการเจริญเติบโต	18-60	673	678	665	662
(กรัม/วัน)	18-80	750	708	709	644
ประสิทธิภาพการใช้อาหาร	18-60	2.77	2.72	2.76	2.96
(กก.ของอาหาร/น้ำหนักตัว 1 กก.)	18-80	2.68	2.83	2.82	3.10

ที่มา : นาม และอภิชัย (2533)

กากส่าเหล้าเป็นสารอินทรีย์ที่ปราศจากพิษหรือโลหะหนักใด ๆ อีกทั้งยังผ่านขั้นตอนการฆ่าเชื้อมาแล้วด้วยอุณหภูมิสูงเกือบ 100 องศาเซลเซียส จึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาแปรรูปหรือใช้ประโยชน์ทางด้านอาหารสัตว์ เนื่องจากกากส่าเหล้ามีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูงและมีปริมาณกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ ที่มีคุณค่า จึงมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านปศุสัตว์ โดยการนำมาเป็นวัตถุดิบแหล่งโปรตีนอีกชนิดหนึ่ง จากการศึกษาการใช้กากส่าเหล้าแห้งเป็นแหล่งโปรตีนรวมในอาหารนกกระทาเนื้อ โดยใช้อาหารทดลองที่ผสมกากส่าเหล้าแห้งในระดับ 0, 5, 10, 15 และ 20 เปอร์เซ็นต์ เลี้ยงนกกระทาญี่ปุ่นเพศผู้อายุ 25 วัน จำนวน 400 ตัว โดยใช้เวลาการทดลองทั้งสิ้น 20 วัน ตามแผนการทดลองแบบ RCBD พบว่านกกระทาเพศผู้ที่ได้รับอาหารทดลอง 5 สูตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยต่อตัวต่อวันเท่ากับ 2.17, 2.31, 2.12, 2.07 และ 2.06 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ อัตราแลกเปลี่ยนอาหารเท่ากับ 6.59, 6.47, 6.61, 6.68 และ 6.69 ตามลำดับ อัตราการตายเท่ากับ 2.38, 2.50, 3.25, 3.40 และ 3.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ค่าเฉลี่ยปริมาณอาหารที่กินต่อตัวต่อวันมีค่าเท่ากับ 14.31, 14.94, 14.02, 13.82 และ 13.79 กรัมต่อตัวต่อวัน ตามลำดับ ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัมมีค่าเท่ากับ 55.49, 51.89, 50.57, 48.96 และ 46.83 บาท ตามลำดับ และน้ำหนักเครื่องในมีค่าเท่ากับ 13.89, 13.81, 12.74, 12.16 และ 11.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยนกกระทาเนื้อกลุ่มที่ได้รับอาหารทดลองผสมกากส่าเหล้าแห้ง 5 เปอร์เซ็นต์ มีสมรรถภาพการผลิตโดยรวมดีกว่ากลุ่มอื่น แต่ต้นทุนค่าอาหารต่อการเพิ่มน้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม ที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีต้นทุนต่ำที่สุด (ธวัชชัย และคณะ, 2545)

สำหรับการทดลองใช้กากส่าเหล้าในอาหารโคนม Huang *et al.* (1999) รายงานจากการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกากส่าเหล้า พบว่ามีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะค่าเฉลี่ยโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนไหลผ่านที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่ามีเยื่อใยและไขมันที่มีคุณค่าทางอาหารสูงเพียงพอที่จะใช้เป็นอาหารเลี้ยงโคนมและโคเนื้อได้ สอดคล้องกับรายงานของ Hedqvist and Uden (2006) ที่รายงานว่า กากส่าเหล้าที่ได้จากการกลั่นเหล้าจากข้าวสาลีจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบเฉลี่ย 6 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนไนโตรเจน 22 เปอร์เซ็นต์ เปปไทด์ไนโตรเจน 49.6 เปอร์เซ็นต์ กรดอะมิโนไนโตรเจน 1.3 เปอร์เซ็นต์ และแอมโมเนียไนโตรเจน 3.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Huang *et al.* (1999) ได้ศึกษาการใช้กากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบในอาหารผสมสำเร็จรูป (total mix ration; TMR) เลี้ยงโครีดนม จำนวน 24 ตัว โดยใช้กากส่าเหล้าที่ได้จากการกลั่นเหล้าจากข้าวสาลี ซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือที่สำคัญจากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเหล้าในประเทศไต้หวัน โดยใช้กากส่าเหล้าเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญในระดับ 0, 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ คือข้าวโพดหมัก ฟางข้าวโอ๊ต ถั่วเหลืองไขมันเต็ม กากถั่วเหลือง และข้าวโพด

จากการศึกษาพบว่าว่าสัตว์กินอาหารได้น้อยลงเมื่ออาหารมีกากส่าเหล้ามากขึ้น ซึ่งมีผลให้ปริมาณน้ำนมที่ได้ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) เป็นผลเนื่องมาจากการกินอาหารที่ลดลง นอกจากนี้ระดับกากส่าเหล้าที่สูงขึ้นยังทำให้ไขมันในน้ำนมลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ด้วย แต่ค่าเฉลี่ยโปรตีนในน้ำนมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตาราง 6

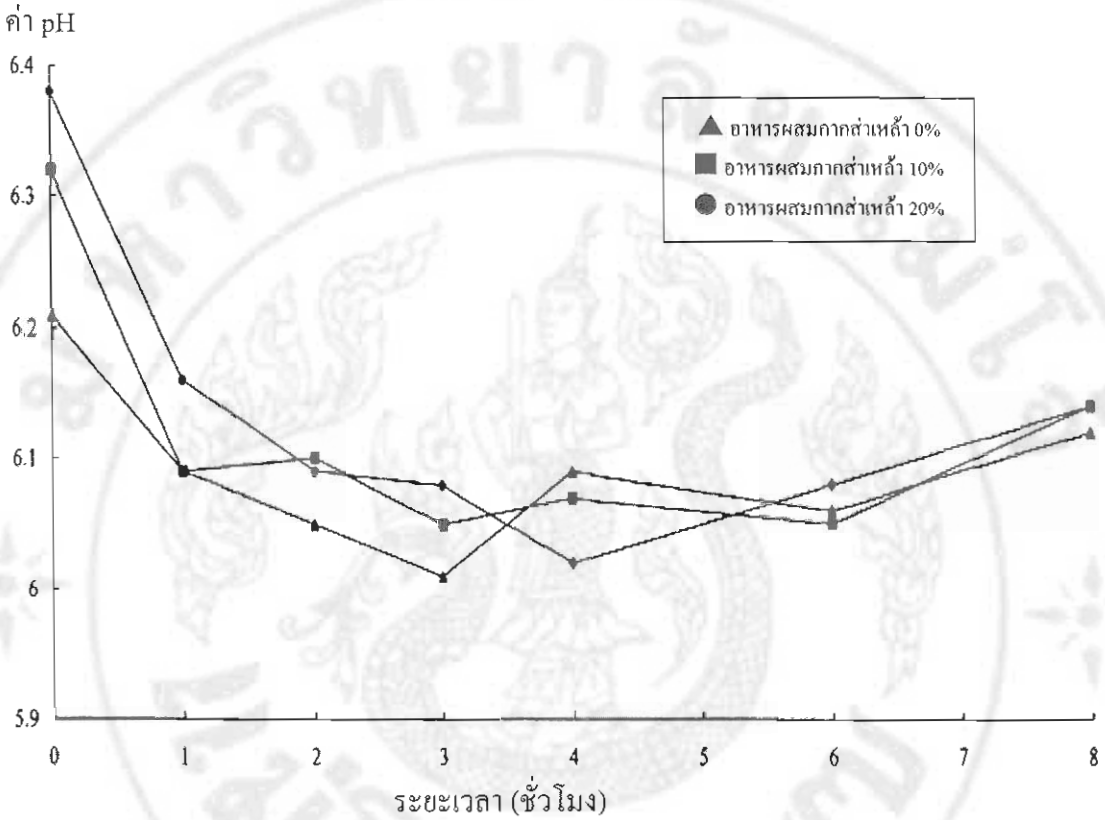
ตาราง 6 ผลของการใช้กากส่าเหล้าในอาหารโคนมต่อผลผลิต และองค์ประกอบน้ำนมของโคทดลอง

	อาหารสำเร็จผสม กากส่าเหล้า 0%	อาหารสำเร็จผสม กากส่าเหล้า 10%	อาหารสำเร็จผสม กากส่าเหล้า 20%
ปริมาณการกินได้ (กก.)			
เดือนที่ 1	26.67[a]	25.37[b]	23.28[c]
เดือนที่ 2	25.28[a]	23.67[b]	23.31[b]
ตลอดระยะทดลอง	26.12[a]	24.69[b]	23.50[b]
ผลผลิตน้ำนม (กก./ตัว/วัน)			
เดือนที่ 1	32.05[a]	30.89[a]	26.72[b]
เดือนที่ 2	28.47[a]	29.41[a]	24.05[b]
ตลอดระยะทดลอง	30.34[a]	30.19[a]	25.53[b]
องค์ประกอบในน้ำนม (%)			
ของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน			
เดือนที่ 1	8.89[a]	8.97[a]	8.54[b]
เดือนที่ 2	8.80[b]	8.83[a,b]	8.92[b]
ตลอดระยะทดลอง	8.87[b]	8.96[a]	8.63[b]
ไขมันในนม			
เดือนที่ 1	3.46[b]	3.74[a]	3.15[c]
เดือนที่ 2	3.58[a]	3.51[a]	2.80[b]
ตลอดระยะทดลอง	3.52[a]	3.63[a]	2.98[b]
โปรตีนในนม			
เดือนที่ 1	3.27[b]	3.38[a]	3.22[b]
เดือนที่ 2	3.36	3.42	3.41
ตลอดระยะทดลอง	3.31[b]	3.42[a]	3.28[b]
กากเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักตัว (%)			
เดือนที่ 1	103.5[a]	101.0[a,b]	99.2[b]
เดือนที่ 2	101.2	105.1	106.0
ตลอดระยะทดลอง	104.8	106.2	105.1

[a,b และ c] ค่าเฉลี่ยที่ต่างกันในแนวนอนมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

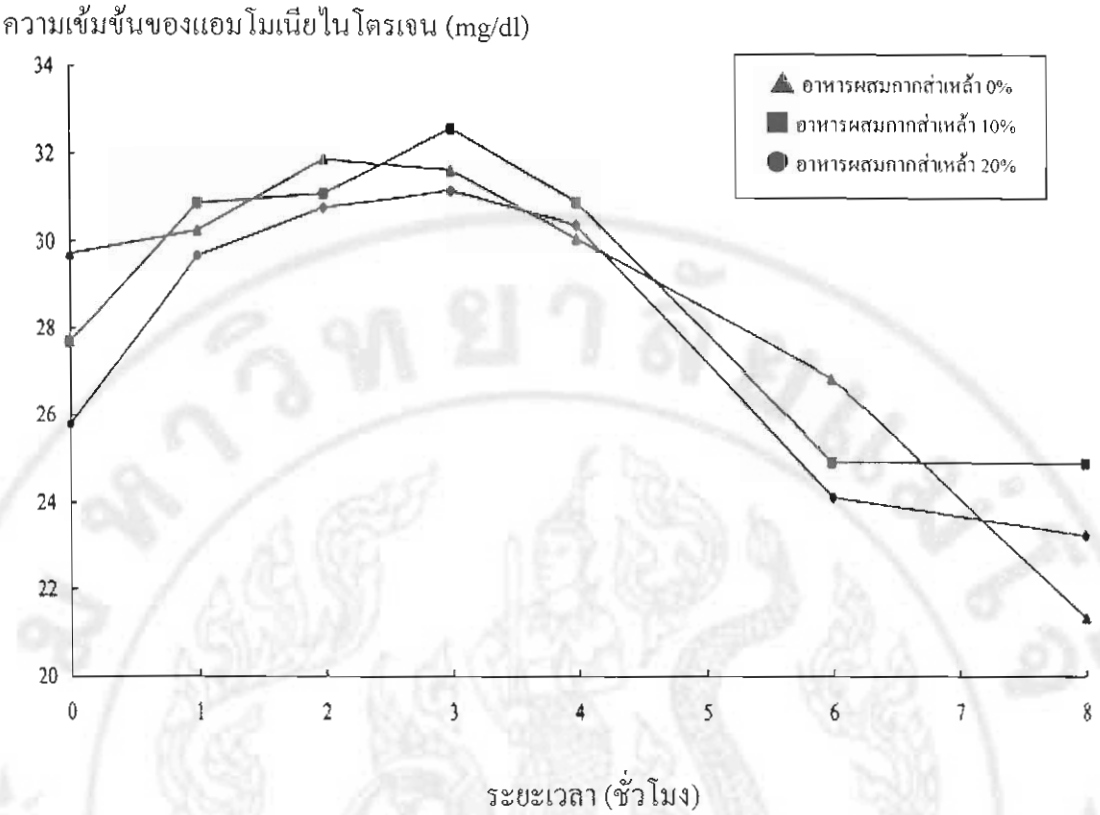
ที่มา : ดัดแปลงจาก Huang *et al.* (1999)

ค่า pH ในกระเพาะรูเมนมีค่าสูงกว่า 6.2 ก่อนให้อาหารแล้วค่อย ๆ ลดลงหลังจากได้รับอาหาร และมีค่าสูงขึ้นในชั่วโมงที่ 6-8 ดังแสดงในภาพ 3 มีระดับแอมโมเนียไนโตรเจนสูงขึ้นหลังจากได้รับอาหารในชั่วโมงที่ 1-3 และค่อย ๆ ลดลงในชั่วโมงที่ 4-8 ดังแสดงในภาพ 4



ภาพ 3 ผลของการใช้กากส่าเหล้าต่อค่า pH ในกระเพาะรูเมน

ที่มา : Huang *et al.* (1999)



ภาพ 4 ผลของการใช้กากส่าเหล้าต่อปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมน
ที่มา : Huang *et al.* (1999)

Woods *et al.* (2003a) และ Woods *et al.* (2003b) รายงานจากการศึกษาการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน ของกากส่าเหล้าจากข้าวโพด เปรียบเทียบกับข้าวโพดบด เนื้อมะพร้าวแห้ง ข้าวมอลต์ ข้าวบาร์เลย์ และหัวบีท โดยวิธีการใช้ถุงไนลอน ในกระเพาะรูเมนของโคนมเพศผู้ตอน อายุ 1.5-2 ปี จำนวน 4 ตัว ที่กินหญ้าหมักด้วยกรด ซัลฟูริก 0.23 เปอร์เซ็นต์ (v/w) เป็นอาหารหยาบ และวิเคราะห์ค่าการย่อยได้ของโภชนะตามสมการของ Ørskov and McDonald (1979) พบว่ากากส่าเหล้าจากข้าวโพดมีส่วนที่ละลายได้ (a) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน เท่ากับ 31.77, 32.28 และ 11.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีน มีค่า 59.12, 55.32 และ 64.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยสลายที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$, $ED_{0.05}$ และ $ED_{0.08}$) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และโปรตีนมีค่าต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอาหารชนิดอื่น ๆ ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 7, 8 และ 9 ตามลำดับ

ตาราง 7 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในกากส่าเหล้าจากข้าวโพด (%)

อาหาร	a	b	c	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
กากส่าเหล้าจากข้าวโพด	31.77	59.12	0.003	65.08	52.11	46.44
ข้าวโพดบด	42.52	55.01	0.004	77.91	65.98	60.14
เนื้อมะพร้าวแห้ง	36.25	58.36	0.004	75.48	62.71	56.25
ข้าวมอลต์	36.29	50.08	0.004	66.36	55.46	50.42
ข้าวบาร์เลย์	27.92	60.06	0.055	85.51	82.21	79.31
หัวบีท	23.28	73.55	0.012	83.44	71.14	63.29

ที่มา : ดัดแปลงจาก Woods *et al.* (2003a)

ตาราง 8 ค่าการสลายตัวของอินทรียวัตถุในกากส่าเหล้าจากข้าวโพด (%)

อาหาร	a	b	c	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
กากส่าเหล้าจากข้าวโพด	32.28	55.32	0.003	64.72	52.80	47.40
ข้าวโพดบด	42.36	55.37	0.004	78.23	66.16	60.24
เนื้อมะพร้าวแห้ง	35.40	56.49	0.006	75.91	64.23	57.89
ข้าวมอลต์	36.74	47.92	0.004	67.33	57.12	52.13
ข้าวบาร์เลย์	28.46	59.78	0.058	85.89	82.72	79.91
หัวบีท	23.57	71.51	0.012	83.99	72.72	65.09

ที่มา : ดัดแปลงจาก Woods *et al.* (2003a)

ตาราง 9 ค่าการสลายตัวของโปรตีนในกากส่าเหล้าจากข้าวโพด (%)

อาหาร	a	b	c	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
กากส่าเหล้าจากข้าวโพด	11.73	64.88	0.005	43.74	31.50	26.34
ข้าวโพดบด	51.20	43.58	0.006	82.29	73.44	68.63
เนื้อมะพร้าวแห้ง	14.70	81.38	0.003	64.61	46.63	38.23
ข้าวมอลต์	42.80	44.72	0.005	76.48	66.75	61.44
ข้าวบาร์เลย์	29.61	63.22	0.034	88.75	83.62	79.39
หัวบีท	17.55	81.10	0.007	76.87	60.54	51.49

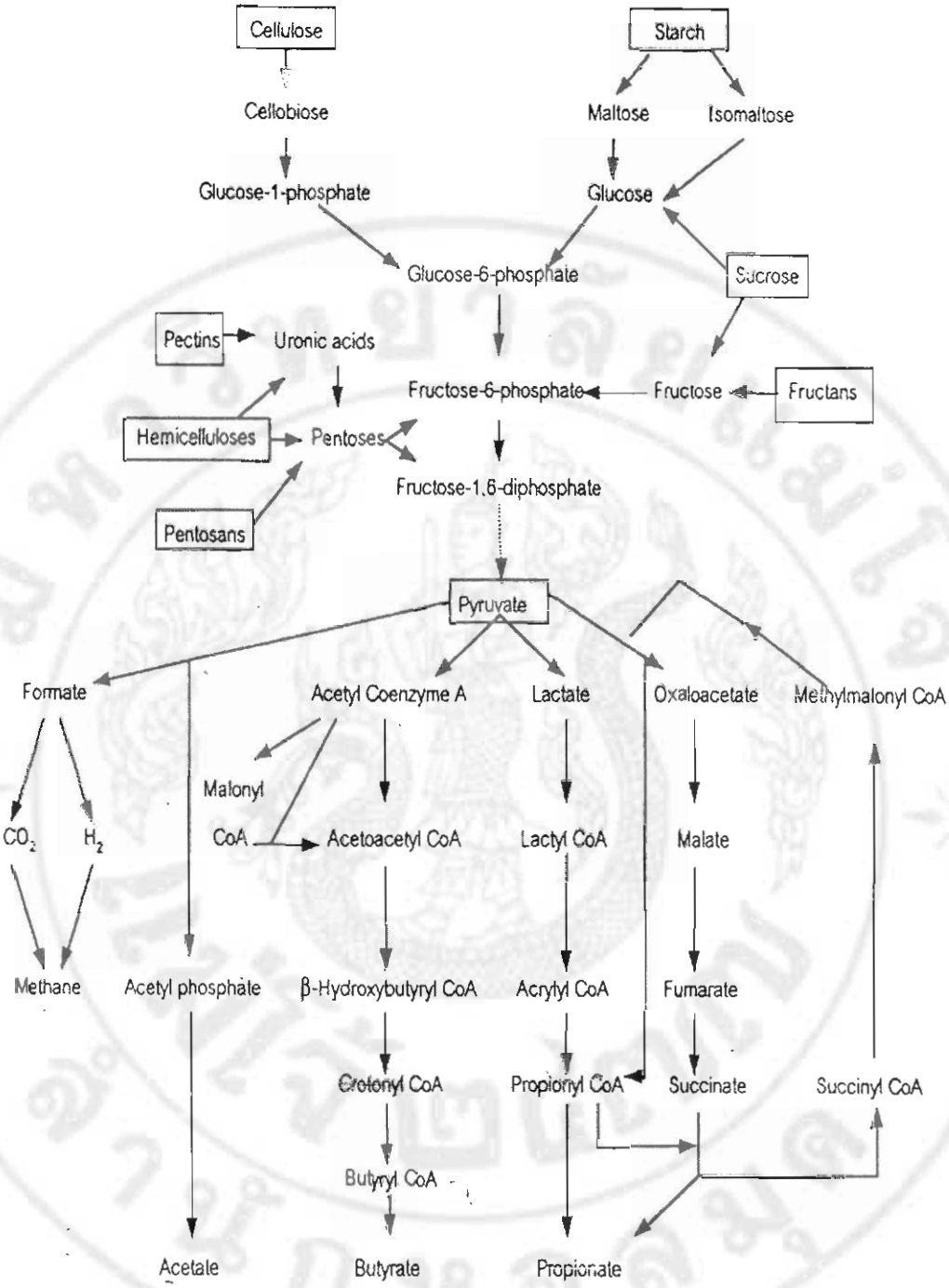
ที่มา : ดัดแปลงจาก Woods *et al.* (2003b)

การย่อยคาร์โบไฮเดรตในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

คาร์โบไฮเดรตส่วนใหญ่ที่สัตว์เคี้ยวเอื้องกินเป็นพวกเซลลูโลส (celllulose) และเฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของพืชอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเอนไซม์จากตัวสัตว์ย่อยได้น้อยหรือย่อยไม่ได้เลย จึงต้องอาศัยเอนไซม์จากจุลินทรีย์เป็นตัวช่วยย่อย หรืออาศัยการหมักของจุลินทรีย์ ส่วนของคาร์โบไฮเดรตอื่น ๆ เช่นน้ำตาลและแป้ง ซึ่งเอนไซม์ของตัวสัตว์สามารถย่อยเองได้ เมื่อเข้ามาในกระเพาะรูเมนก็จะกลายเป็นอาหารให้จุลินทรีย์เช่นกัน การย่อยหรือการหมักคาร์โบไฮเดรตของจุลินทรีย์ในขั้นสุดท้าย ผลจากการหมักจะได้กรดอินทรีย์หลายตัวปนกันอยู่ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids) ได้แก่ กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพิโอนิก (propionic acid) กรดบิวทิริก (butyric acid) และกรดวาลีริก (valeric acid) ซึ่ง กรดวาลีริกจะมีน้อยที่สุดในกระเพาะหมัก และในระหว่างการหมักจะมีสารตัวกลางเกิดขึ้น (intermediate products) คือ กรดซัคซินิก (succinic acid) และกรดแลคติค (lactic acid) เกิดขึ้นด้วย นอกจากนี้จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) เกิดขึ้นจากการหมักด้วย สัดส่วนของการเกิดสารต่าง ๆ ดังกล่าวจะไม่คงที่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ได้รับ หากอาหารที่สัตว์ได้รับมีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เป็นส่วนประกอบอยู่สูง ผลการหมักของจุลินทรีย์จะทำให้เกิดกรดอะซิติกมากที่สุด แต่ถ้าอาหารมีเยื่อใยพวกเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสลดลง แต่มีอาหารข้นหรือมีแป้งและน้ำตาลเพิ่มขึ้นมาก การเกิดกรดอะซิติกจะลดลง แต่จะเกิดกรดโพรพิโอนิกเพิ่มขึ้น สำหรับการให้อาหารโคขุนระยะท้าย จึงควรให้อาหารข้นในสัดส่วนที่สูงขึ้น เนื่องจากไขมันที่แทรกอยู่ตามกล้ามเนื้อผลิตมาจากกรดโพรพิโอนิก แต่การเลี้ยง

โคนมควรให้ความสนใจในการให้อาหารหยาบ หรืออาหารที่มีเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสสูง เพื่อให้เกิดกรดอะซิติกมาก เนื่องจากส่วนไขมันที่ประกอบอยู่ในน้ำนมผลิตมาจากกรดอะซิติก (พันทิพา, 2543)

ความเข้มข้นของกรดไขมันระเหยได้ในกระเพาะรูเมนขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการผลิตและการดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมน ถ้าอัตราเร็วในการผลิตกรดไขมันระเหยได้มีมากก็จะมีกรดสะสมอยู่ในกระเพาะรูเมนมาก แต่อัตราการผลิตกรดไขมันระเหยได้จะผันแปรแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับชนิดของคาร์โบไฮเดรตที่มีอยู่ในอาหาร เช่น แป้งหรือเยื่อใย ที่จะมีผลทำให้อัตราส่วนของกรดไขมันระเหยได้ผันเปลี่ยนไปด้วย (เทอดชัย, 2548) และค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะกลับกันกับปริมาณกรดไขมันระเหยได้ คือยิ่งกรดไขมันระเหยได้มีความเข้มข้นสูง ค่า pH ในกระเพาะรูเมนจะยิ่งต่ำลง (บุญล้อม, 2541)



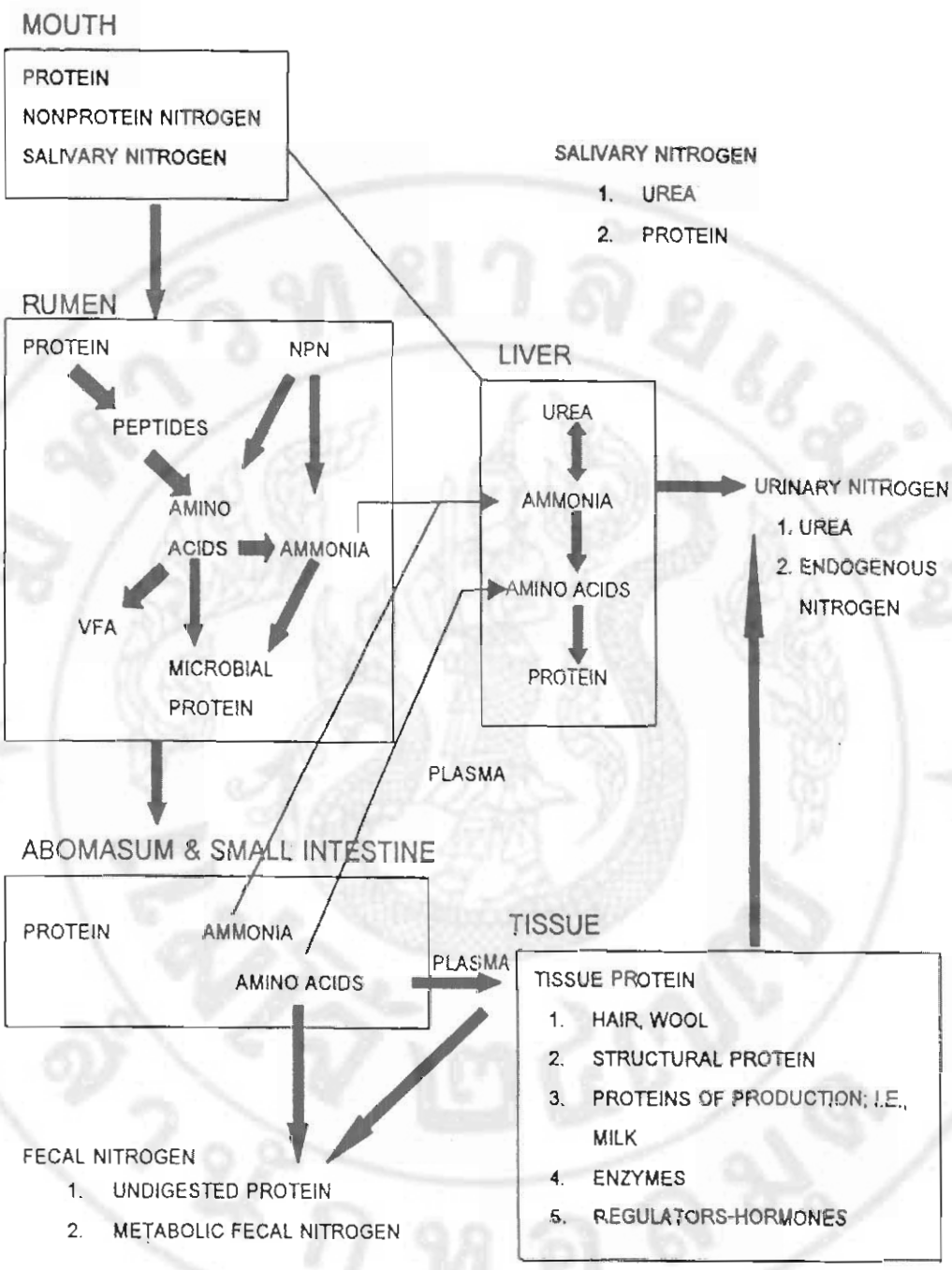
ภาพ 5 การหมักย่อยคาร์โบไฮเดรตในกระเพาะรูเมน

ที่มา : บุญล้อม (2541)

การย่อยโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การย่อยโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้องเกิดขึ้นในกระเพาะรูเมนโดยจุลินทรีย์จะช่วยย่อยสลายโปรตีน และสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen; NPN) ได้เป็นเปปไทด์ (peptide) และกรดอะมิโน โดยกรดอะมิโนจะถูกย่อยสลายต่อได้ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) กรดอินทรีย์ และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยโปรตีนที่ย่อยสลายง่าย (degraded protein) ในกระเพาะรูเมนจะถูกย่อยสลายให้ก๊าซแอมโมเนียออกมามาก (Satter and Roffler, 1975) แอมโมเนียที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งจะถูกนำไปใช้สร้างเซลล์ของจุลินทรีย์ ในขณะเดียวกันบางส่วนจะถูกดูดซึมผ่านผนังกระเพาะรูเมนเข้าสู่กระแสเลือดทันทีและถูกส่งต่อไปยังตับ ที่ตับจะเปลี่ยนก๊าซแอมโมเนียให้เป็นยูเรียซึ่งร่างกายจะขจัดออกทางไตในรูปน้ำปัสสาวะ ยูเรียบางส่วนจะไปกับกระแสเลือดเข้าสู่ต่อมน้ำลายและถูกขับออกมาพร้อมกับน้ำลาย เมื่อมีการเคี้ยวเอื้องหรือนำอาหารเข้าปาก ซึ่งความเข้มข้นของยูเรียในน้ำลายจะต่ำกว่ายูเรียในเลือด ยูเรียในน้ำลายจะติดไปกับอาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมน และแตกตัวให้ก๊าซแอมโมเนียใหม่ ดังนั้นหากสัตว์ขับน้ำลายออกมามาก โอกาสเกิดก๊าซแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนก็มีมาก ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อสัตว์ได้ โดยทั่วไปสัตว์จะหลั่งน้ำลายมากเมื่อได้รับอาหารเยื่อใยที่มีขนาดใหญ่หรือยาวมาก จากภาพ 6 แสดงการใช้สารประกอบไนโตรเจนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะเห็นว่าก๊าซแอมโมเนียในกระเพาะรูเมนได้มาจาก 2 แหล่ง คือ จากอาหารและจากน้ำลาย หากสัตว์ได้รับอาหารที่แตกตัวให้ก๊าซแอมโมเนียได้มาก เช่น สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน เช่นสารยูเรีย จะทำให้ความเข้มข้นของยูเรียในน้ำลายสูงขึ้น และก๊าซแอมโมเนียจะย้อนกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมนมากขึ้นเมื่อมีการขับน้ำลายออกมาก เนื่องจากก๊าซแอมโมเนียมีฤทธิ์เป็นด่าง หากถูกดูดซึมเข้ากระแสเลือกมาก จะทำให้เลือดมีสภาวะเป็นด่าง ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อตัวสัตว์ได้ (พันทิพา, 2543)

จุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนจะสร้างโปรตีนเพื่อขยายจำนวนเซลล์ โดยใช้ไนโตรเจนที่เข้ามาในกระเพาะรูเมน ดังนั้นสารประกอบใด ๆ ที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ จุลินทรีย์สามารถนำมาสังเคราะห์เป็นโปรตีนได้ โดยที่สารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนและโปรตีนจะต้องแตกตัวอยู่ในรูปก๊าซแอมโมเนียเสียก่อน จุลินทรีย์จึงจะนำไปใช้ประโยชน์โดยสังเคราะห์เป็นกรดอะมิโนเพื่อสร้างเป็นเซลล์ของจุลินทรีย์ได้ และเมื่ออาหารเคลื่อนที่ไปยังกระเพาะแท้ จุลินทรีย์ที่ปนไปกับอาหารจะถูกย่อยโดยน้ำย่อยจากตัวสัตว์ สัตว์จึงได้รับกรดอะมิโนจากเซลล์ของจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายแล้ว กรดอะมิโนที่ได้จะมีทั้งกรดอะมิโนที่จำเป็นและไม่จำเป็น จะมีชนิดใดมากน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์และชนิดของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่สัตว์ได้รับ นอกจากนี้จุลินทรีย์จะช่วยสังเคราะห์ไวตามินต่าง ๆ เช่นไวตามินบีรวม และไวตามินเค เป็นต้น (เทอดชัย, 2548)



ภาพ 6 การย่อยสลายโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (NPN) ในกระเพาะรูเมน

ที่มา : Ensminger *et al.* (1990)

การประเมินคุณค่าทางอาหารสัตว์และวิธีการหาการย่อยได้ของโภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

Storm and Ørskov (1982 อ้างโดย เทอดชัย และ ter Meulen; 2542) รายงานว่า สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์ที่มีกระเพาะรวมที่มีส่วนของกระเพาะรูเมน (rumen) และเรติคิวลัม (recticulum) เป็นส่วนแรกที่รองรับอาหารที่เข้าไปในร่างกาย การย่อยอาหารในส่วนนี้ถูกกระทำโดยเอนไซม์จากจุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ภายใน ได้แก่ แบคทีเรีย (bacteria) โปรโตซัว (protozoa) และเชื้อราที่ไม่ใช้อากาศ (anaerobic fungi) โดยไม่มีเอนไซม์ที่ผลิตจากตัวสัตว์เข้ามาย่อยอาหารเหล่านี้เลย เนื่องจากเนื้อเยื่อของกระเพาะส่วนนี้ไม่มีต่อมสำหรับผลิตเอนไซม์ จึงทำให้ทางเดินอาหารส่วนนี้เป็นบริเวณเฉพาะสำหรับจุลินทรีย์ที่จะเข้าย่อยอาหารเท่านั้น และอาหารที่ถูกย่อยแล้วในบริเวณนี้ส่วนหนึ่งจะเป็นประโยชน์กับตัวสัตว์เคี้ยวเอื้องเอง และอีกส่วนหนึ่งจะถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์เป็นอาหารของจุลินทรีย์ทำให้จำนวนประชากรของจุลินทรีย์เพิ่มขึ้น เนื่องจากเซลล์จุลินทรีย์มีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะส่วนของโปรตีนที่เป็นส่วนประกอบในเซลล์ของจุลินทรีย์ที่มีคุณภาพดี จึงทำให้จุลินทรีย์เหล่านี้เป็นแหล่งของโปรตีนที่มีคุณภาพสำหรับสัตว์ไปด้วย เมื่อจุลินทรีย์เคลื่อนที่ผ่านไปถึงกระเพาะแท้ (abomasum) ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับกระเพาะ (stomach) ของสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่ และสุกร โปรตีนในเซลล์ของจุลินทรีย์จะถูกย่อยเป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องต่อไป

การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากจุลินทรีย์เข้าย่อยอาหาร เช่น เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ที่เป็นส่วนประกอบหลักของพืชอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ ซึ่งเอนไซม์จากตัวสัตว์ไม่สามารถเข้าย่อย เนื่องจากในโครงสร้างของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสมีโมเลกุลของกลูโคสจับต่อกันแบบเบต้า (β-linkage) และเปลี่ยนเป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ ซึ่งทั้งสัตว์เคี้ยวเอื้องและจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ แต่การเข้าย่อยโภชนะของจุลินทรีย์ที่บริเวณนี้ ก็อาจจะทำให้อาหารคุณภาพดีบางส่วนโดยเฉพาะโปรตีนคุณภาพสูงถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ประโยชน์ก่อนที่จะเดินทางไปถึงกระเพาะแท้ จึงอาจมีผลให้อาหารคุณภาพดีเหล่านั้นถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ได้น้อยลงกว่าเดิมได้ แต่อย่างไรก็ตามการป้องกันมิให้สารอาหารเหล่านั้นถูกจุลินทรีย์เข้าย่อยและใช้ประโยชน์ได้ก็สามารถกระทำได้ โดยใช้กรรมวิธีต่าง ๆ เพื่อทำให้อาหารถูกส่งผ่าน (by-pass) ต่อไปยังกระเพาะแท้ เช่น แป้งไหลผ่าน (by-pass starch) โปรตีนที่ถูกป้องกันไม่ให้ย่อยสลายในรูเมน (protected protein) และ ไขมันที่ถูกป้องกันไม่ให้ย่อยสลายในรูเมน (protected fat) เป็นต้น

สำหรับการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารที่โคกินเข้าไปนั้น เทอดชัย (2548) ได้อธิบายว่า เป็นการวัดปริมาณอาหารหรือวัดปริมาณโภชนะที่สูญหายไปในระบบทางเดินอาหาร

ส่วนต่าง ๆ เพื่อใช้ในการศึกษา หรือเพื่อประเมินคุณค่าของอาหารชนิดนั้น ๆ ว่าสัตว์จะมีความสามารถ หรือมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใดในการที่จะนำเอาโภชนะนั้น ๆ ไปใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังเป็นการศึกษาถึงปริมาณโภชนะที่สามารถย่อยได้ในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารได้

เทอดชัย และ ter Meulen (2542) กล่าวถึงวิธีการศึกษาถึงความต้องการโภชนะหรือประสิทธิภาพของอาหารสัตว์ว่า โดยทั่วไปจะพิจารณาจากการย่อยได้ของโภชนะในร่างกายสัตว์ ซึ่งเป็นการย่อยได้ในทุกส่วนของทางเดินอาหารทั้งหมดรวมกัน (total tract digestibility) ค่าการย่อยได้ดังกล่าวเป็นค่าที่บ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยได้โดยรวมของอาหารในระบบทางเดินอาหารทั้งหมด ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วในแต่ละส่วนของทางเดินอาหาร มีลักษณะของการย่อยอาหารที่แตกต่างกัน และอาหารที่ถูกย่อยแล้วนั้นก็จะถูกนำไปใช้ประโยชน์กับตัวสัตว์ได้มากน้อยแตกต่างกันด้วย เช่น การย่อยและดูดซึมอาหารที่บริเวณลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่จะให้ประโยชน์กับตัวสัตว์แตกต่างกัน เป็นต้น และการศึกษาถึงผลทางการย่อยได้ของอาหารในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารก็จะมีผลให้สัตว์ได้รับอาหารได้ตรงตามความต้องการที่แท้จริงมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถจะลดการสูญเสียอาหารที่ได้รับมากเกินความจำเป็นให้ลดน้อยลงได้

บุญล้อม (2541) กล่าวว่า การประเมินคุณค่าทางอาหารสามารถตรวจสอบได้หลายวิธีแต่ที่นิยมกันโดยทั่วไป คือ วิธีการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารแบบหยาบ (proximate analysis) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะในอาหารข้น เพราะวิธีการนี้สามารถบอกองค์ประกอบทางเคมีของอาหารได้ดีระดับหนึ่ง แต่ยังมีจุดอ่อนในเรื่องการวิเคราะห์เยื่อใย หากนำมาใช้วิเคราะห์คุณค่าทางอาหารในอาหารหยาบ จึงได้มีการพัฒนาการวิเคราะห์เยื่อใยขึ้น เรียกว่าวิธีการใช้สารละลาย (detergent method) ซึ่งเป็นวิธีการหาส่วนประกอบของผนังเซลล์โดยเฉพาะการหาค่าปริมาณของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน เป็นต้น ซึ่งมีความสำคัญในการเปรียบเทียบคุณภาพพืชอาหารสัตว์ เนื่องจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถที่จะย่อยเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ได้ นอกจากนี้ยังมีวิธีการวิเคราะห์หาแร่ธาตุต่าง ๆ ในอาหารสัตว์ที่มีความจำเป็นต้องทราบ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส และวิธีการวิเคราะห์หาพลังงาน โดยใช้เครื่องเผาไหม้หาพลังงาน (bomb calorimeter) อย่างไรก็ตามข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ยังไม่เพียงพอที่จะนำมาใช้ประเมินคุณภาพอาหารสัตว์ เพราะข้อมูลเหล่านี้ไม่สามารถบอกถึงได้ว่าโภชนะต่าง ๆ ที่มีอยู่ในอาหารจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ได้มากหรือน้อยเพียงใด ในการประเมินคุณภาพอาหารสัตว์จึง จำเป็นต้องทราบข้อมูลด้านการย่อยได้ และการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะในอาหารด้วย เมื่อนำ ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาพิจารณาร่วมกัน จึงจะสามารถบอกคุณภาพของอาหารสัตว์ได้อย่างสมบูรณ์ โดยทั่วไปการวัดการย่อยได้สามารถทำได้ 2 วิธี คือ การทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo* method) และการทดลองในห้องปฏิบัติการ หรือนอกตัวสัตว์ (*in vitro* method)

การหาการย่อยได้ของโภชนะโดยการทดลองกับตัวสัตว์ (*in vivo* method)

ทรงศักดิ์ และยุทธชัย (2542) กล่าวว่า การวิเคราะห์ส่วนประกอบทางโภชนะของอาหารสัตว์ สามารถบ่งบอกถึงเปอร์เซ็นต์ของโภชนะที่มีอยู่ในอาหารชนิดนั้น แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าโภชนะที่มีอยู่จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างแท้จริงในตัวสัตว์ เนื่องจากอาหารที่กินเข้าไปไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งหมด และจะมีโภชนะบางส่วนที่สูญเสียไปในระหว่างกระบวนการย่อย การดูดซึม และการเปลี่ยนแปลงของอาหารภายในร่างกาย ดังนั้นการประเมินคุณภาพอาหารจึงนิยมทำโดยวิธีการวัดการย่อยได้ของโภชนะในอาหาร โดยทดลองกับตัวสัตว์ซึ่งสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิธีการชั่งน้ำหนักทั้งหมด (total collection method หรือ conventional method) โดยให้สัตว์กินอาหารทดลอง ชั่งน้ำหนักของอาหารที่สัตว์กินเข้าไป ชั่งน้ำหนักมูลที่ถ่ายออกมา และเก็บตัวอย่างปัสสาวะทั้งหมด ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะสามารถบ่งบอกถึงความสามารถในการย่อยได้ของโภชนะแต่ละชนิดได้ หากนำอาหารกินและสิ่งขับถ่ายมาวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร

การศึกษาด้วยวิธีการนี้จำเป็นจะต้องเลือกสัตว์ที่มีความสม่ำเสมอทั้งในด้านอายุ น้ำหนักตัว และพันธุกรรม เพื่อไม่ให้เกิดความแปรปรวนซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจากตัวสัตว์ นอกจากนั้นแล้วระยะเวลาของการปรับสัตว์ ซึ่งต้องมีความเหมาะสม โดยทั่วไปจะใช้เวลา 2-4 สัปดาห์ หรือมากกว่านั้น ก่อนที่จะทำการทดลอง จากนั้นจะเป็นช่วงการทดลองจริง ซึ่งจะใช้ระยะเวลาทดลองประมาณ 10-14 วัน เพื่อบันทึกปริมาณอาหารที่กินและมูลที่ถ่ายออกมาในแต่ละวัน และนำตัวอย่างอาหารและมูลไปวิเคราะห์คุณค่าทางอาหาร ในช่วงนี้นิยมให้อาหารแบบจำกัด โดยจะให้ประมาณ 85-90 เปอร์เซ็นต์ ของการให้แบบเต็มที่ หลังจากนั้นก็นำค่าต่าง ๆ ที่ได้จากการวิเคราะห์ มาคำนวณเพื่อหาค่าการย่อยได้ของโภชนะต่าง ๆ ต่อไป ตามสูตรต่อไปนี้ (เมธา, 2529)

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \left[\frac{(\text{น้ำหนักของโภชนะในมูลปรับแห้ง}) \times 100}{(\text{น้ำหนักของโภชนะในอาหารที่กินปรับแห้ง})} \right]$$

2. วิธีการใช้ตัวบ่งชี้ (indicator หรือ marker) เป็นวิธีการทางอ้อม เพราะไม่ต้องเก็บตัวอย่างมูลทั้งหมดของสัตว์ที่ขับถ่ายออกมา เนื่องจากการเก็บมูลทั้งหมดจะเป็นปัญหาในการทดลองสำหรับสัตว์ที่มีขนาดใหญ่ และมีปริมาณมูลที่ขับถ่ายออกมามากในแต่ละวันโดยใช้สารบ่งชี้ร่วมกับอาหารทดลองให้สัตว์กิน เพื่อแสดงถึงปริมาณอาหารที่เคลื่อนผ่านทางเดินอาหารในส่วนต่าง ๆ

โดยทั่วไปสามารถแบ่งสารบ่งชี้ เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือตัวบ่งชี้ภายใน (internal indicator) และตัวบ่งชี้ภายนอก (external indicator) โดยทั่วไป สารบ่งชี้ที่ใช้ในการศึกษาควรมีคุณสมบัติดังนี้

- ต้องไม่มีการย่อยหรือดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร
- ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้คุณหรือให้โทษ เมื่อเข้าไปอยู่ในระบบทางเดินอาหาร
- ผ่านไปในระบบทางเดินอาหารในอัตราความเร็วเดียวกับอาหารทดลอง
- สามารถนำมาวิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย
- มีการกระจายตัวได้อย่างทั่วถึงในอาหารทดลอง (สำหรับตัวบ่งชี้ภายนอก)
- ผสมในอาหารที่อยู่ในระบบทางเดินอาหารได้เป็นอย่างดี (สำหรับตัวบ่งชี้ภายใน)

2.1 การใช้ตัวบ่งชี้ภายใน ใช้สารที่กระจายอยู่ทั่วไปในอาหาร เช่น ลิกนิน (lignin) หรือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) ในการศึกษาจำเป็นต้องวิเคราะห์หาค่า AIA หรือลิกนินในอาหารทดลองและต้องทราบปริมาณการกินได้ของสัตว์ที่แน่นอน โดยการสุ่มตัวอย่างมูลจากสัตว์ทดลองเป็นรายตัว หลาย ๆ วันติดต่อกัน นำมูลที่ได้ในแต่ละวันมาผสมกัน แล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัมนำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้งจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา AIA หรือลิกนิน และโภชนะที่เหลืออยู่ในมูลเพื่อหาการย่อยได้ของโภชนะตามสูตร

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \left[100 \times \frac{(\%\text{AIA ในอาหาร} \times \%\text{โภชนะในมูล})}{(\%\text{AIA ในมูล} \times \%\text{โภชนะในอาหาร})} \right]$$

2.2 การใช้ตัวบ่งชี้ภายนอก เป็นการใช้สารเคมีเติมเข้าไปในอาหารทดลอง ซึ่งสารเคมีที่นิยมใช้คือสารโครมิกออกไซด์ (chromic oxide ; Cr_2O_3) ทำการผสม สารชี้บ่งภายนอกชนิดที่ต้องการในอาหารที่ใช้ทดลอง เช่น ผสม Cr_2O_3 ลงในอาหารให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ แล้ววิเคราะห์หาปริมาตรของโครมิกออกไซด์ ที่มีในอาหารผสมกับมูลที่ถ่ายออกมาในมูลเพื่อนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ ตามสูตร

$$\text{การย่อยได้ (\%)} = \frac{\left[\frac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}} \right] - \left[\frac{\text{วัตถุแห้งในมูล}}{Cr_2O_3 \text{ ในมูล}} \right]}{\left[\frac{\text{วัตถุแห้งในอาหาร}}{Cr_2O_3 \text{ ในอาหาร}} \right]} \times 100$$

การหาการย่อยได้โดยการทดลองในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method)

ทรงศักดิ์ และยุทธชัย (2542) กล่าวว่า การวิเคราะห์การย่อยได้ในห้องปฏิบัติการถูกพัฒนาขึ้นมา เนื่องจากการวัดการย่อยได้ในตัวสัตว์ เป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย และใช้แรงงานเป็นจำนวนมาก จึงมีการพัฒนาการย่อยได้โดยการเลียนแบบสภาวะภายในทั้งหมดให้เหมือนกับการย่อยที่เกิดขึ้นจริงในตัวสัตว์ ซึ่งมีอยู่หลายวิธีที่นิยมใช้กัน ดังที่บุญล้อม (2541) ได้แนะนำไว้คือ

1. วิธีการ 2 ขั้นตอน ของ Tilley and Terry (2 - stage in vitro method) วิธีนี้ได้รับความนิยมมานาน แต่ภายหลังเมื่อมีการพัฒนาวิธีอื่นที่สามารถให้ข้อมูลได้มากกว่า และมีความแม่นยำสูงกว่า วิธีนี้จึงได้รับความนิยมน้อยลงไป ขั้นตอนเริ่มโดยนำอาหารที่บดแล้วประมาณ 0.5 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง จากนั้นเติมของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ผสมกับสารละลายและบัฟเฟอร์ไว้แล้วจำนวน 50 มิลลิลิตร เพื่อรักษา pH ให้อยู่ในสภาพใกล้เคียงกับกระเพาะรูเมนจริง แล้วนำไปแช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ภายใต้สภาพไร้ออกซิเจน (anaerobic) จากนั้นทำการฆ่าแบคทีเรียโดยใช้กรดเกลือ แล้วย่อยต่อด้วยเอนไซม์เปปซินเป็นเวลา 48 ชั่วโมง กรองส่วนที่เหลือซึ่งเป็นส่วนที่ไม่ถูกย่อยออก แล้วนำไปอบให้แห้ง เพื่อคำนวณหาค่าวัตถุแห้ง จากนั้นนำไปเผาจะทราบค่าอินทรีย์วัตถุ นำค่าที่ได้นี้ไปหักออกจากส่วนที่มีในอาหารตั้งแต่เริ่มต้น จะทราบค่าวัตถุแห้งที่ย่อยได้ (digestible dry matter ; DDM) และอินทรีย์วัตถุที่ย่อยได้ (digestible organic matter) แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility ; DMD) และ การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility ; OMD) ต่อไป

2. วิธีการเอนไซม์เปปซิน- เซลยูเลส (pepsin-cellulase technique) ทำโดยใช้เอนไซม์ที่สกัดจากจุลินทรีย์มาแช่บ่มกับตัวอย่างอาหารทดลองที่ต้องการทราบค่าการย่อยได้ วิธีนี้มีข้อดีคือสามารถทำได้รวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาทั้งคุณภาพของเอนไซม์และวิธีการวิเคราะห์ทำให้ได้ค่าที่แม่นยำขึ้น สะดวกสำหรับห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสัตว์เจาะกระเพาะ ขั้นตอนในการดำเนินการเริ่มจาก นำตัวอย่างอาหารมาอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วบดให้มีขนาด 1 มิลลิเมตร ผสมให้วัตถุดิบเข้ากันดี แล้วชั่งอาหาร 300 มิลลิกรัมใส่ใน glass filter-crucible เติม pepsin-hydrochloric acid solution ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จำนวน 30 มิลลิลิตรลงไป แล้วนำไป บ่ม ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากบ่มไป 5 ชั่วโมงให้คนสารใน crucible แล้วนำไปแช่ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสนาน 45 นาที แล้วดูดสารละลายออกด้วยปั๊มและล้างกากด้วยน้ำอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เติม cellulase-buffer solution ที่มีอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จำนวน 30 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และหลังจากบ่มไป 5 ชั่วโมง คนสารใน crucible เมื่อบ่มครบ 24 ชั่วโมง

อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณอินทรีย์วัตถุ แล้วทำการคำนวณหาปริมาณโภชนะที่สูญหายจากสูตร

$$\text{โภชนะที่สูญหาย (disappearance) (\%)} = ((W_O - W_T) / W_O) \times 100$$

เมื่อ W_O = ปริมาณโภชนะในอาหารก่อนหมักย่อย

W_T = ปริมาณโภชนะในกากอาหารหลังจากการหมักย่อย

เมื่อนำค่าการสูญหาย (disappearance) ของโภชนะต่าง ๆ เข้าโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY เพื่อคำนวณหาค่าการย่อยสลายของโภชนะต่าง ๆ ได้จากสมการที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979)

$$P = (a + b) \times (1 - e^{-ct})$$

เมื่อ P = ค่าการย่อยสลายได้ที่ช่วงเวลาต่างกัน (%)

a = ส่วนที่ละลายได้ทันที (%)

b = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดขบวนการหมักย่อยได้ (%)

e = log ฐาน 10

c = อัตราการย่อยสลายได้ของ b (h^{-1})

t = ช่วงระยะเวลาในการหมักบ่ม

ถึงแม้ว่าการศึกษาการสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีการใช้ถุงไนลอนจะเป็นวิธีที่สะดวก ค่าใช้จ่ายถูกกว่าการศึกษาในตัวสัตว์ แต่ก็มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีผลทำให้ความแม่นยำและข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ ดังนี้

3.1. ลักษณะเฉพาะของถุง (bag specification) ชนิดของวัสดุที่ใช้ทำถุง ขนาดของถุง ตลอดจนขนาดและความสม่ำเสมอของรูถุง (pore size) มีผลต่อค่าการสลายตัว โดยรูถุงควรมีขนาดกว้างพอที่จะให้ของเหลวและจุลินทรีย์ภายในกระเพาะหมักสามารถไหลผ่านเข้าออกได้ แต่ต้องไม่กว้างจนชิ้นอาหารที่ไม่ถูกย่อยไหลผ่านออกจากถุง หากใช้ถุงที่มีรูเล็กเกินไปจะทำให้จุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนแบคทีเรียที่ย่อยเซลลูโลสและโปรโตซัว ตลอดจนค่าความเป็นกรด-ด่างในถุงลดลง และถ้าใช้ถุงที่มีขนาดรูกว้างเกินไป ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งก็จะเพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันอณุภาคของอาหารที่หายไปจากการล้างถุงก็จะเพิ่มขึ้นด้วย (Ørskov *et al.*, 1983)

Meyer and Mackie (1986) อ้างโดย Huntington and Givens (1995) ได้ศึกษาความแตกต่างของขนาดรูถุงต่อจำนวนประชากรจุลินทรีย์พบว่ารูถุงที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้จำนวนประชากรจุลินทรีย์เพิ่มขึ้นเพิ่มขึ้น ดังแสดงในตาราง 10

ตาราง 10 จำนวนประชากรจุลินทรีย์ที่พบจากถุงที่มีขนาดรูถุงต่าง ๆ (%)

อาหาร	ขนาดรูถุง (ไมครอน)					
	5	10	13	20	30	53
ใบกระถินแห้ง	7.9	29.0	73.7	65.8	131.6	126.3
อาหารหยาบ	4.6	27.3	86.2	63.6	100.0	100.0
อาหารข้น	0.3	1.6	15.6	6.3	31.3	45.3

ที่มา : Meyer and Mackie (1986 อ้างโดย Huntington and Givens; 1995)

สัดส่วนของปริมาณตัวอย่างอาหารต่อพื้นที่ผิวของถุงก็มีผลต่อค่าการสลายตัว หากเพิ่มปริมาณตัวอย่างอาหารโดยไม่เพิ่มขนาดของถุงให้ได้สัดส่วนกัน ค่าการสลายตัวของโภชนะที่ได้จะลดลง โดยทั่วไปควรใส่ตัวอย่างอาหาร 10-15 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตรของพื้นที่ทั้งหมดของถุง โดยอัตราส่วนความกว้างและความยาวของถุงควรอยู่ระหว่าง 1:1 ถึง 1:2.5 และควรหลีกเลี่ยงการเย็บถุงที่ทำให้เกิดมุมแหลมที่ก้นถุง เพราะจะทำให้อาหารบางส่วนไปอุดอยู่ที่ก้นถุง (Madsen and Hvelplund, 1994)

3.2. ลักษณะของตัวอย่างอาหาร (diets characteristic) ตัวอย่างอาหารที่ใช้ ควรทำให้แห้งหรืออบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิที่ใช้อบตัวอย่างอาหารสูงเกินไปจะมีผลทำให้การสลายตัวและการละลายได้ของไนโตรเจนในตัวอย่างอาหารลดลงได้ (Lopez *et al.*, 1995) โดยทั่วไปควรบดตัวอย่างอาหารผ่านตะแกรง 1 มิลลิเมตร (เมธา, 2529)

3.3. การเตรียมตัวอย่างอาหาร (sample preparation) ตัวอย่างอาหารที่ใช้ถ้าเป็นอาหารหยาบใช้ประมาณ 3 กรัม ส่วนตัวอย่างอาหารโปรตีน อาหารข้น หรือธัญพืชใช้ประมาณ 4-5 กรัม (Ørskov, 1982)

3.4. การใส่ถุงตัวอย่างอาหารลงในกระเพาะหมัก (incubation in rumen) ควรจัดถุงให้กระจายอย่างสม่ำเสมอก่อนนำไปแช่ในกระเพาะหมัก และแช่ถุงไว้ในกระเพาะหมักส่วนล่าง โดยต้องให้ถุงทุกใบสัมผัสกับของเหลวในกระเพาะหมัก เนื่องจากหากถุงตัวอย่างมีการสัมผัสกับ

ของเหลวในกระเพาะรูเมนน้อย การสลายตัวอาจลดลง (เมธา, 2529) ทั้งนี้แบคทีเรียส่วนใหญ่จะอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวในกระเพาะหมักส่วนล่าง ที่สามารถรวมกลุ่มและเข้าย่อยผิวส่วนหน้าของอาหารได้ (Stewart, 1979) สำหรับเชือกไนลอนที่ใช้สำหรับผูกสายยางที่มัดถุงตัวอย่างอาหารจากฝาปิดกระเพาะหมัก ก็มีผลต่อการย่อยได้หรือการสลายตัวของโภชนะในถุง ถ้าเชือกสั้นเกินไปจะทำให้ถุงทั้งหมดไม่สัมผัสกับส่วนของของเหลวในกระเพาะหมักส่วนล่าง ค่าการสลายตัวของโภชนะที่ได้อาจไม่ดีนัก (Stritsler *et al*., 1990) ซึ่ง Ørskov (1982) แนะนำว่าเชือกที่ใช้ควรมีความยาวอย่างน้อย 50 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดความคล่องตัวในการเคลื่อนที่ของถุงไนลอนในกระเพาะ

3.5. การล้างถุง (washing method) การล้างถุงไนลอนที่มีตัวอย่างอาหาร หลังจากนำออกมาจากกระเพาะหมักที่ ชั่วโมงต่าง ๆ แล้วก็เป็นสิ่งสำคัญ เพราะจะมีผลต่อค่าการสลายตัว โดย Cherney *et al*. (1990) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการล้างถึงด้วยมือกับการล้างถุงด้วยเครื่องซักผ้า พบว่าค่าการสลายตัวไม่ต่างกันมากนัก แต่การล้างถุงด้วยเครื่องซักผ้าจะเป็นมาตรฐานที่ดีกว่า เพราะสามารถกำหนดโปรแกรมและเวลาในการซักล้างได้ สามารถล้างถุงได้คราวละมาก ๆ เป็นการประหยัดเวลา โดยเวลาที่แนะนำให้ใช้อยู่ที่ประมาณ 10 - 15 นาที (Mehrez and Ørskov, 1997)

เอกสิทธิ์ และคณะ (2541) รายงานว่าจากการเปรียบเทียบวิธีการล้างถุง 3 วิธีคือ 1). ล้างโดยใช้ก๊อกน้ำ โดยเปิดน้ำจากก๊อกล้างถุงโดยตรง 2). ล้างโดยเครื่องเขย่า โดยนำถังบรรจุน้ำมาวางบนเครื่องเขย่า ปรับให้น้ำเข้าและออกจากถังที่ 2.5 ลิตร และ 3). ล้างโดยใช้ถังบรรจุน้ำแล้วปล่อยให้น้ำไหลลงมาอย่างอิสระ โดยใช้ถังน้ำขนาด 60 ลิตรแล้วต่อท่อให้น้ำไหลลงมาล้างถุงอย่างอิสระ ผลปรากฏว่าแต่ละวิธีเมื่อนำมาเปรียบเทียบกันแล้วให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในแต่ละวิธีก็มีข้อดีข้อเสียที่ต่างกันคือ วิธีที่ 1 เป็นวิธีที่สะดวกที่สุด แต่จะมีความไม่คงที่ของความแรงของน้ำในการล้างแต่ละครั้ง วิธีที่ 2 มีข้อดีที่มีมาตรฐานในการล้างถุงเพราะสามารถตั้งโปรแกรมของเครื่องเขย่าให้ได้ความแรงและเวลาที่ต้องการได้ แต่พบว่ามีความยุ่งยากในการควบคุมปริมาณน้ำเพื่อปรับระดับเข้าและออกให้คงที่ วิธีที 3 เป็นวิธีที่สะดวกและมีความแปรปรวนน้อยที่สุด น่าจะเป็นวิธีที่ใช้เป็นมาตรฐานในการล้างถุง

3.6. การอบถุง (drying) หลังจากล้างถุงจนแน่ใจว่าสะอาดแล้ว ให้นำถุงไปอบโดยใช้อุณหภูมิ 60° ซ นาน 48 ชั่วโมง แล้วจึงชั่งน้ำหนักที่เหลือ (ทรงศักดิ์ และยุทธชัย, 2542)

3.7. สัตว์ทดลองและการให้อาหาร (animal and feeding) เมธา (2529) รายงานว่าสัตว์ทดลองที่ใช้ควรเป็นชนิดเดียวกันกับที่ต้องการศึกษา เช่นหากต้องการศึกษาการสลายตัวของโภชนะในโคนม ก็ควรใช้โคนมสำหรับศึกษา เพราะการย่อยได้และอัตราการไหลผ่านของอาหารในสัตว์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน สำหรับอิทธิพลของอาหารที่ให้สัตว์ทดลองย่อมมีผลต่อการ

สลายตัว ดังนั้นสิ่งที่สำคัญคืออาหารที่ให้สัตว์ทดลองควรเป็นอาหารที่มีความคล้ายคลึงหรือเป็นชนิดเดียวกับอาหารที่ต้องการทดสอบ

4. วิธีวัดปริมาณแก๊ส (gas production technique) เป็นวิธีการที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศเยอรมันเพื่อให้สามารถทำนายการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ และค่าพลังงานในอาหารได้ ต่อมาได้มีการดัดแปลงให้สามารถวัดอัตราการย่อยสลายของอาหารได้ด้วย วิธีการนี้เป็นวิธีที่สามารถประเมินการย่อยได้ใกล้เคียงกับการใช้สัตว์ทดลองมากที่สุด การศึกษาตามวิธีการนี้อาศัยความรู้จากการหมักย่อยอาหารโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในของเหลวในกระเพาะรูเมน ผลจากการหมักย่อยอาหารจะทำให้เกิดแก๊ซขึ้น ซึ่งได้มีการพัฒนาวิธีการและการคำนวณเพื่อใช้ทำนายคุณค่าทางอาหารได้ แก๊ซที่เกิดขึ้นจากการหมักย่อยส่วนใหญ่ คือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และมีเทน (CH_4) ซึ่งเป็นแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายของคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดไขมันสายสั้น (short chain fatty acid) ได้แก่ กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก และ กรดบิวทีริก จากรายงานของ Menke and Steingass (1988) กล่าวว่า ส่วนของโภชนะอื่น เช่น โปรตีน และ ไขมัน เมื่อถูกหมักจะได้ปริมาณแก๊ซน้อยกว่าคาร์โบไฮเดรต

การประเมินคุณค่าทางอาหารโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สทำได้โดยการชั่งตัวอย่างอาหารแห้งที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร ประมาณ 230 มิลลิกรัมใส่หลอดแก้ว (glass syringe) สอดแกนตันที่ทาวาสลีนแล้วเข้ากับหลอดแก้ว แล้วนำหลอดที่ใส่ตัวอย่างอาหารไปแช่บ่มในตู้อบที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส (ใกล้เคียงกับสภาพภายในกระเพาะรูเมน) แล้วเติมสารละลายของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่เก็บจากกระเพาะโคที่เจาะกระเพาะไว้แล้ว ซึ่งได้เติมบัฟเฟอร์ แร่ธาตุและสารละลายต่าง ๆ แล้วในปริมาณ 30 มิลลิลิตรเข้าไป ผสมกับตัวอย่างอาหาร แล้วนำไปบ่มต่อที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส จากนั้นอ่านค่าแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดแก้ว แล้วนำค่าแก๊สเมื่อบ่มครบ 24 ชั่วโมง มาหาค่าแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมง โดยสมการดังนี้

$$GP\ (ml / 200\ mgDM, 24h) = \frac{(V_{24} - V_0 - GP_0) \times 200 \times (Fh + Fc) / 2}{W}$$

เมื่อ V_0 = ปริมาตรส่วนผสมทั้งหมดที่อ่านได้ก่อนนำหลอดตัวอย่างที่ผสมของเหลวจากกระเพาะรูเมนไปแช่บ่ม

V_{24} = ค่าที่อ่านได้เมื่อแช่บ่มส่วนผสมของตัวอย่างครบ 24 ชั่งโมง

GP_0 = ค่าเฉลี่ยของแก๊สที่เกิดในหลอด blank ที่ไม่ได้ใส่ตัวอย่างอาหารที่ต้องศึกษาที่ 24 ชั่วโมง

Fh = ค่าแก๊สมาตรฐานของหญ้าแห้ง / ($GPh - GP_0$)

Fc = ค่าแก๊สมาตรฐานของอาหารข้น / ($GPh - GP_0$)

W = น้ำหนักตัวอย่างเป็นมิลลิกรัมวัตถุแห้ง

เมื่อนำค่าที่ได้มาแทนค่าในสมการรีเกรซชั่นเพื่อคำนวณหาการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (IVOMD, %) พลังงานเมแทบอไลซ์ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (ME และ NEL , MJ / kgDM) ตามวิธีการของ Menke and Steingass (1988) ดังนี้

IVOMD = $15.38 + 0.8453GP + 0.0595P + 0.0675XA$ ($R^2 = .91$)

ME = $2.20 + 0.1357GP + 0.0057XP + 0.0002859XL^2$ ($R^2 = .94$)

NEL = $0.54 + 0.0959GP + 0.0038XP + 0.001733XL^2$ ($R^2 = .93$)

เมื่อ IVOMD = อินทรีย์วัตถุย่อยได้ (%)

ME = พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (metabolizable energy) (MJ/kgDM)

NEL = พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy for lactation) (MJ/kgDM)

GP = ค่าแก๊ซที่ 24 ชั่วโมงหลังจากปรับแล้ว (ml)

XP = Crude protein (g/kgDM)

XL = Crude fat (g/kgDM)

5. วิธีการหาการย่อยได้โดยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีนี้ได้ปรับปรุงและพัฒนามาจากวิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963) โดย Wilman and Adesogan (2000) ซึ่งเป็นการหาค่าการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ การทดลองด้วยวิธีนี้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายและแรงงานในการปฏิบัติการได้ (Adesogan, 2005) มีขั้นตอนการทำโดยการเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระพาะรูเมน (rumen fluid) ของโคที่ผ่าตัดเจาะกระเพาะรูเมนแล้ว ซึ่งเป็นโคที่ได้รับอาหารชนิดเดียวกับอาหารที่ใช้ในการทดลอง เป็นเวลา 14 วันก่อนทำการเก็บของเหลวจากกระเพาะรูเมน (Robinson *et al.*, 1999)

ถุงที่ใช้ในการทดลองใช้ถุงโพลีเอสเตอร์ (ANKOM F57) ขนาด 5 x 5.5 เซนติเมตร มีขนาดรูถุง (pore size) 25 ไมโครเมตร โดยชั่งตัวอย่างอาหารที่บดผ่านตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร จำนวน 0.5 กรัม ใส่ลงถุงแล้วปิดปากถุงด้วยเครื่องทำความร้อน นำถุงอาหารใส่ลงในโถแก้วแล้วเติมสารละลายบัฟเฟอร์ A และ B นำมาผสมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนที่ผ่านการปั่น โดยทุกขั้นตอนมีการเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ตลอดเวลา จากนั้นนำโถแก้วเข้าแช่บ่มที่อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส ในเครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy^{II} เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดเวลานำถุงออกมาล้างด้วยน้ำจนสะอาด แล้วนำถุงเข้าอบในตู้อบด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส (Adesogan, 2005 ; Robinson *et al.*, 1999 ; Wilman and Adesogan, 2000) จากนั้นนำมาหาค่าการย่อยได้ด้วยวิธี IVTD จากสูตร

$$\%IVTD = 100 - \frac{(w3 - (w1 \times w4)) \times 100}{w2}$$

โดย w1 = น้ำหนักถุงเปล่า w2 = น้ำหนักอาหารทดลอง w3 = น้ำหนักถุงพร้อมอาหารทดลอง
w4 = น้ำหนัก blank (น้ำหนัก blank หลังการแช่บ่ม / น้ำหนัก blank)

Adesogan (2005) ได้ศึกษาผลของการใช้ถุงชนิดต่างกันกับเครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy[II] โดยเปรียบเทียบค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารสัตว์ชนิดต่าง ๆ คือ หญ้าไรย์แห้งและข้าวโพดหมัก โดยใช้ถุงแอนคอม (ANKOM F57) ซึ่งเป็นถุงโพลีเอสเทอร์ ที่มีขนาดรูถุง 25 ไมโครเมตร ขนาดถุง 5.5 x 5 เซนติเมตร และถุงดาครอน ที่มีขนาดรูถุง 50 ไมโครเมตร ขนาดถุง 5.2 x 4.5 เซนติเมตร และศึกษาผลของการชั่งน้ำหนักถุงโดยบันทึกน้ำหนักถุงและไม่บันทึกน้ำหนักถุง ผลการทดลองพบว่า ชนิดของถุงที่ต่างกันทำให้ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองแตกต่างกัน โดยถุงดาครอน ซึ่งมีขนาดรูถุงใหญ่กว่าถุงแอนคอม มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารสูงกว่าถุงแอนคอม ($P<0.001$) และการชั่งน้ำหนักถุงมีผลต่อค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลอง โดยถุงที่ชั่งจะมีค่าการย่อยได้ดีกว่าถุงที่ไม่ได้ชั่งน้ำหนัก ($P<0.001$) ดังแสดงในตาราง 11

ตาราง 11 ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งจากการใช้ถุงแอนคอมและถุงดาครอน (g/kg)

อาหาร	น้ำหนัก[I]	ชนิดถุง	
		ถุงแอนคอม	ถุงดาครอน
หญ้าไรย์สด	-	822	844
	+	910	934
หญ้าไรย์แห้ง	-	730	725
	+	848	876
ข้าวโพดหมัก	-	778	833
	+	883	924

[I] น้ำหนัก - หมายถึงถุงที่ไม่ถูกชั่ง, + หมายถึงถุงที่ถูกชั่ง

ที่มา : ดัดแปลงจาก Adesogan (2005)

นอกจากนี้ Adesogan (2005) ยังได้เปรียบเทียบการย่อยได้ของวัตถุแห้งจากถุงแอนคอมและถุงเอชเค (HK) ซึ่งเป็นถุงที่ทำจากใยโพลีเอสเทอร์ มีขนาดรูถุง 30 ไมโครเมตร ขนาดถุง 5.5 x 4.5 เซนติเมตร พบว่าค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารจากถุงเอชเค มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารสูงกว่าถุงแอนคอม ($P<0.001$) และจากการเปรียบเทียบค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารโดยใช้เครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy^{II} กับการใช้วิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963) พบว่าวิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963) มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารสูงกว่าวิธีการทดลองด้วยเครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy^{II} ($P<0.001$) ดังแสดงในตารางที่ 12

ตาราง 12 ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารจากการใช้ถุงแอนคอมและถุงเอชเค (g/kg) และค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารจากการใช้เครื่องแช่บ่ม ANKOM Daisy^{II} เปรียบเทียบวิธีการ 2 ขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963) (g/kg)

อาหาร	ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (g/kg)			
	ชนิดถุง		วิธีการ	
	ถุงแอนคอม	ถุงเอชเค	เครื่อง ANKOM Daisy^{II}	วิธีการของ Tilley and Terry (1963)
หญ้าไรย์หมัก	614	750	682	789
ข้าวโพดหมัก	629	668	648	755
หญ้าเบอร์มิวดา	558	634	596	709
หญ้าแพงโกล่า	432	544	488	695
หญ้าอัลฟาฟ่า	582	655	618	680
หญ้าฟลอโรนาสตาร์	413	455	434	585
หญ้าบาเฮีย	334	395	365	483

ที่มา : ดัดแปลงจาก Adesogan (2005)

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การวิจัยคุณค่าทางอาหารและการย่อยได้ของกากส่าเหล้าในอาหารโคนม มีระยะเวลา สถานที่ อุปกรณ์การดำเนินงานและวิธีการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ระยะเวลาที่ทำการวิจัย

เวลา เริ่มดำเนินการ เดือน กรกฎาคม 2547
เสร็จสิ้น เดือน พฤษภาคม 2548

สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่ 1. ฟาร์มโคนม สาขาโคนม-โคเนื้อ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรม การเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
2. ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

อุปกรณ์การดำเนินงาน

1. โคนมเพศผู้ตอนพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟรีเซียน x พื้นเมือง) ที่ผ่าตัดเจาะกระเพาะรูเมนแล้ว อายุ 4 ปี น้ำหนัก 350 $\pm$ 50 กิโลกรัม จำนวน 4 ตัว
2. โรงเรือนแบบผูกยืนโรงซึ่งมีบริเวณให้อาหารและน้ำแยกอิสระต่อกัน
3. เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 7 กิโลกรัม และ 500 กิโลกรัม
4. ถุงไนลอน ขนาด 9 x 14 เซนติเมตร มีขนาดรูถุง (pore size) 45 ไมโครเมตร
5. สายยางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ยาว 1 ฟุต จำนวน 28 เส้น
6. เชือกขนาด 2 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 1 เมตร
7. อุปกรณ์ทำความสะอาดถุงไนลอน
8. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดคอกโคทดลอง

9. อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้อาหารโคทดลอง
10. อุปกรณ์และชุดวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะในห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์
11. เครื่องมือวัดค่า pH
12. อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอาหารและมูล
13. อุปกรณ์สำหรับการทดลองโดยใช้ชุดหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II}) ตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)
14. ถุงโพลีเอสเตอร์ (filter bags) ขนาด 5 x 5.5 เซนติเมตร มีขนาดรูถุง (pore size) 25 ไมโครเมตร
15. กระบอกเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมน
16. ถังก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในกากส่าเหล้า แบ่งการทดลองเป็น 3 การทดลองคือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาการสลายตัวของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นภายในกระเพาะรูเมนโดยวิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique)

การทดลองที่ 2 การศึกษาการสลายตัวของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II}) ตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

การทดลองที่ 3 การศึกษาการย่อยได้ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (indicator method) คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash; AIA)

ในแต่ละการทดลองวางแผนการทดลองเป็นแบบ 4 x 4 latin square design โดยใช้อาหารทดลอง 4 สูตรดังนี้

สูตรที่ 1 กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 2 กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 3 กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์

สูตรที่ 4 กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์

การเตรียมอาหารทดลอง

กากส่าเหล้าที่ใช้ในการทดลองเป็นกากส่าเหล้าที่ได้จากการผลิตเหล้าพื้นเมืองจากข้าวเหนียว ที่ผลิตจากห้างหุ้นส่วนร้องขุ้มการสุราจำกัด ตำบลบ้านแม อำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ ลักษณะกากส่าเหล้าเป็นเศษข้าวที่เหลือจากการกลั่นเหล้า จากนั้นนำมาผึ่งให้หมาด แล้วนำไปผสมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์คือ รำละเอียด รำหยาบ และข้าวโพดบด ในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยแบ่งเป็น 4 กลุ่มการทดลอง ตามสูตรอาหารทดลอง คือ

อาหารทดลองสูตรที่ 1 ใช้กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์หมักเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ผึ่งไว้พอหมาดจากนั้นนำไปอัดเส้นเป็นเม็ดแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

อาหารทดลองสูตรที่ 2 ใช้กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ หมักไว้ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำไปอัดเส้นเป็นเม็ด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

อาหารทดลองสูตรที่ 3 ใช้กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ หมักไว้ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำไปอัดเส้นเป็นเม็ด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

อาหารทดลองสูตรที่ 4 ใช้กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ หมักไว้ 1 สัปดาห์ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

การทดลองที่ 1 การศึกษาการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นภายในกระเพาะรูเมนโดยวิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique)

ศึกษาการสลายตัวของกากส่าเหล้าและอาหารทดลองที่ผสมกากส่าเหล้าภายในกระเพาะรูเมนโดยวิธีใช้ถุงไนลอนตามวิธีการของ Ørskov and Mc Donald (1979)

วิธีการทดลอง

ถุงไนลอนที่ใช้ทดลองมีขนาดรูถุง 45 ไมโครเมตร มีขนาดถุง 9 x 14 เซนติเมตร สุ่มตัวอย่างอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและบดผ่านตะแกรงบดขนาด 1 มิลลิเมตร นำตัวอย่างอาหารประมาณ 5 กรัม ใส่ในถุงไนลอนที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง และทราบน้ำหนักถุงที่แน่นอน มัดปากถุงให้แน่น แล้วมัดถุงไนลอนติดกับสายยางแล้วนำไปร้อยใส่เชือก จากนั้นนำไปแช่บ่มในกระเพาะรูเมนตามช่วงเวลาดังนี้ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง แต่ละช่วงเวลาใช้ถุงไนลอน 3 ซ้ำต่อโคทดลอง 1 ตัว เมื่อ

ครบกำหนดเวลา นำถุงไนลอนออกจากกระเพาะรูเมน โดยนำถุงออกมาพร้อมกับตัวอย่างถุงที่เวลา 0 ชั่วโมง (ที่เวลา 0 ชั่วโมง นำตัวอย่างทดลองไปแช่ในน้ำอุ่น อุณหภูมิ 39 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที) ในการล้างถุงไนลอนจะนำถุงทั้งหมดล้างในภาชนะที่มีน้ำไหลตลอดเวลา เพื่อขจัดเศษอาหารที่ติดอยู่ตามนอกถุงออกให้หมดจนกว่าน้ำจะใส จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 48 ชั่วโมง แล้วนำไปใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่เหลือ หลังจากนั้นนำกากอาหารไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เพื่อคำนวณค่าวัตถุแห้ง นำกากอาหารไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อหาปริมาณอินทรียวัตถุ และนำกากอาหารที่เหลือไปวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย โปรตีน และเยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) จากนั้นคำนวณหาปริมาณโภชนะที่สลายตัว (disappearance) ในกระเพาะรูเมนที่เวลาการแช่ม่ต่าง ๆ จากสมการดังต่อไปนี้

$$\% \text{ DM disappearance} = \left[\frac{(W1+W2) - W3}{W2} \right] X \ 100$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักถุง

W2 = น้ำหนักตัวอย่าง

W3 = น้ำหนักถุง + ตัวอย่างหลังการแช่ในกระเพาะรูเมน

ค่าการสลายตัวของโภชนะที่ชั่วโมงต่าง ๆ ที่ได้นำมาคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการสลายตัวของโภชนะ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY (Chen, 1995) โดยใช้สมการจาก Ørskov and Mcdonald (1979) ดังนี้

$$P = a + b\,(1 - e^{-ct})$$

เมื่อ P = ค่าการย่อยสลายที่ช่วงเวลาต่าง ๆ (%)

a = ส่วนที่ละลายได้ทันที (%)

b = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดขบวนการหมักได้ (%)

e = log ฐาน 10

c = อัตราการย่อยสลายของ b (h^{-1})

t = ช่วงระยะเวลาต่าง ๆ

หลังจากคำนวณค่าการสลายตัวโดยโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY จะได้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของการสลายตัวในกระเพาะรูเมนได้แก่ค่า a คือส่วนที่ละลายได้ทันที (immediately soluble

fraction) ค่า b คือส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (degradability of insoluble fraction) ค่า a+b คือศักยภาพในการย่อยสลายได้ (potential degradability) ค่า c คืออัตราการย่อยสลาย (degradation rate) ค่า L คือช่วงเวลาที่เริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (lag time) และค่า $ED_{0.02}$ $ED_{0.05}$ และ $ED_{0.08}$ คือประสิทธิภาพการย่อยสลาย (effective degradation) ที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ตามลำดับ

สัตว์ทดลองและการให้อาหาร

ใช้โคนมเพศผู้ตอนพันธุ์ลูกผสม (โฮลสไตน์ฟรีเชี่ยน x พื้นเมือง) อายุ 4 ปี จำนวน 4 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย 350 ± 50 กิโลกรัม แต่ละตัวถูกเจาะกระเพาะแบบถาวร (permanent rumen fistula) โคทุกตัวอยู่ในคอกผูกยืนโรงที่มีบริเวณที่ให้อาหารและน้ำกินอย่างอิสระตลอดเวลา วางแผนการทดลองแบบ Latin Square Design กลุ่มการทดลอง 4 กลุ่มตามชนิดของอาหารข้น คือ กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) และกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4)ให้อาหารข้นในอัตรา 0.5 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว อาหารหยาบ คือ หญ้ารูซี่สด ให้ในอัตรา 2 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ของน้ำหนักตัว หรือประมาณ 5.2 กิโลกรัมวัตถุแห้ง ต่อตัวต่อวันโดยให้อาหารวันละ 2 เวลา คือ 7.00 น. และ 18.00 น. ให้โคกินอาหารข้นก่อนให้อาหารหยาบทุกครั้ง ก่อนทำการทดลองแช่ถุงไนลอนในกระเพาะรูเมน ให้อาหารทดลองในระยะก่อนการทดลองเป็นเวลา 14 วัน เพื่อให้ตัวสัตว์ทดลองและจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนได้ปรับสภาพกับอาหารที่จะใช้ทดลอง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Latin Square Design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยวิธี least significant difference โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996)

การทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

ศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น โดยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) ซึ่งวิธีนี้ได้รับการปรับปรุงมาจาก 2 วิธีการของ Tilly and Terry (1963) เพื่อให้ผลการทดลองที่มีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดแรงงานในการทดลอง เนื่องจากเป็นการใช้เครื่องมือแทนสัตว์ทดลอง ผลการทดลองที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับการทดลองด้วยวิธีการอื่น ๆ ในการทดลองด้วยวิธีนี้ใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II}) (Holden, 1999)

วิธีการทดลอง

เตรียมสารละลายที่ใช้ในการทดลอง ส่วนประกอบของสารละลายดังแสดงในตาราง 13 เตรียมสารละลาย A โดยการผสมสารเคมี KH_2PO_4 จำนวน 10 กรัม สาร $MgSO_4.7H_2O$ จำนวน 0.5 กรัม สาร NaCl จำนวน 0.5 กรัม สาร $CaCl_2.2H_2O$ จำนวน 0.1 กรัม และยูเรีย จำนวน 0.5 กรัม ลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (deionized water) จำนวน 1 ลิตร เตรียมสารละลาย B โดยการผสมสารเคมี Na_2CO_3 จำนวน 15 กรัม และสาร $Na_2S.9H_2O$ จำนวน 1.0 กรัม ลงในน้ำกลั่นปราศจากไอออน (deionized water) จำนวน 1 ลิตร

เตรียมตัวอย่างอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิดใส่ในถุงที่ชั่งน้ำหนักและเขียนหมายเลขแล้ว โดยสุ่มตัวอย่างอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร นำมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและบดผ่านตะแกรงบดขนาด 1 มิลลิเมตร จากนั้นชั่งตัวอย่างอาหาร 0.5 กรัมลงในถุงแล้วปิดปากถุงให้สนิทด้วยเครื่องทำความร้อน จากนั้นนำถุงที่มีอาหารทดลองใส่ลงในโถที่ใช้กับชุดการทดลองโดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม ANKOM Daisy^{II} ในหนึ่งโถสามารถใส่ได้ 25 ถุง เติมสารละลาย A จำนวน 1,330 มิลลิลิตร และ สารละลาย B จำนวน 266 มิลลิลิตร ลงในโถ แล้วนำไปแช่บ่มที่อุณหภูมิ 39.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

ตาราง 13 ส่วนประกอบของสารละลายที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี		กรัม/ลิตร
Buffer Solution A		
Potassium dihydrogen phosphate	(KH_2PO_4)	10.0
Magnesium sulfate-heptahydrate	($MgSO_4 7H_2O$)	0.5
Sodium chloride	(NaCl)	0.5
Calcium chlorid-dihydrate	($CaCl_2.2H_2O$)	0.1
Urea (reagent grade)	(NH_2)	0.5
Buffer Solution B		
Sodium Carbonate anhydrous	(Na_2CO_3)	15.0
Sodium sulphide nanohydrate	($Na_2S.9H_2O$)	1.0

ที่มา : Holden (1999)

เตรียมของเหลวจากกระเพาะรูเมน โดยเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนพร้อมด้วยอาหารที่อยู่ในกระเพาะรูเมน ซึ่งเป็นอาหารชนิดเดียวกับอาหารที่ใช้ทดลอง ใส่ลงในกระบอกสุญญากาศจนเต็ม จากนั้นนำมาปั่นด้วยเครื่องปั่นแล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง ตวงให้ได้ปริมาตร 400 มิลลิลิตร แล้วนำลงใส่ในโถ พร้อมทั้งเติมก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นนำโถเข้าแช่บ่มในเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม ANKOM Daisy^{II} ที่อุณหภูมิ 39.5 องศาเซลเซียส เมื่อครบกำหนดเวลานำออกมาล้างด้วยน้ำจนสะอาด แล้วนำถุงเข้าอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักที่เหลือและสุ่มตัวอย่างอาหารเพื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารคือ วัตถุแห้ง ความชื้น เถ้า โปรตีน เยื่อใย และ NDF นำค่าเฉลี่ยที่ได้ไปคำนวณค่าการย่อยได้ของโภชนะจากสูตร

$$\%\ IVTD = 100 - \left[\frac{(w3 - (w1 \times w4)) \times 100}{w2} \right]$$

โดย w1 = น้ำหนักถุงเปล่า w2 = น้ำหนักอาหารทดลอง w3 = น้ำหนักถุงพร้อมอาหารทดลอง
w4 = น้ำหนัก blank (น้ำหนัก blank หลังการแช่บ่ม / น้ำหนัก blank)

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ใช้วิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Latin Square Design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยวิธี least significant difference โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996)

การทดลองที่ 3 การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้ (indicator method)

สารบ่งชี้ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้คือ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) ซึ่งเป็นสารที่มีอยู่แล้วในอาหารทดลอง

วิธีการทดลอง

ให้โคทดลองได้รับอาหารที่ผสมกากส่าเหล้าทั้ง 4 สูตรร่วมกับอาหารหยาบคือหญ้าสด โดยให้หญ้าสดคิดเป็น 2 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ประมาณ 5.2 กิโลกรัมวัตถุแห้งต่อตัวต่อวัน ในแต่ละระยะของการทดลอง (period) ใช้เวลาทั้งหมด 20 วัน โดย 14 วันแรก เพื่อให้โคทดลองและจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนได้ปรับตัวให้เข้ากับอาหารทดลองที่ได้รับ (preliminary period) และ 6 วันสุดท้ายสำหรับเก็บข้อมูล (collection period) บันทึกปริมาณอาหารที่กินทั้งอาหารข้น อาหารหยาบและมูล สุ่มเก็บตัวอย่างอาหารที่สัตว์กิน (อาหารข้นและอาหารหยาบ) และ มูลในช่วง 6 วันสุดท้ายโดยสุ่มรายตัว และเก็บทุก ๆ วันติดต่อกัน สุ่มเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งต่อวัน คือเวลา 7.00 น. 12.00 น. และ 18.00 น. ในแต่ละเวลาสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 500 กรัม นำมูลที่ได้จากตัวสัตว์ในแต่ละวันมาผสมกันแล้วสุ่มมาประมาณ 500 กรัม นำมาอบที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสจนแห้ง หลังจากนั้นนำมาวิเคราะห์หา AIA รวมทั้งโภชนะที่เหลืออยู่ในมูลเพื่อหาการย่อยได้ของโภชนะดังนี้

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของสิ่งแห้ง (\%)} = 100 - 100 \times \left[\frac{\%\text{AIA ในอาหาร}}{\%\text{AIA ในมูล}} \right]$$

$$\text{สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - 100 \times \left[\frac{\%\text{AIA ในอาหาร} \times \%\text{ โภชนะในมูล}}{\%\text{AIA ในมูล} \times \%\text{ โภชนะในอาหาร}} \right]$$

การวิเคราะห์ทางสถิติ

เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะในอาหารชั้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารชั้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ใช้วิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ (analysis of variance, ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Latin Square Design และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มการทดลองด้วยวิธี least significant difference โดยการใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS (1996)

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการทดลอง

1. คุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการอาหารสัตว์ ภาควิชาเทคโนโลยีทางสัตว์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พบว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่นที่ใช้ในการทดลองทุกสูตร มีคุณค่าทางโภชนะสูงเพียงพอที่จะใช้เป็นแหล่งอาหารข้นหรืออาหารเสริมเลี้ยงโคได้ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) มีค่าเท่ากับ 14.56, 45.56, 46.56 และ 46.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 46.83 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 14.56 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 14

ตาราง 14 คุณค่าทางโภชนะของอาหารทดลอง

	DM	คุณค่าทางโภชนะ (%DM)						
		OM	CP	CF	EE	Ash	NFE	NDF
สูตรที่ 1	14.56	97.66	45.25	8.08	3.59	2.34	40.74	31.34
สูตรที่ 2	45.56	90.82	21.46	10.54	20.23	9.18	38.59	39.70
สูตรที่ 3	46.56	87.54	17.87	22.46	14.97	12.46	32.24	49.71
สูตรที่ 4	46.83	98.57	13.05	9.02	3.72	1.43	72.78	36.83

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ (OM) ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรจากตารางที่ 14 มีค่าเท่ากับ 97.66, 90.82, 87.54 และ 98.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 98.57 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 87.54 เปอร์เซ็นต์ ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน (CP) ของอาหารข้น พบว่าอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 45.25 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 13.05 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเท่ากับ 45.25, 21.46, 17.87 และ 13.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 14

ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใย (CF) ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 8.08, 10.54, 22.46 และ 9.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีสูงที่สุดเท่ากับ 22.46 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 8.08 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมัน (EE) ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.59, 20.23, 14.97 และ 3.72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงที่สุดเท่ากับ 20.23 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 3.59 เปอร์เซ็นต์

จากตาราง 14 จะเห็นได้ว่าอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย (NFE) เท่ากับ 40.74, 38.59, 32.24 และ 72.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์คาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่ายสูงที่สุดเท่ากับ 72.78 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 38.59 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่ไม่ละลายในสารละลายที่เป็นกลาง (NDF) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 49.71 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 31.34 เปอร์เซ็นต์ อาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ NDF 31.34, 39.70, 49.71 และ 36.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2. การศึกษาการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

2.1 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

จากตาราง 15 และภาพ 7 จะเห็นได้ว่า เมื่อแช่ตัวอย่างอาหารคือ อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25

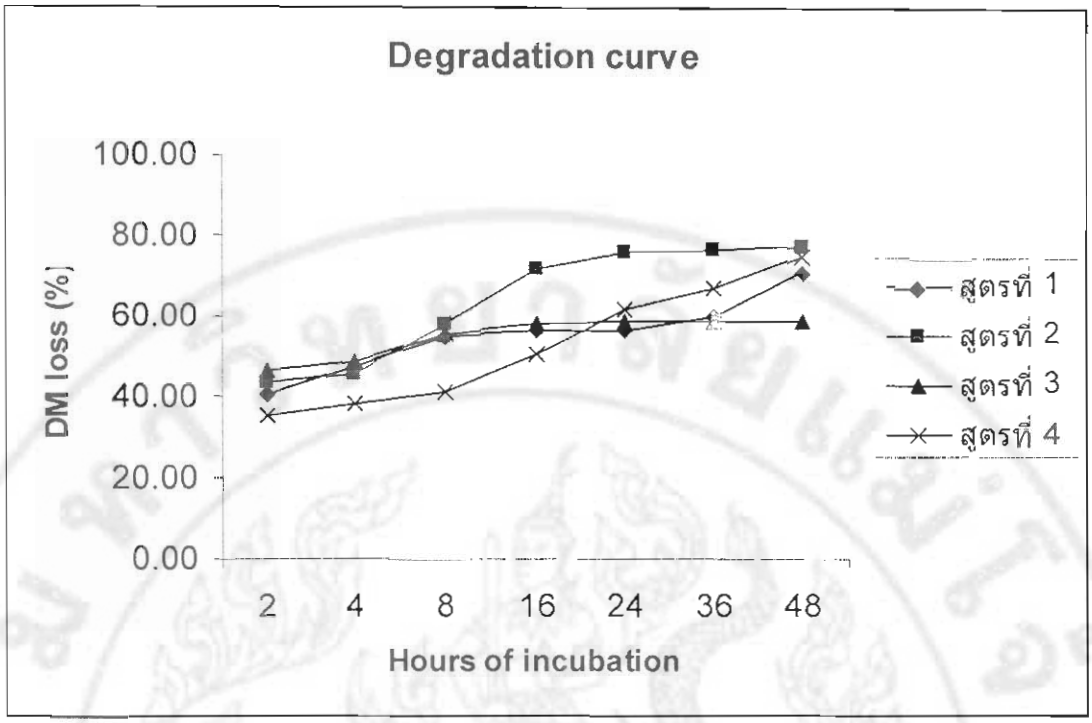
เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) ในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงต่าง ๆ คือ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นทุกสูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น โดยค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 1 ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 46.63, 48.23, 50.27, 55.00, 56.69, 65.03 และ 69.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเท่ากับ 42.66, 47.19, 59.60, 73.95, 79.30, 81.59 และ 83.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเท่ากับ 44.09, 47.68, 56.78, 61.83, 63.80, 63.90 และ 65.36 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเท่ากับ 32.56, 37.55, 43.58, 52.80, 63.77, 69.04 และ 76.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในชั่วโมงที่ 2 ของการแช่บ่มอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 46.63 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 32.56 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เมื่อแช่บ่มนาน 48 ชั่วโมง พบว่าอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 83.31 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 65.36 เปอร์เซ็นต์โดยค่าเฉลี่ยของการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นทุกสูตรทดลองในทุกชั่วโมงของการแช่บ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตาราง 15 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง

	ระยะเวลาในการหมักย่อย (ชม.)						
	2	4	8	16	24	36	48
สูตรที่ 1	46.63^{A}	48.23^{A}	50.27^{B}	55.00^{C}	56.69^{C}	$65.03^{B,C}$	69.11^{C}
สูตรที่ 2	42.66^{B}	47.19^{A}	59.60^{A}	73.95^{A}	79.30^{A}	81.59^{A}	83.31^{A}
สูตรที่ 3	44.09^{AB}	47.68^{A}	56.78^{A}	61.83^{B}	63.80^{B}	63.90^{C}	65.36^{C}
สูตรที่ 4	32.56^{C}	37.55^{B}	43.58^{C}	52.80^{C}	63.77^{B}	69.04^{B}	76.55^{B}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)



ภาพ 7 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ

การสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร จากตาราง 16 พบว่าค่าเฉลี่ยการละลายได้ (a) ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 32.00, 22.40, 17.60 และ 6.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยค่าเฉลี่ยการละลายได้ของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 32.00 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยการละลายได้ของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 6.80 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 67.98, 61.60, 47.15 และ 81.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์สูงที่สุดเท่ากับ 81.90 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ต่ำที่สุดเท่ากับ 47.15 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลายได้ (a+b) ของวัตถุแห้งของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเท่ากับ 99.98, 84.00, 64.75 และ 88.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 99.98 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 64.75 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

(P<0.01) อาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยอัตราการย่อยสลาย (c) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 0.008, 0.099, 0.146 และ 0.036 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.146 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 0.008 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อาหารข้นทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่วัตถุแห้งถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) มีค่าเท่ากับ 0.0 ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของวัตถุแห้ง

	Degradability parameter							
	a	b	a+b	c	L	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
สูตรที่ 1	32.00^{A}	67.98^{B}	99.98^{A}	0.008^{D}	0.0	66.68^{B}	55.78^{B,C}	52.28^{B}
สูตรที่ 2	22.40^{B}	61.60^{B}	84.00^{B}	0.099^{B}	0.0	75.08^{A}	66.28^{A}	60.53^{A}
สูตรที่ 3	17.60^{C}	47.15^{C}	64.75^{C}	0.146^{A}	0.0	61.33^{C}	57.48^{B}	54.70^{B}
สูตรที่ 4	6.80^{D}	81.90^{A}	88.70^{B}	0.036^{C}	0.0	66.13^{B}	53.00^{C}	46.80^{C}

^{ABCD} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

อาหารข้นทั้ง 4 สูตร มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) เท่ากับ 66.68, 75.08, 61.33 และ 66.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมงมีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 75.08 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 61.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 66.28 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 53.00 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) เท่ากับ 55.78, 66.28, 57.48 และ 53.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) เท่ากับ 52.28, 60.53, 54.70 และ 46.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 60.53 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด

เท่ากับ 46.80 เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ดังแสดงในตาราง 16

2.2 ค่าการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

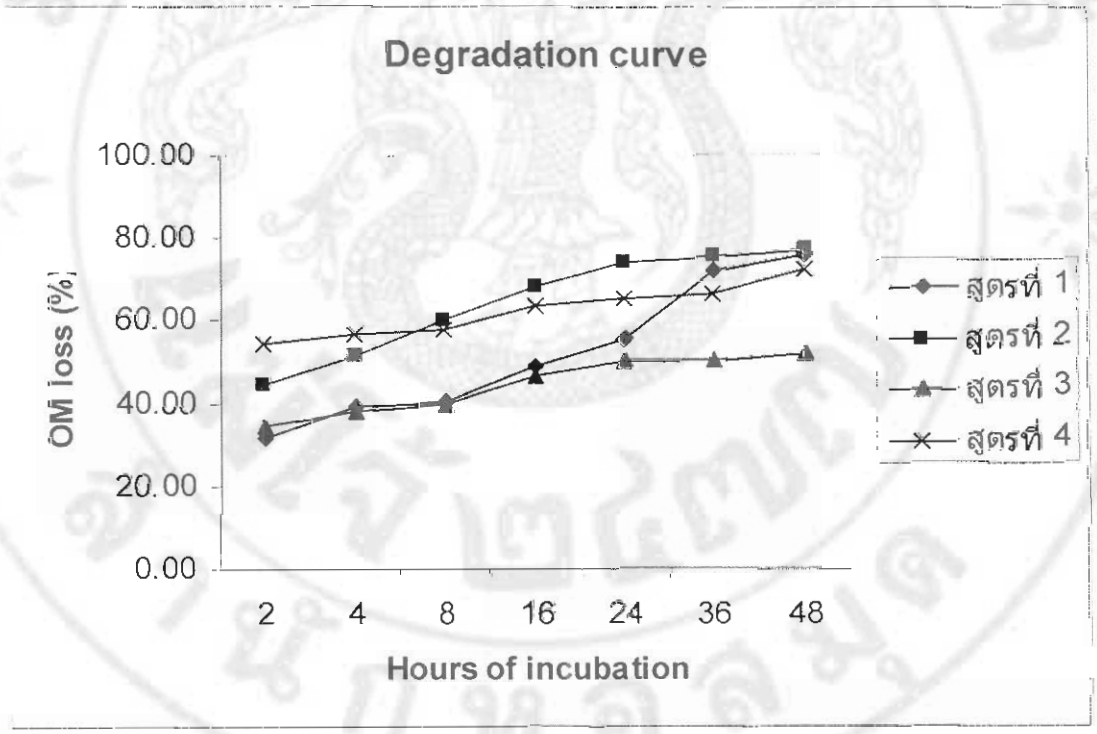
จากตาราง 17 และภาพ 8 แสดงผลการศึกษาการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) โดยวิธีใช้ถุงไนลอนและแช่ตัวอย่างอาหารในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงต่าง ๆ คือ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่าค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารข้นทุกสูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น โดยค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารข้นสูตรที่ 1 ที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 49.49, 51.12, 53.12, 57.59, 59.51, 67.63 และ 71.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารข้นสูตรที่ 2 ที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 45.56, 47.33, 60.68, 75.01, 80.05, 82.59 และ 84.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารข้นสูตรที่ 3 ที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 46.23, 49.88, 59.42, 64.15, 67.06, 67.13 และ 68.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารข้นสูตรที่ 4 ที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่า 40.22, 44.70, 50.11, 59.03, 68.35, 73.63 และ 79.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในชั่วโมงที่ 2 ของการแช่บ่มค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหาข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 49.49 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 40.22 เปอร์เซ็นต์ แต่ในชั่วโมงที่ 48 ของการแช่บ่ม อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 84.19 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 68.63 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในทุกชั่วโมงของการแช่บ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ยกเว้นในชั่วโมงที่ 4 ค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

ตาราง 17 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ อินทรียวัตถุ ในอาหารทดลอง

	ระยะเวลาในการหมักย่อย (ชม.)						
	2	4	8	16	24	36	48
สูตรที่ 1	49.49 ^{A}	51.12	53.12 ^{B}	57.59 ^{C}	59.51 ^{C}	67.63 ^{C}	71.52 ^{C}
สูตรที่ 2	42.56 ^{BC}	47.33	60.68 ^{A}	75.01 ^{A}	80.05 ^{A}	82.59 ^{A}	84.19 ^{A}
สูตรที่ 3	46.23 ^{AB}	49.88	59.42 ^{A}	64.15 ^{B}	67.06 ^{B}	67.13 ^{C}	68.63 ^{C}
สูตรที่ 4	40.22 ^{C}	44.70	50.11 ^{B}	59.03 ^{C}	68.35 ^{B}	73.63 ^{B}	79.97 ^{B}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)



ภาพ 8 ค่าการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ

จากตาราง 18 แสดงค่าเฉลี่ยการสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25

เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) พบว่ามีค่าเฉลี่ยการละลายได้ (a) ของอินทรียวัตถุของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเท่ากับ 35.70, 22.00, 18.10 และ 20.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยค่าการละลายได้ของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 35.70 เปอร์เซ็นต์ และค่าการละลายได้ของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 18.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่ละลายของอินทรียวัตถุแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 64.30, 62.73, 49.93 และ 69.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์สูงที่สุดเท่ากับ 69.95 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 49.93 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตาราง 18 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุ

	Degradability parameter							
	a	b	a+b	c	L	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
สูตรที่ 1	35.70^{A}	64.30^{A}	100.0^{A}	0.009^{D}	0.0	69.05^{B}	58.48^{B}	$55.08^{B.C}$
สูตรที่ 2	22.00^{B}	62.73^{A}	84.73^{B}	0.103^{B}	0.0	75.83^{A}	66.98^{A}	61.08^{A}
สูตรที่ 3	18.10^{C}	49.93^{B}	68.03^{C}	0.139^{A}	0.0	64.30^{C}	60.18^{B}	57.23^{B}
สูตรที่ 4	20.30^{C}	69.95^{A}	90.25^{B}	0.037^{C}	0.0	70.58^{B}	58.80^{B}	53.18^{C}

^{ABCD} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

อาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลาย (a+b) ของอินทรียวัตถุมีค่าสูง โดยค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 100.00, 84.73, 68.03 และ 90.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยศักยภาพในการย่อยสลายของอินทรียวัตถุของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 68.03 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลาย (c) ของอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 0.009, 0.103, 0.139 และ 0.037 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 0.139 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.009 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อาหารทดลองทุกสูตรมีค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่ถูกย่อยสลายของอินทรียวัตถุโดยจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 0.0 แสดงว่าอาหารสามารถถูกย่อยได้ทันทีเมื่อเข้าสู่กระเพาะรูเมน ดังแสดงในตาราง 18

ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของอินทรียวัตถุของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) มีค่าเท่ากับ 69.05, 75.83, 64.30 และ 70.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมงของอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 75.83 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 64.30 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 66.98 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 58.48 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการย่อยสลายของอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมงเท่ากับ 58.48, 66.98, 60.18 และ 58.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) มีค่าเท่ากับ 55.08, 61.08, 57.23 และ 53.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของอินทรียวัตถุ ที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง สูงที่สุดเท่ากับ 61.08 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 53.18 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 18

2.3 ค่าการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ผลการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนของอาหารข้นสูตรที่ 1 ที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 28.83, 30.02, 32.57, 35.73, 39.04, 51.34 และ 58.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนของอาหารข้นสูตรที่ 2 ที่ชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 57.40, 59.20, 67.59, 77.12, 84.95, 88.80 และ 89.43 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่า 70.58, 73.30, 80.87, 83.89, 85.52, 86.18 และ 86.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนของอาหารข้นสูตรที่ 4 ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 46.46, 52.79, 57.09, 59.16, 69.13, 72.81 และ 77.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

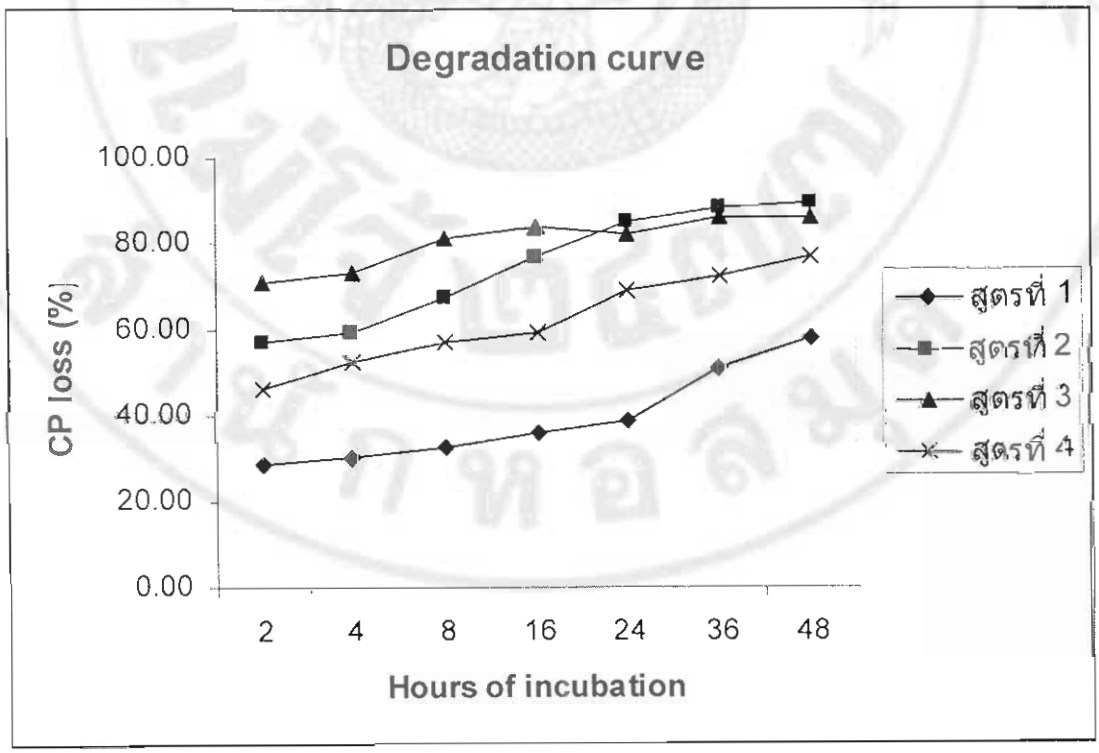
ค่าการสลายตัวของโปรตีนของอาหารข้นทุกสูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น เช่นเดียวกับค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ โดยอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนในชั่วโมงที่ 2 ของการแช่บ่มสูงที่สุดเท่ากับ 70.58 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 28.83 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 48 ของการแช่บ่ม อาหารข้นสูตรที่ 2 มี

ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 89.43 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 58.28 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยของการสลายตัวของโปรตีนในทุกชั่วโมงของการแช่บ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ดังแสดงในตาราง 19 และภาพ 9

ตาราง 19 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของโปรตีนในอาหารทดลอง

	ระยะเวลาในการหมักย่อย (ชม.)						
	2	4	8	16	24	36	48
สูตรที่ 1	28.83^{D}	30.02^{D}	32.57^{D}	35.73^{D}	3904^{C}	51.34^{C}	58.28^{C}
สูตรที่ 2	57.40^{B}	59.20^{B}	67.59^{B}	77.12^{B}	84.95^{A}	88.80^{A}	89.43^{A}
สูตรที่ 3	70.58^{A}	73.30^{A}	80.87^{A}	83.89^{A}	85.52^{A}	86.18^{A}	86.48^{A}
สูตรที่ 4	46.46^{C}	52.79^{C}	57.09^{C}	59.16^{C}	69.13^{B}	72.81^{B}	77.03^{B}

^{ABCD} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)



ภาพ 9 ค่าการสลายตัวของโปรตีนของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ

การสลายตัวของโปรตีนของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร จากตาราง 20 พบว่า ค่าเฉลี่ยการละลายได้ (a) ของโปรตีนของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเท่ากับ 17.80, 41.30, 39.00 และ 17.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยการละลายได้ของโปรตีน มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 41.30 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 17.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าเฉลี่ยของโปรตีนส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 82.20, 51.00, 47.23 และ 69.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าโปรตีนส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์สูงที่สุดเท่ากับ 82.20 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 47.23 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลายได้ (a+b) ของโปรตีนของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 100.0, 92.30, 86.23 และ 87.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยค่าศักยภาพในการย่อยสลายได้ของโปรตีนของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 86.23 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) อาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 0.154 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.002 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยอาหารข้นทั้ง 4 สูตร มีค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายของโปรตีน เท่ากับ 0.002, 0.068, 0.154 และ 0.036 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และช่วงเวลาที่โปรตีนถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มีค่า 0.0 ในทุกสูตรอาหาร โดยค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ดังแสดงในตาราง 20

ตาราง 20 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของโปรตีน

	Degradability parameter							
	a	b	a+b	c	L	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
สูตรที่ 1	17.80^{C}	82.20^{A}	100.00^{a}	0.002^{D}	0.0	57.15^{B}	39.48^{D}	34.73^{D}
สูตรที่ 2	41.30^{A}	51.00^{C}	92.30^{ab}	0.68^{B}	0.0	82.58^{A}	74.35^{B}	69.55^{B}
สูตรที่ 3	39.00^{B}	47.23^{C}	86.23^{b}	0.154^{A}	0.0	83.73^{A}	80.88^{A}	78.73^{A}
สูตรที่ 4	17.50^{D}	69.88^{B}	87.38^{b}	0.036^{C}	0.0	70.6^{A}	61.63^{C}	57.50^{C}

^{ABCD} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{abcd} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.05)

ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีนที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) มีค่าเท่ากับ 57.15, 82.58, 83.73 และ 70.60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีน ที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 83.73 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 57.15 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีนที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมงในอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 80.88 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 39.48 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีนที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเท่ากับ 39.48, 74.35, 80.88 และ 61.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงของโปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีนที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) เท่ากับ 34.73, 69.55, 78.73 และ 57.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารสูตรข้นที่ 3 มีค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีนที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงสูงที่สุดเท่ากับ 78.73 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายของโปรตีนที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงต่ำที่สุดเท่ากับ 34.73 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตาราง 20

2.4 ค่าการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

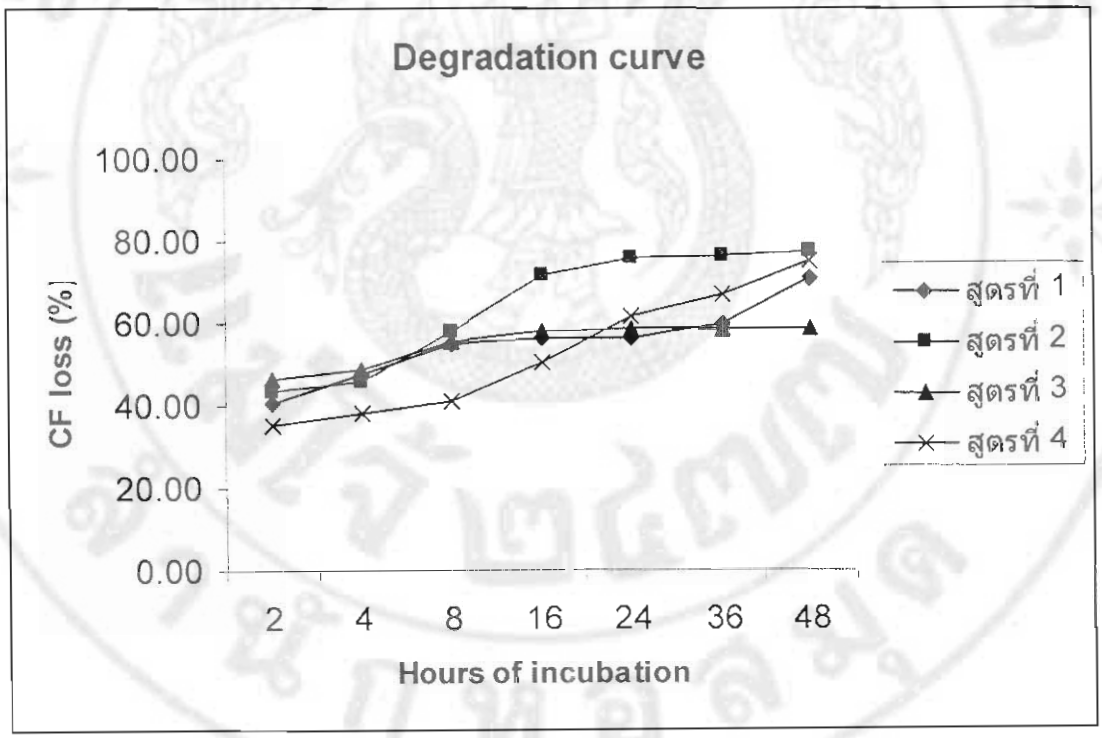
ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารข้นทุกสูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 21 โดยค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 1 (กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์) ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 40.56, 47.41, 55.18, 56.42, 56.53, 59.85 และ 71.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 2 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์) ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 43.74, 45.87, 58.48, 71.91, 75.84, 76.23 และ 77.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 3 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์) ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 46.19, 48.61, 55.85, 58.30, 58.74, 58.81 และ 59.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 4 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์) ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่า 35.31, 38.07, 41.23, 50.70, 61.85, 67.04 และ 75.46 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในชั่วโมงที่ 2 ของการแช่บ่ม อาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยสูงที่สุดเท่ากับ 46.19 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยต่ำที่สุดเท่ากับ 35.31 เปอร์เซ็นต์ แต่ในชั่วโมงที่ 48 ของการแช่บ่ม อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยสูงที่สุดเท่ากับ 77.44 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยต่ำที่สุดเท่ากับ 59.02 เปอร์เซ็นต์โดยค่าเฉลี่ยของการสลายตัวของเยื่อใยในทุกชั่วโมงของการแช่บ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 21 และภาพ 10

ตาราง 21 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารทดลอง

	ระยะเวลาในการหมักย่อย (ชม.)						
	2	4	8	16	24	36	48
สูตรที่ 1	40.56 ^{B}	47.41	55.18 ^{A}	56.42 ^{B}	56.53 ^{C}	59.85 ^{C}	71.04 ^{B}
สูตรที่ 2	43.74 ^{AB}	45.87	58.48 ^{A}	71.91 ^{A}	75.84 ^{A}	76.23 ^{A}	77.44 ^{A}
สูตรที่ 3	46.19 ^{A}	48.61	55.85 ^{A}	58.30 ^{B}	58.74 ^{C}	58.81 ^{C}	59.02 ^{C}
สูตรที่ 4	35.31 ^{C}	38.07	41.23 ^{B}	50.70 ^{C}	61.85 ^{B}	67.04 ^{B}	75.46 ^{A}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)



ภาพ 10 ค่าการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ

จากตาราง 22 จะเห็นได้ว่าการสลายตัวของเยื่อใยของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าเฉลี่ยของการละลายได้ (a) ของเยื่อใยของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 34.30, 41.70, 29.00 และ 15.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการละลายได้ของเยื่อใย ของอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 41.70 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 15.90 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของเยื่อใยส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 53.38, 36.50, 30.03 และ 76.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 76.80 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 30.03 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลายได้ (a+b) ของเยื่อใยของอาหารทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 92.70 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 59.03 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลายได้ของเยื่อใยของอาหารทั้ง 4 สูตรมีค่าเท่ากับ 87.68, 78.20, 59.03 และ 92.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลาย (c) ของเยื่อใยของอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 0.02, 0.12, 0.21 และ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลายของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 0.21 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่เยื่อใยถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) มีค่าเท่ากับ 0.0, 2.20, 0.0 และ 0.0 ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่เยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 2 ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 2.20 เปอร์เซ็นต์ และสูตรอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 0.0 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตาราง 22 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของเยื่อใย

	Degradability parameter							
	a	b	a+b	c	L	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
สูตรที่ 1	34.30^{B}	53.38^{b}	87.68	0.02^{C}	0.00^{b}	63.88^{b}	55.00^{B}	51.60^{B}
สูตรที่ 2	41.70^{A}	36.50^{c}	78.20	0.12^{B}	2.20^{a}	71.33^{a}	64.38^{A}	59.70^{A}
สูตรที่ 3	29.00^{C}	30.03^{c}	59.03	0.21^{A}	0.00^{b}	57.18^{c}	55.00^{B}	53.25^{B}
สูตรที่ 4	15.90^{D}	76.80^{a}	92.70	0.0^{C}	0.00^{b}	67.38^{ab}	52.33^{B}	46.33^{C}

^{ABCD} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{abc} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของเยื่อใยที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) มีค่าเท่ากับ 63.88, 71.33, 57.18 และ 67.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายของเยื่อใยที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 71.33 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 57.18 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของเยื่อใยของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 55.00, 64.38, 55.00 และ 52.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ประสิทธิภาพการย่อยสลายของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 2 ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 64.38 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 52.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของเยื่อใยที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) มีค่าเท่ากับ 51.60, 59.70, 53.25 และ 46.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารสูตรที่ 2 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายของเยื่อใยที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 59.70 เปอร์เซ็นต์ และ อาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 46.33 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ดังแสดงในตาราง 22

2.5 ค่าการศึกษาการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) อาหารข้นที่มี

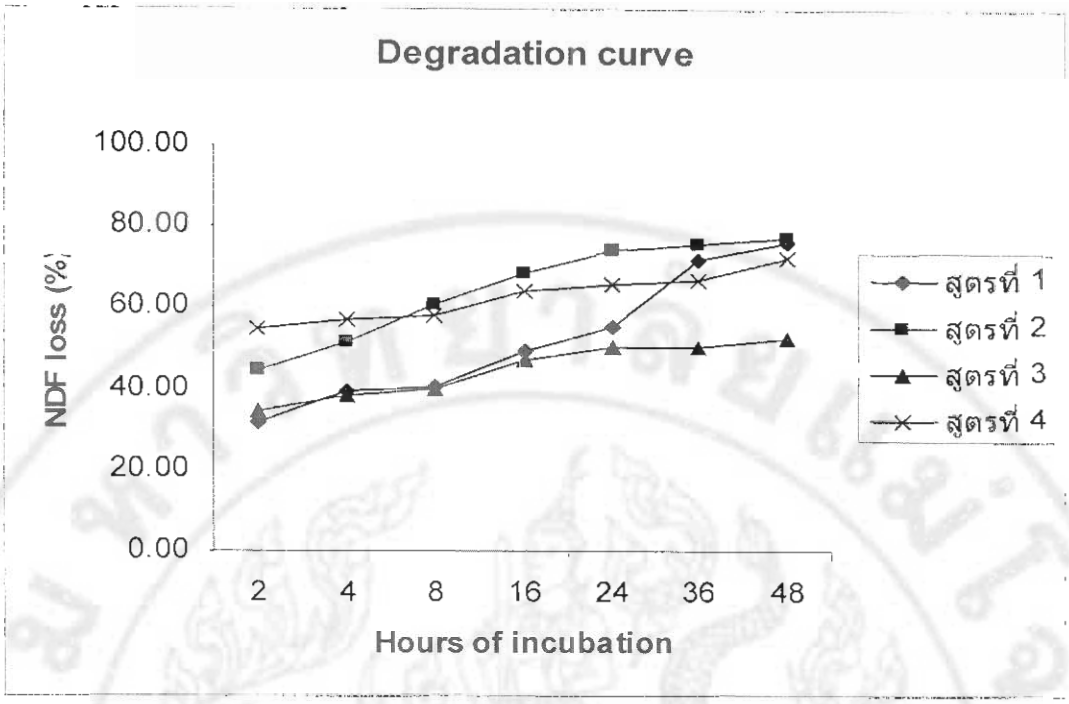
กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) โดยแช่ตัวอย่างอาหารในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงต่าง ๆ คือ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารทดลองทุกสูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น โดยค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 1 ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 31.39, 39.33, 40.09, 49.28, 55.43, 71.85 และ 76.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 2 ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 44.41, 51.24, 60.51, 68.30, 74.11, 75.68 และ 77.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 3 ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่าเท่ากับ 34.37, 37.88, 39.55, 46.71, 50.03, 50.08 และ 52.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 4 ในชั่วโมงที่ 2, 4, 8, 16, 24, 36 และ 48 มีค่า 54.66, 56.91, 58.16, 63.94, 65.60, 66.74 และ 72.23 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในชั่วโมงที่ 2 ของการแช่บ่ม ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 54.66 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ NDF ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.39 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 48 ของการแช่บ่ม อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 77.19 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ NDF ต่ำที่สุดเท่ากับ 52.21 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยของการสลายตัวของ NDF ในทุกชั่วโมงของการแช่บ่มมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 23 และภาพ 11

ตาราง 23 ค่าเฉลี่ยการสลายตัวของ NDF ในอาหารทดลอง

	ระยะเวลาในการหมักย่อย (ชม.)						
	2	4	8	16	24	36	48
สูตรที่ 1	31.39^{C}	39.33^{C}	40.09^{B}	49.28^{C}	55.43^{C}	71.85^{A}	76.08^{AB}
สูตรที่ 2	44.41^{B}	51.24^{B}	60.51^{A}	68.30^{A}	74.11^{A}	75.68^{A}	77.19^{A}
สูตรที่ 3	34.37^{C}	37.88^{C}	39.55^{B}	46.71^{C}	50.03^{D}	50.08^{C}	52.21^{C}
สูตรที่ 4	54.66^{A}	56.91^{A}	58.16^{A}	63.94^{B}	65.60^{B}	66.74^{B}	72.23^{B}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)



ภาพ 11 ค่าการสลายตัวของ NDF ของอาหารทดลองที่ชั่วโมงต่าง ๆ

การสลายตัวของ NDF ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) จากตารางที่ 24 พบว่าค่าเฉลี่ยของการละลายได้ (a) ของ NDF ของอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 7.30, 40.70, 26.90 และ 32.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับโดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีส่วนที่ละลายได้ของ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 40.70 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 7.30 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าเฉลี่ยของ NDF ส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) มีค่าเท่ากับ 92.70, 35.98, 25.60 และ 53.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของ NDF ส่วนที่ไม่ละลายแต่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 92.70 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 25.60 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ตาราง 24 ค่าพารามิเตอร์ของการสลายตัวของ NDF

	Degradability parameter							
	a	b	a+b	c	L	$ED_{0.02}$	$ED_{0.05}$	$ED_{0.08}$
สูตรที่ 1	7.30^{D}	92.70^{A}	100.00^{a}	0.01^{C}	0.00	70.63^{A}	51.58^{B}	44.88^{B}
สูตรที่ 2	40.70^{A}	35.98^{C}	76.68^{b}	0.11^{A}	1.05	70.48^{A}	64.15^{A}	59.93^{A}
สูตรที่ 3	26.90^{C}	25.60^{C}	52.50^{c}	0.08^{B}	0.00	48.13^{B}	44.15^{C}	41.70^{B}
สูตรที่ 4	32.30^{B}	53.45^{B}	85.75^{ab}	0.05^{B}	0.00	68.78^{A}	62.48^{A}	60.03^{A}

^{ABCD} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)

^{abc} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลายได้ (a+b) ของ NDF มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 100.0, 76.68, 52.50 และ 85.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยของศักยภาพในการย่อยสลายได้ของ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 52.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของอัตราการย่อยสลาย (c) ของ NDF มีค่าเท่ากับ 0.01, 0.11, 0.08 และ 0.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอัตราการย่อยสลายของ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 0.11 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 0.01 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ค่าเฉลี่ยของช่วงเวลาที่ NDF ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) มีค่าเท่ากับ 0.0, 1.05, 0.0 และ 0.0 ตามลำดับ โดยช่วงเวลาที่ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 2 ถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 1.05 เปอร์เซ็นต์ และสูตรอื่น ๆ มีค่าเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์โดยค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05)

อาหารข้นทั้ง 4 สูตรมีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) มีค่าเท่ากับ 70.63, 70.48, 48.13 และ 68.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) อาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง สูงที่สุดเท่ากับ 70.63 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 48.13 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) มีค่าเท่ากับ 51.58, 64.15, 44.15 และ 62.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง สูงที่สุดเท่ากับ 64.15 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 44.15

เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ค่าเฉลี่ยของประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) มีค่าเท่ากับ 44.88, 59.93, 41.70 และ 60.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 60.63 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 41.70 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 24

3. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น โดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) โดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II}) ตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) โดยการแช่บ่มตัวอย่างอาหารที่ 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในอาหารทดลองทุกสูตรมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น (จาก 24 ชั่วโมง เป็น 48 ชั่วโมง)

3.1 ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ในชั่วโมงที่ 24 พบว่าค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 51.10 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 42.10 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของกลุ่มอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 51.10, 49.32, 42.10 และ 44.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับอาหารข้นสูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3 และสูตรที่ 4 ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 25 และภาพ 12

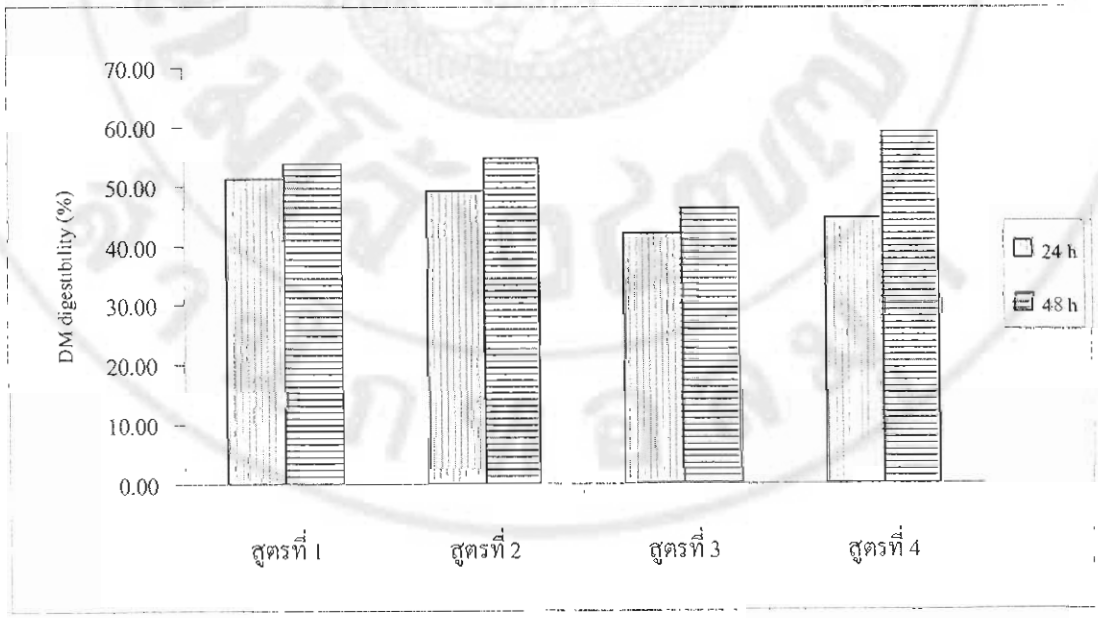
ผลการศึกษาการย่อยได้ของวัตถุแห้ง ในชั่วโมงที่ 48 พบว่ามีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 53.87, 54.84, 46.38 และ 59.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

โดยค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองมีค่าเพิ่มขึ้นตามชั่วโมงแช่บ่ม ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 59.42 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 46.38 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตาราง 25 และภาพ 12

ตาราง 25 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารทดลองด้วยวิธี IVTD

อาหารทดลอง	ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (%)	
	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 48
สูตรที่ 1	51.10[a]	53.87[b]
สูตรที่ 2	49.32[a]	54.84[b]
สูตรที่ 3	42.10[b]	46.38[c]
สูตรที่ 4	44.80[b]	59.42[a]

[abc] ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)



ภาพ 12 ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารทดลอง ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

3.2 ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ผลการศึกษาค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร โดยใช้เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม ANKOM Daisy[II] ตามวิธี IVTD พบว่าในชั่วโมงที่ 24 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 51.30, 47.58, 41.30 และ 47.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 51.30 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 41.30 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตาราง 26 และภาพ 13

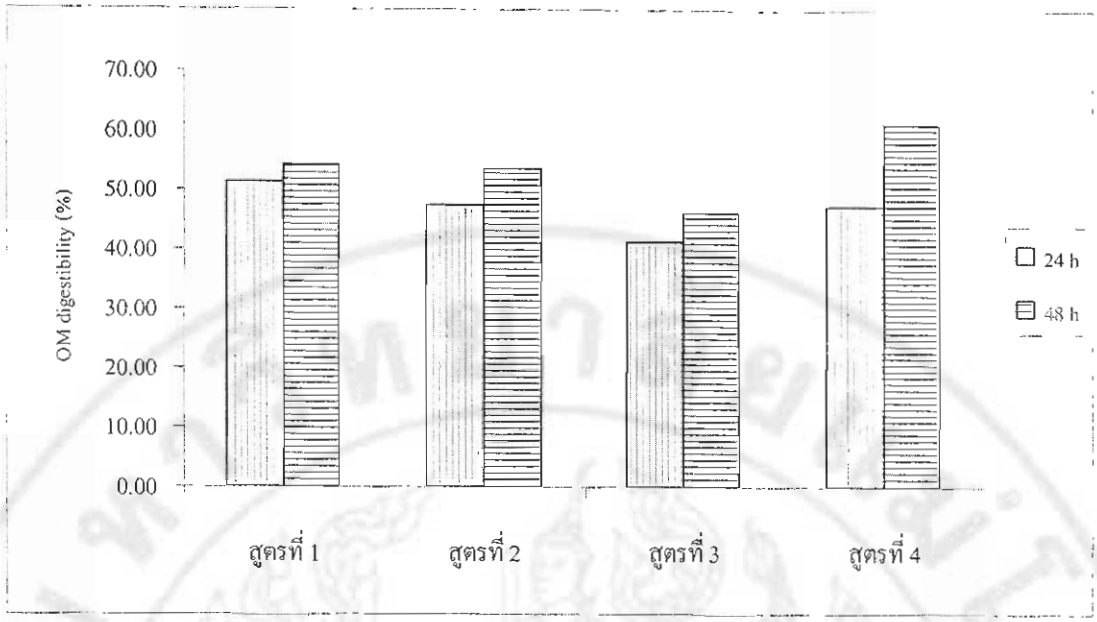
ในชั่วโมงที่ 48 พบว่าค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุมีค่าเท่ากับ 54.26, 53.67, 46.10 และ 61.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 61.33 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 46.10 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 26 และภาพ 13

ตาราง 26 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารทดลอง

อาหารทดลอง	ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (%)	
	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 48
สูตรที่ 1	51.30^{a}	54.26^{B}
สูตรที่ 2	47.58^{b}	53.67^{B}
สูตรที่ 3	41.30^{c}	46.10^{C}
สูตรที่ 4	47.29^{b}	61.33^{A}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

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



ภาพ 13 ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลอง ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

3.3 ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนของอาหารทดลองที่ชั่วโมงที่ 24 มีค่าเท่ากับ 25.39, 35.41, 40.85 และ 21.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีน สูงที่สุดเท่ากับ 40.85 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีน ต่ำที่สุดเท่ากับ 21.49 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 27 และภาพ 14

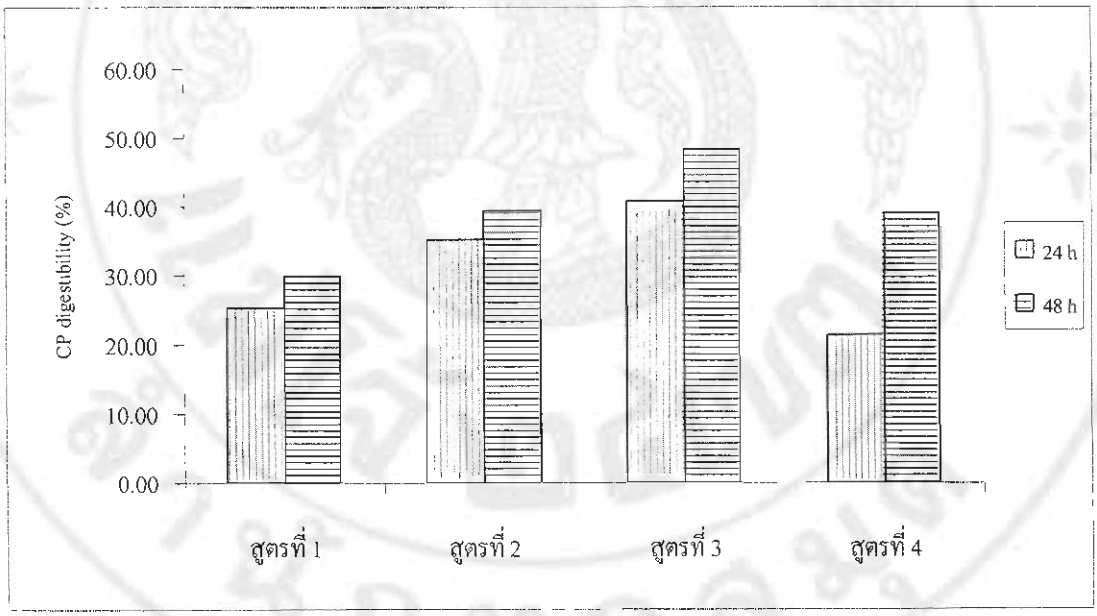
ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าสูงขึ้นในชั่วโมงที่ 48 ค่าเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 30.01, 39.38, 48.42 และ 39.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 48.42 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนต่ำที่สุดเท่ากับ 30.01 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตาราง 27 และภาพ 14

ตาราง 27 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารทดลอง

อาหารทดลอง	ค่าการย่อยได้ของโปรตีน (%)	
	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 48
สูตรที่ 1	25.39 ^{B}	30.01 ^{c}
สูตรที่ 2	35.41 ^{A}	39.38 ^{b}
สูตรที่ 3	40.85 ^{A}	48.42 ^{a}
สูตรที่ 4	21.49 ^{B}	39.03 ^{b}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

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



ภาพ 14 ค่าการย่อยได้ของโปรตีนของอาหารทดลอง ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

3.4 ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

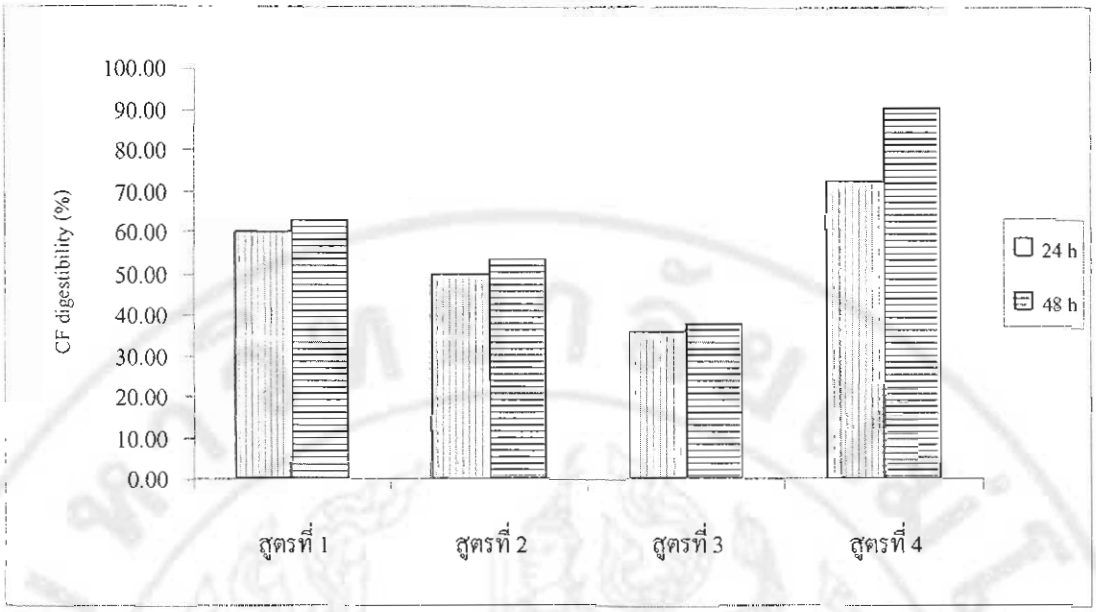
ในชั่วโมงที่ 24 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตร มีค่าเท่ากับ 59.99, 49.84, 36.03 และ 72.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 72.40 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 36.03 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ดังแสดงในตาราง 28 และภาพ 15

ในชั่วโมงที่ 48 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรเท่ากับ 62.91, 53.30, 37.59 และ 90.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 90.08 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 37.59 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 28 และภาพ 15

ตาราง 28 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารทดลอง

อาหารทดลอง	ค่าการย่อยได้ของเยื่อใย (%)	
	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 48
สูตรที่ 1	59.99 ^{B}	62.91 ^{B}
สูตรที่ 2	49.84 ^{C}	53.30 ^{C}
สูตรที่ 3	36.03 ^{D}	37.59 ^{D}
สูตรที่ 4	72.40 ^{A}	90.08 ^{A}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)



ภาพ 15 ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารทดลอง ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

3.5 ค่าการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

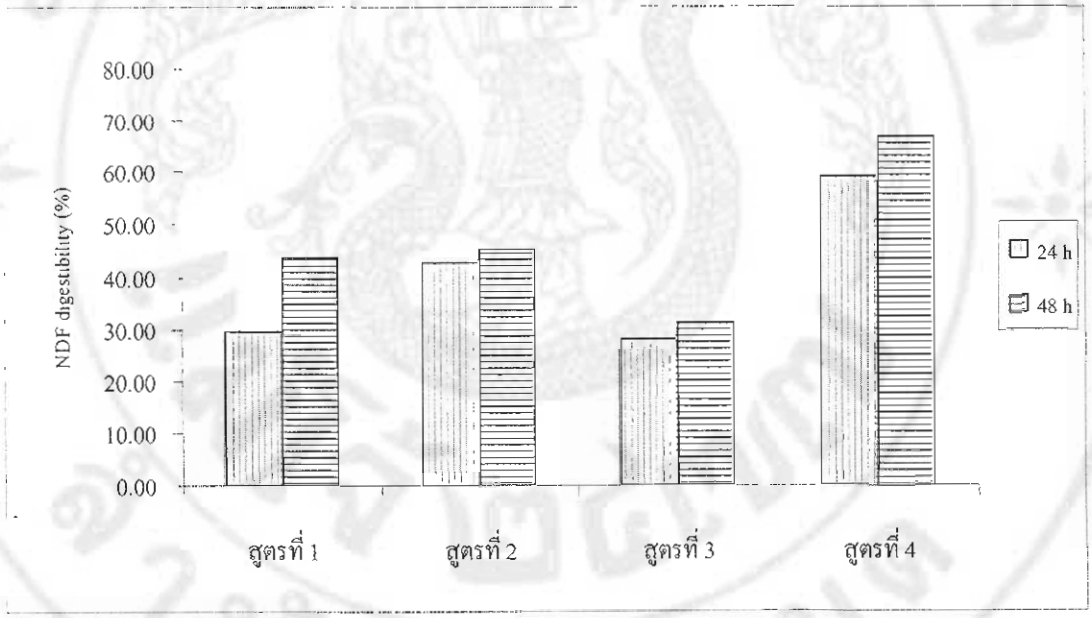
ผลการศึกษาการย่อยได้ของ NDF ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร ในชั่วโมงที่ 24 พบว่ามีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF เท่ากับ 29.45, 42.74, 28.19 และ 72.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 58.92 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ต่ำที่สุดเท่ากับ 28.19 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 29 และภาพ 16

ในชั่วโมงที่ 48 พบว่าค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ของอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 43.80, 45.23, 31.07 และ 66.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 66.86 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ต่ำที่สุดเท่ากับ 31.07 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตาราง 29 และภาพ 16

ตาราง 29 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ในอาหารทดลอง

อาหารทดลอง	ค่าการย่อยได้ของ NDF (%)	
	ชั่วโมงที่ 24	ชั่วโมงที่ 48
สูตรที่ 1	29.45 ^{C}	43.80 ^{B}
สูตรที่ 2	42.74 ^{B}	45.23 ^{B}
สูตรที่ 3	28.19 ^{C}	31.07 ^{C}
สูตรที่ 4	58.92 ^{A}	66.86 ^{A}

^{ABC} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)



ภาพ 16 ค่าการย่อยได้ของ NDF ของอาหารทดลอง ที่ชั่วโมงแช่บ่มที่ 24 และ 48 ชั่วโมง

4. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้สารบ่งชี้

จากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นทั้ง 4 สูตร คืออาหารที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) เมื่อให้อาหารข้นร่วมกับหญ้ารูซี่สดเป็นแหล่งอาหารหยาบ โดยใช้วิธีการศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์โดยใช้สารบ่งชี้ คือเถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash ; AIA) โดยให้สัตว์ทดลองได้รับวัตถุแห้งจากอาหารข้นในอัตรา 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว ร่วมกับวัตถุแห้งจากอาหารหยาบคือหญ้ารูซี่สดในอัตรา 2.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัว พบว่า ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดคือ 75.10, 88.82, 94.48, 83.58 และ 78.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดคือ 42.38, 72.17, 85.37, 68.61 และ 59.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดังแสดงในตาราง 30

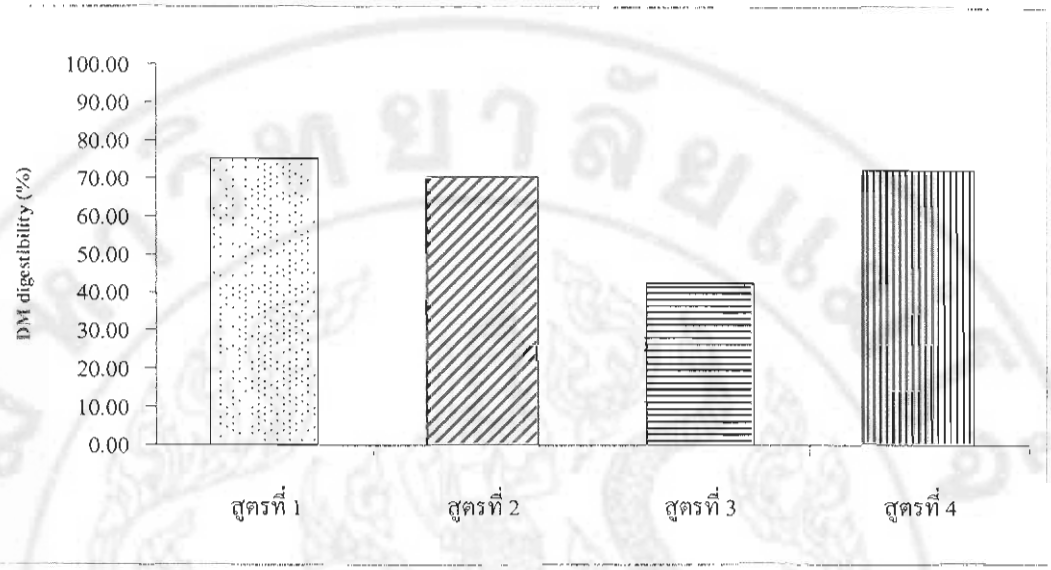
ตาราง 30 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะของอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

อาหารทดลอง	ค่าการย่อยได้ (%)				
	DM	OM	CP	CF	NDF
สูตรที่ 1	75.10^{A}	88.82^{A}	94.48^{A}	83.58^{A}	78.33^{A}
สูตรที่ 2	69.81^{C}	85.75^{C}	92.47^{B}	79.89^{B}	76.92^{B}
สูตรที่ 3	42.38^{D}	72.17^{D}	85.37^{D}	68.61^{C}	59.32^{C}
สูตรที่ 4	72.59^{B}	87.55^{B}	90.70^{C}	79.84^{B}	76.88^{A}

^{ABCD} ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งที่มีตัวอักษรที่แตกต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

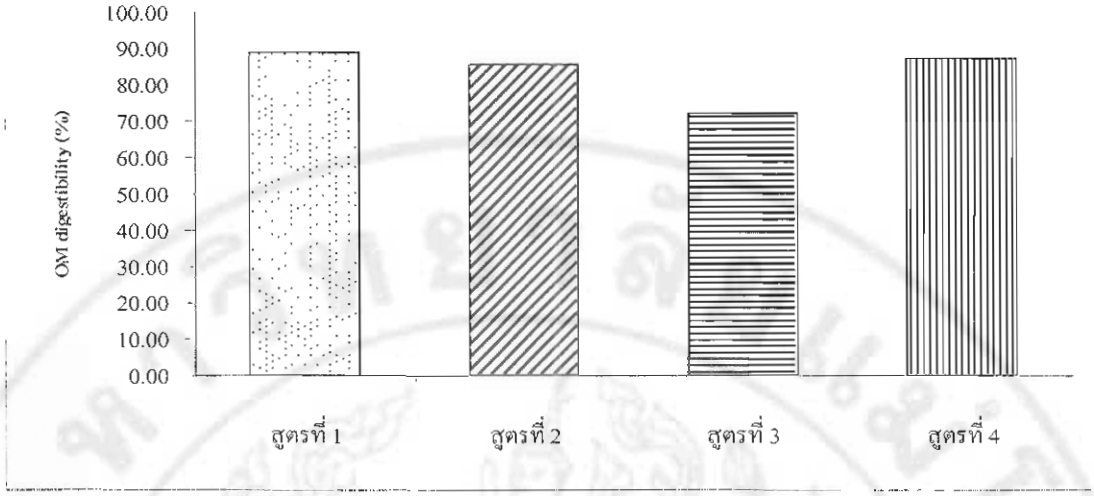
ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรเมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเท่ากับ 75.10, 69.81, 42.38 และ 72.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 1ร่วมกับหญ้ารูซี่สดมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งสูงที่สุดเท่ากับ 75.10 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหาร

ข้นสูตรที่ 3 ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้งต่ำที่สุดเท่ากับ 42.38 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพ 17



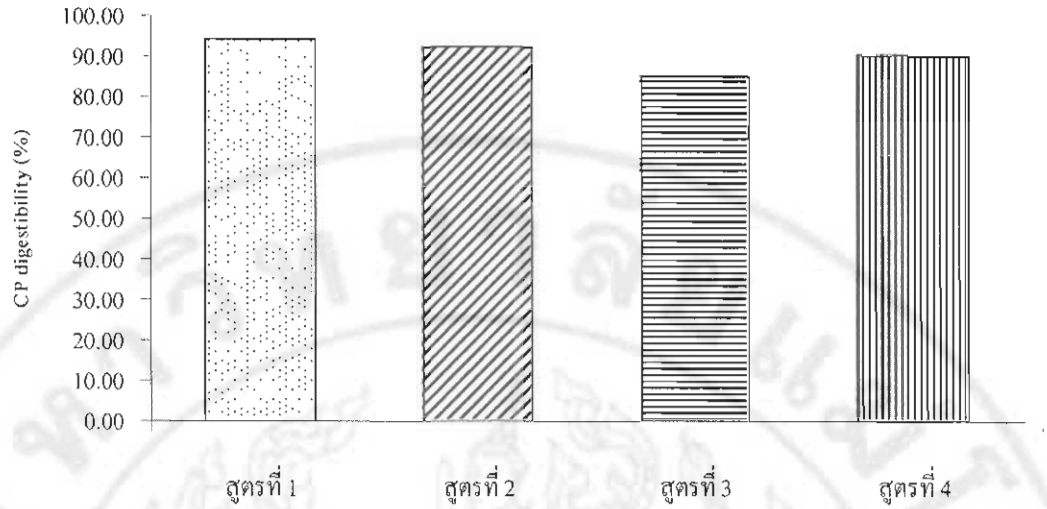
ภาพ 17 แสดงค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

ด้านค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของกลุ่มทดลอง พบว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 1 (กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์) ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 88.82 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 3 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์) ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุมีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 72.17 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองเมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเท่ากับ 88.82, 85.75, 72.17 และ 87.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในภาพ 18



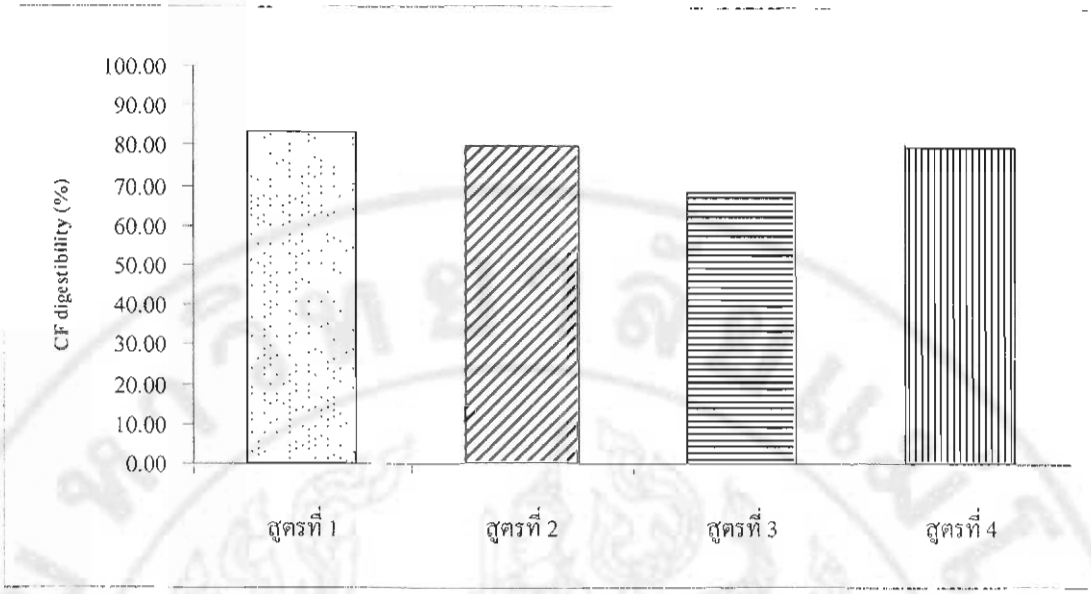
ภาพ 18 แสดงค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

กลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 1 ร่วมกับหญ้ารูซี่สดมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีนสูงที่สุดเท่ากับ 94.48 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 3 ร่วมกับหญ้ารูซี่สดมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโปรตีน ต่ำที่สุดเท่ากับ 85.37 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรเมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเท่ากับ 94.48, 92.47, 85.37 และ 90.70 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในภาพ 19



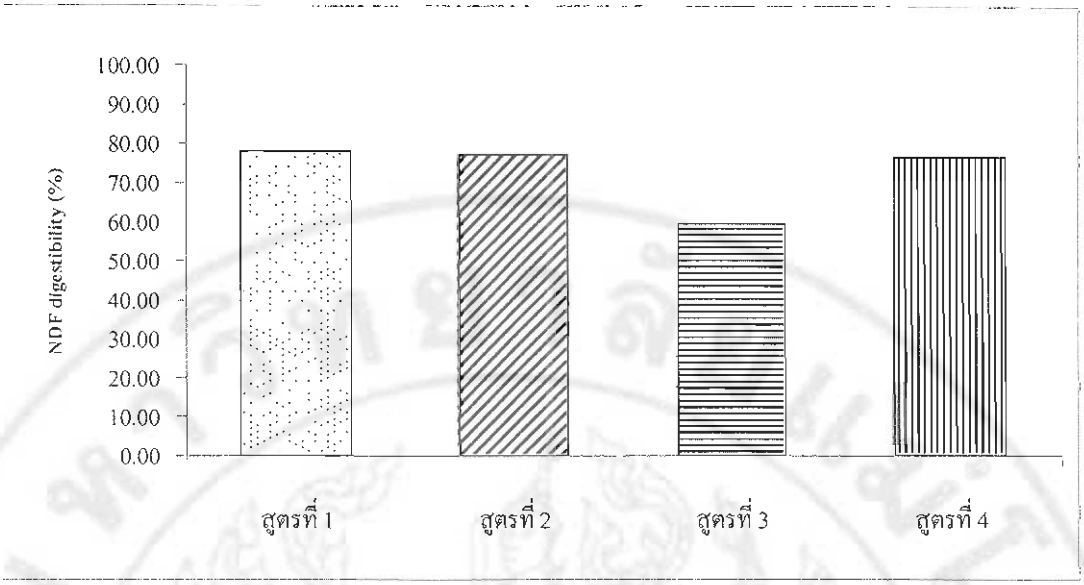
ภาพ 19 แสดงค่าการย่อยได้ของโปรตีนของอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารทดลองเมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเท่ากับ 83.58, 79.89, 68.61 และ 79.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดยกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 1 ร่วมกับหญ้ารูซี่สดมีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยสูงที่สุดเท่ากับ 83.58 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 3 ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของเยื่อใยต่ำที่สุดเท่ากับ 68.61 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาพ 20



ภาพ 20 แสดงค่าการย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรเมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเท่ากับ 78.33, 76.92, 59.32 และ 76.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 1 เมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 78.33 เปอร์เซ็นต์ และกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารข้นสูตรที่ 3 เมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่สด มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของ NDF ต่ำที่สุดเท่ากับ 59.32 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในภาพ 21



ภาพ 21 แสดงค่าการย่อยได้ของ NDF ของอาหารทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้

อาหารที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) เมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่ มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF สูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 75.10, 88.82, 94.48, 83.58 และ 78.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) และอาหารข้นสูตรที่ 3 (อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์) เมื่อให้ร่วมกับหญ้ารูซี่ มีค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 42.38, 87.55, 90.70, 79.84 และ 76.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของกากส่าเหล้าที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตเหล้ากลั่นจากข้าวเหนียว ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 14.56 เปอร์เซ็นต์ และค่าเฉลี่ยอินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย ไขมัน NDF และ NFE มีค่าเท่ากับ 97.66, 45.25, 8.08, 3.59, 31.34 และ 40.74 เปอร์เซ็นต์ในวัตถุแห้งตามลำดับ ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของกากส่าเหล้าจากการทดลองนี้มีค่าต่ำกว่ารายงานของ ธวัชชัย และคณะ (2545) ที่รายงานว่ากากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 57.62 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่มีในกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ ยังมีค่าสูงกว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนจากกากส่าเหล้าที่ได้จากพืชชนิดอื่น ดังรายงานของ Getachew *et al.* (2004) พบว่ากากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืชมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 31.42 เปอร์เซ็นต์ ส่วน Klopfenstein (1996) รายงานว่ากากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืชมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 25.00 เปอร์เซ็นต์ และกากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 16.80 เปอร์เซ็นต์ ด้าน Hill (2002) รายงานจากการวิเคราะห์กากส่าเหล้าจากข้าวสาลีมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 27.90 เปอร์เซ็นต์ ส่วนรายงานของ Huang *et al.* (1999) พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนของกากส่าเหล้าจากข้าวสาลีมีค่าเท่ากับ 19.90 เปอร์เซ็นต์ กากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์ ดังรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) พบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 16.80 เปอร์เซ็นต์ และกากส่าเหล้าจากข้าวโพดตามรายงานของ Woods *et al.* (2003a) มีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 30.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

การที่ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนของกากส่าเหล้ามีค่าแตกต่างกันน่าจะมีผลมาจากการผลิตเหล้ากลั่นในแต่ละชุมชนมีวัตถุดิบและลูกแป้ง หรือขั้นตอนในการผลิตที่แตกต่างกันออกไปซึ่งมีผลต่อขบวนการหมักและคุณค่าทางอาหาร สอดคล้องกับรายงานของสุพัฒน์ และกำพล (2545) ซึ่งรายงานว่ากากส่าเหล้าที่ได้จากการผลิตเหล้าจากวัตถุดิบต่างชนิด หรือแม้แต่กากส่าเหล้าที่ได้จากการผลิตเหล้าจากวัตถุดิบชนิดเดียวกันจะมีคุณค่าทางโภชนะที่แตกต่างกัน เนื่องจากมีขั้นตอนในการผลิตที่แตกต่างกัน รวมทั้งในการผลิตเหล้ากลั่นในแต่ละพื้นที่มีการใช้วัตถุดิบ และเชื้อยีสต์หรือลูกแป้งที่มีส่วนประกอบต่างกันจึงทำให้คุณค่าทางโภชนะมีค่าแตกต่างกันได้

เปอร์เซ็นต์ไขมันของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.59 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่ารายงานของ ธวัชชัย และคณะ (2545) ซึ่งรายงานว่ากากส่าเหล้าจากข้าว

เหนียวมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 9.42 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลอง ก็มีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์ ตามรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันเท่ากับ 5.90 เปอร์เซ็นต์

ส่วนค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ NDF ของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 31.34 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ NDF ของกากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืช ดังรายงานของ Getachew *et al.* (2004) และ Klopfenstein (1996) มีค่าเท่ากับ 32.32 และ 39.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ NDF ของกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี ตามรายงานของ Hill (2002) มีค่าเท่ากับ 34.70 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนะของอาหารข้นที่ใช้ในการทดลองทั้ง 4 สูตร คืออาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) พบว่าอาหารข้นทุกสูตรมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และไขมัน แตกต่างกัน เนื่องจากอาหารข้นแต่ละสูตรมีส่วนประกอบของวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่ต่างกัน จึงทำให้มีคุณค่าทางโภชนะต่างกัน โดยกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำที่สุดและมีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนในวัตถุแห้งสูงที่สุด แต่เมื่อนำมาผสมร่วมกับรำละเอียด รำหยาบ และข้าวโพดบด ก็ทำให้มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง แต่มีเยื่อใยและไขมันเพิ่มขึ้น เพราะวัตถุดิบอาหารสัตว์ดังกล่าวมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย และไขมันในปริมาณที่สูงกว่ากากส่าเหล้าแต่มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่า จึงทำให้สัดส่วนของโภชนะมีค่าแตกต่างกันได้ โดยอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงที่สุด ซึ่งเป็นส่วนของไขมันที่มาจากรำละเอียด เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางอาหารของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรจะเห็นได้ว่ามีคุณค่าทางอาหารสูงและสามารถนำมาใช้เป็นอาหารข้นเลี้ยงโคได้ กากส่าเหล้า (100 เปอร์เซ็นต์) แม้ว่าจะมีคุณค่าทางอาหารสูงโดยเฉพาะค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีน แต่มีวัตถุแห้งต่ำซึ่งอาจมีผลต่อการใช้เลี้ยงโคได้ เพราะจะทำให้ได้คุณค่าทางอาหารลดลงเนื่องจากมีวัตถุแห้งน้อย การนำเอากากส่าเหล้ามาใช้ประโยชน์ควรคำนึงถึงปริมาณวัตถุแห้งประกอบด้วย

2. การศึกษาการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

2.1 การสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารทดลอง

ผลการศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวเป็นส่วนประกอบโดยวิธีใช้ถุงไนลอนพบว่ากากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) ในกระเพาะหมัก มีค่าเท่ากับ 32.00 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยมีค่าใกล้เคียงกับส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันทีของกากส่าเหล้าจากข้าวโพดที่ Woods *et al.* (2003a) รายงานไว้คือ 31.77 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าของส่วนวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) สูงกว่ากากข้าวมอลต์ จากรายงานของ จิรวัฒน์ (2545) ซึ่งมีค่า 20.90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Mustafa *et al.* (2000) รายงานค่าวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันทีของกากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลีพบว่ามีค่าเท่ากับ 21.55 และ 25.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีค่าส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) เท่ากับ 67.98 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ ของกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี (60.74 เปอร์เซ็นต์) และกากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์ (49.75 เปอร์เซ็นต์) ตามรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) ส่วน Woods *et al.* (2003a) รายงานว่ากากส่าเหล้าจากข้าวโพดมีส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ มีค่าเท่ากับ 59.12 เปอร์เซ็นต์ และกากข้าวมอลต์มีส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 53.50 เปอร์เซ็นต์ (จิรวัฒน์, 2545)

การที่กากส่าเหล้าแต่ละชนิดมีค่าการละลายได้ของวัตถุแห้ง (a) และส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) แตกต่างกันเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล้ากลั่นแตกต่างกัน เป็นผลจากวัตถุดิบแต่ละชนิดมีคุณค่าทางโภชนะที่ต่างกัน นอกจากนี้กระบวนการผลิตเหล้าของแต่ละพื้นที่ก็มีวิธีการต่างกันด้วย (Getachew *et al.*, 2004) นอกจากนี้ Huang *et al.* (1999) ยังกล่าวว่ากากส่าเหล้ามีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ในกระเพาะรูเมนอยู่ในปริมาณน้อย และมีปริมาณเยื่อใยสูง ดังนั้นจึงทำให้วัตถุแห้งที่ละลายได้ของกากส่าเหล้าแต่ละชนิดมีค่าค่อนข้างต่ำ และมีส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์สูง ซึ่งมีผลในการสลายตัวของวัตถุแห้งในระยะแรกจะมีค่าต่ำ แต่เมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้นการสลายตัวของวัตถุแห้งก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น

ค่าเฉลี่ยอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้ง (c) ของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 0.008 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง มีค่าสูงกว่าอัตราการย่อยสลายของกากส่าเหล้าจาก

ข้าวโพด คือ 0.003 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง (Woods *et al.*, 2003a) แต่มีค่าต่ำกว่ากากข้าวมอลต์ คือ 0.026 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมงที่รายงานโดย จิรวัฒน์ (2545) และมีค่าต่ำกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี จากรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) ซึ่งมีค่า 0.41 และ 0.35 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ กากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลอง มีช่วงเวลาที่วัตถุแห้งเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) เท่ากับ 0.0 ชั่วโมง นั่นคือเมื่อกากส่าเหล้าเข้าสู่กระเพาะรูเมนก็สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ซึ่งจุลินทรีย์สามารถเข้าใช้ประโยชน์ได้ทันที แต่กากข้าวมอลต์ (จิรวัฒน์, 2545) กากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี (Mustafa *et al.*, 2000) มีช่วงเวลาที่รอจุลินทรีย์เข้าย่อยสลายเป็นเวลา 1.5, 0.35 และ 0.20 ชั่วโมง ตามลำดับ นั่นคือเมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมนแล้วจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ในทันที และต้องใช้เวลาในการเข้าย่อยสลาย การที่กากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีอัตราการย่อยสลาย (c) ของวัตถุแห้งของมีค่าสูงที่สุด และมีช่วงเวลาที่วัตถุแห้งเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) เท่ากับ 0 ชั่วโมง เป็นผลสอดคล้องกับค่าการละลายได้ (a) ของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่มีค่าสูงที่สุดเช่นกัน

ประสิทธิภาพการย่อยสลายของวัตถุแห้งของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) มีค่าเท่ากับ 55.78 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือเมื่ออาหารไหลผ่านกระเพาะรูเมนในอัตราส่วน 0.05 ชั่วโมง อาหารจะถูกย่อยสลาย 55.78 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าเฉลี่ยมีค่าสูงกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวโพดมีค่าเท่ากับ 52.11 เปอร์เซ็นต์ (Woods *et al.*, 2003a) และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลีมีค่าเท่ากับ 52.18 เปอร์เซ็นต์ (Mustafa *et al.*, 2000) ส่วนกากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์มีค่าเท่ากับ 43.92 เปอร์เซ็นต์ (Mustafa *et al.*, 2000) และกากข้าวมอล์ตมีค่าเท่ากับ 36.70 เปอร์เซ็นต์ (จิรวัฒน์, 2545) ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าการละลายได้ (a) ของวัตถุแห้งและส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองที่มีค่าทั้งสองสูงกว่ากากส่าเหล้าชนิดอื่น ๆ

เมื่อเปรียบเทียบค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร คืออาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4)ในกระเพาะรูเมน พบว่าอาหารทดลองทุกสูตรมีค่าการสลายตัวสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น โดยอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุดในชั่วโมงที่ 48 (83.31 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดในชั่วโมงที่ 48 (65.36 เปอร์เซ็นต์) การที่อาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งสูงที่สุด เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 2 มีส่วนประกอบของรำละเอียดในอัตราส่วนที่มากกว่าอาหารข้นสูตรที่ 3 ซึ่งมีรำหยาบเป็น

ส่วนประกอบร่วมด้วย จึงทำให้จุลินทรีย์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารข้นสูตรที่ 2 ได้ดีกว่าอาหารข้นสูตรที่ 3 เพราะในรำหยาบอาจมีปริมาณของลิกนินและซิลิกา ซึ่งจุลินทรีย์ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (บุญล้อม, 2541)

จากการสลายตัวของวัตถุแห้งของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร พบว่าอาหารข้นสูตรที่ 1 มีส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) ในกระเพาะรูเมนมีค่าสูงที่สุดคือ 32.00 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดคือ 6.80 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรมีค่าการละลายได้ค่อนข้างต่ำเพราะในกากส่าเหล้ามีส่วนของคาร์โบไฮเดรทที่ละลายได้ง่ายอยู่น้อย (Huang *et al.*, 1999) แต่ส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดคือ 81.90 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดคือ 47.15 เปอร์เซ็นต์ การที่อาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าการละลายได้ (a) ของวัตถุแห้งต่ำจึงทำให้สัดส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) มีค่าสูงขึ้น

อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) มีค่าศักยภาพในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (a+b) สูงที่สุด คือ 99.98 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) มีค่าต่ำที่สุดคือ 64.75 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าการละลายได้ (a) สูงที่สุดและมีส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ค่อนข้างสูงจึงทำให้มีศักยภาพในการย่อยสลายได้ (a+b) สูงที่สุด แต่อาหารข้นสูตรที่ 3 ซึ่งมีค่าการละลายได้ (a) และส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ต่ำที่สุดจึงทำให้มีค่าศักยภาพในการย่อยสลายได้ (a+b) ต่ำที่สุด เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 3 มีส่วนประกอบของรำหยาบซึ่งเป็นส่วนของเปลือกข้าวที่มีลิกนินเป็นองค์ประกอบ จึงทำให้เกิดการย่อยสลายได้ต่ำ โดยลิกนินไม่สามารถละลายได้และจุลินทรีย์ไม่มีเอนไซม์ในการย่อยสลายเพื่อใช้ประโยชน์ได้

อัตราการย่อยสลาย (c) ของวัตถุแห้งของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุดคือ 0.146 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมงและอาหารข้นสูตรที่ 1 มีอัตราการย่อยสลายต่ำที่สุดคือ 0.008 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง นั่นคืออาหารข้นสูตรที่ 3 มีการสลายตัวของวัตถุแห้งได้ดีที่สุด นอกจากนี้อาหารข้นทั้ง 4 ชนิดมีช่วงเวลาที่วัตถุแห้งเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) เมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมน 0 ชั่วโมง นั่นคือจุลินทรีย์สามารถเข้าย่อยสลายอาหารและนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันทีเมื่ออาหารเข้าสู่กระเพาะรูเมน

ประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนชั่วโมง ($ED_{0.02}$, $ED_{0.05}$ และ $ED_{.0.08}$) หมายถึงอัตราการไหลผ่านของวัตถุแห้งในอาหารภายในกระเพาะรูเมนที่ 0.02, 0.05 และ 0.08 ชั่วโมง ของอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุดคือ 75.08, 66.28 และ 60.53 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับและประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมงของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด (61.33 เปอร์เซ็นต์) แต่ที่อัตรา 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงพบว่าอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุดคือ 53.00 และ 46.80 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนชั่วโมง ($ED_{0.02}$, $ED_{0.05}$ และ $ED_{0.08}$) ของอาหารข้นสูตรที่ 2 ที่มีค่าสูงที่สุด มีความสอดคล้องกับค่าการสลายตัวของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงที่ 2 ถึง 48 ของอาหารข้นสูตรที่ 2 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด

2.2 การสลายตัวของอินทรียวัตถุของอาหารทดลอง

เมื่อนำค่าการสลายตัวของอินทรียวัตถุของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองไปคำนวณหาค่าการสลายตัวของอินทรียวัตถุพบว่ากากส่าเหล้ามีค่าอินทรียวัตถุที่ละลายได้ทันที (a) มีค่าเท่ากับ 35.70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับกากส่าเหล้าจากข้าวโพด (32.28 เปอร์เซ็นต์) และกากข้าวมอลต์ (36.74 เปอร์เซ็นต์) จากรายงานของ Woods *et al.* (2003a) กากส่าเหล้ามีส่วนของอินทรียวัตถุที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) เท่ากับ 64.30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวโพด และกากข้าวมอลต์ (47.92 และ 59.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ตามรายงานของ Woods *et al.* (2003a) ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับส่วนของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันทีและส่วนของวัตถุแห้งที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์

อัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุของกากส่าเหล้ามีค่าเท่ากับ 0.009 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง มีค่าต่ำกว่าการรายงานของ Woods *et al.* (2003a) ที่รายงานว่ากากส่าเหล้าจากข้าวโพด และกากข้าวมอลต์มีอัตราการย่อยสลายของอินทรียวัตถุเท่ากับ 0.03 และ 0.04 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ

ประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุของกากส่าเหล้าที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงเท่ากับ 69.05, 58.48 และ 55.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุของกากส่าเหล้าจากข้าวโพด (64.72, 52.80 และ 47.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และกากข้าวมอลต์ (67.33, 57.12 และ 52.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ตามรายงานของ Woods *et al.* (2003a)

2.3 การสลายตัวของโปรตีนของอาหารทดลอง

ส่วนของโปรตีนที่ละลายได้ทันทีของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีค่า 17.80 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับกากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์ (19.77 เปอร์เซ็นต์) จากรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) และกากส่าเหล้าจากกากเบียร์มีค่าเท่ากับ 19.60 เปอร์เซ็นต์ (Chiou *et al.*, 1995) นอกจากนี้ยังมีค่าต่ำกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวสาลี (Mustafa *et al.*, 2000) กากส่าเหล้าจาก

เมล็ดธัญพืช (Chiou *et al.*, 1995) และกากข้าวมอลต์ (Woods *et al.*, 2003b) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 34.08, 42.70 และ 42.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ของกากส่าเหล้ามีค่า 82.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่ากากส่าเหล้าที่ได้จากวัตถุดิบชนิดอื่น ๆ ตามรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) ที่มีส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ของกากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์ มีค่าเท่ากับ 68.44 เปอร์เซ็นต์ และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลีมีค่าเท่ากับ 59.40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืช และกากเบียร์ ตามรายงานของ Chiou *et al.* (1995) พบว่ามีค่าเท่ากับ 21.70 และ 47.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และจากรายงานของ Woods *et al.* (2003b) พบว่ากากข้าวมอลต์มีค่าส่วนของโปรตีนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 44.72 เปอร์เซ็นต์

กากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีค่าอัตราการสลายตัวของโปรตีนเท่ากับ 0.002 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับอัตราการสลายตัวของโปรตีนของกากส่าเหล้าจากข้าวโพด และกากข้าวมอลต์ (0.005 และ 0.005 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ) จากรายงานของ Woods *et al.* (2003b) และมีค่าต่ำกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์ และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี (0.78 และ 0.63 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ) ตามรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) นอกจากนี้ยังมีค่าต่ำกว่ากากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืช (8.60 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง) และกากเบียร์ (4.70 เปอร์เซ็นต์ต่อชั่วโมง) จากรายงานของ Chiou *et al.* (1995)

ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนของกากส่าเหล้าที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 57.15 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับกากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืช (60.30 เปอร์เซ็นต์) และกากเบียร์ (52.90 เปอร์เซ็นต์) ตามรายงานของ Chiou *et al.* (1995) ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนของกากส่าเหล้าที่ 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 39.48 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับกากเบียร์ (42.60 เปอร์เซ็นต์) จากการรายงานของ Chiou *et al.* (1995) และ ประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนของกากส่าเหล้าที่ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับ 34.73 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกับกากเบียร์ (37.10 เปอร์เซ็นต์) ตามรายงานของ Chiou *et al.* (1995)

2.4 การสลายตัวของเยื่อใยของอาหารทดลอง

การสลายตัวของเยื่อใยของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบ พบว่ามีค่าการสลายตัวเพิ่มขึ้น เมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้นโดยอาหารข้นสูตรที่ 2 ซึ่งมีรำละเอียดเป็นส่วนประกอบมีค่าเฉลี่ยการสลายตัวสูงที่สุด (77.44 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 3 ซึ่งมีรำละเอียดและรำหยาบเป็นส่วนประกอบ มีค่าเฉลี่ยการสลายตัวของเยื่อใยต่ำที่สุด (59.02 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากใน

อาหารข้นสูตรที่ 3 มีรำหยาบเป็นส่วนประกอบซึ่งเป็นส่วนที่มีลิกนินเป็นโครงสร้างร่วมอยู่ ลิกนินเป็นสารที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต ทนทานต่อการย่อยของกรด และไม่มีเอนไซม์ของสัตว์ชนิดใดที่จะสามารถย่อยได้ (เทอดชัย, 2548) จึงทำให้เยื่อใยในอาหารข้นสูตรที่ 3 เกิดการสลายตัวได้น้อย

เมื่อนำค่าการสลายตัวของเยื่อใยไปคำนวณค่าพารามิเตอร์ พบว่าอาหารข้นสูตรที่ 2 มีเยื่อใยที่ละลายได้ทันทีสูงที่สุด (41.70 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุด (15.90 เปอร์เซ็นต์) ส่วนของเยื่อใยที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ในอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 76.80 เปอร์เซ็นต์ และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด อาหารสูตรที่ 4 มีข้าวโพดบดเป็นส่วนประกอบ และมีส่วนของคาร์โบไฮเดรทที่ละลายได้ง่ายอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งเป็นส่วนที่สัตว์สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มาก (พันทิพา, 2543) จึงทำให้มีค่าศักยภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใยของอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 92.70 เปอร์เซ็นต์

ประสิทธิภาพการย่อยสลายของเยื่อใยที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงของอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 2 มีส่วนประกอบของรำละเอียดอยู่ซึ่งจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ดี จึงทำให้อาหารข้นสูตรที่ 2 มีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ดีที่สุด

2.5 การสลายตัวของ NDF ของอาหารทดลอง

การสลายตัวของ NDF ของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองที่ชั่วโมงที่ 48 มีค่าเท่ากับ 76.08 เปอร์เซ็นต์ ค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับกากส่าเหล้าจากข้าวโพด (68.80 เปอร์เซ็นต์) และกากส่าเหล้าจากเมล็ดธัญพืช (75.70 เปอร์เซ็นต์) จากรายงานของ Robinson *et al.* (1999)

ส่วนของ NDF ที่ละลายได้ทันทีของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวที่ใช้ในการทดลองมีค่าเท่ากับ 7.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์ และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี (14.89 และ 19.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ตามรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) และกากส่าเหล้ามีส่วนของ NDF ที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์มีค่าเท่ากับ 92.70 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี ซึ่งมีค่าเท่ากับ 52.98 และ 66.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Mustafa *et al.*, 2000)

อัตราการสลายตัวของ NDF ของกากส่าเหล้าจากข้าวเหนียวมีค่าต่ำกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลี (0.01 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบกับ 0.33 และ 0.31 เปอร์เซ็นต์) จากการรายงานของ Mustafa *et al.* (2000) กากส่าเหล้ามีช่วงเวลาที่ NDF เริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ 0.0 ชั่วโมง เมื่อกากส่าเหล้าเข้าสู่กระเพาะรูเมนจุลินทรีย์ก็สามารถเข้าย่อยสลาย NDF ได้

ทันที แต่กากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลีมีช่วงเวลาที่ NDF เริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เท่ากับ 1.3 ชั่วโมง (Mustafa *et al.*, 2000)

กากส่าเหล้ามีประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 51.58 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่ากากส่าเหล้าจากข้าวบาร์เล่ย์และกากส่าเหล้าจากข้าวสาลีที่มีประสิทธิภาพการย่อยสลายของ NDF ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมงมีค่าเท่ากับ 35.98 และ 45.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตามรายงานของ Mustafa *et al.* (2000)

3. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD)

จากการศึกษาการย่อยได้ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร คืออาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4)โดยวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) พบว่าอาหารทดลองทุกสูตรมีค่าการย่อยได้ของโภชนะเพิ่มขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้นจาก 24 ชั่วโมงเป็น 48 ชั่วโมง การที่อาหารทดลองทุกสูตรมีค่าการย่อยได้ของโภชนะ (วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF) เพิ่มขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น แสดงให้เห็นว่าโภชนะในกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น สามารถถูกใช้ประโยชน์ได้โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน โดยค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุมีค่าค่อนข้างสูง แต่ค่าการย่อยได้ของโปรตีนมีค่าค่อนข้างต่ำ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนใช้ประโยชน์จากโปรตีนในกากส่าเหล้าได้น้อย การที่จุลินทรีย์ใช้ประโยชน์จากโปรตีนในกากส่าเหล้าและอาหารที่มีกากส่าเหล้าเป็นส่วนประกอบได้น้อยน่าจะเป็นสิ่งที่แสดงให้เห็นว่าโปรตีนในกากส่าเหล้าอาจจะถูกไหลผ่านไปในกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก ซึ่งจะถูกใช้ประโยชน์โดยการย่อยจากเอนไซม์ในตัวสัตว์และถูกดูดซึมไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง เช่นเดียวกับโปรตีนไหลผ่านชนิดอื่น (เทอดชัย, 2542)

ส่วนค่าการสลายตัวของเยื่อใยและ NDF ของอาหารข้นทั้ง 4 สูตรก็มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น โดยอาหารข้นสูตรที่ 4 สามารถถูกย่อยได้สูงที่สุดแสดงให้เห็นว่าเยื่อใยของข้าวโพดที่เป็นส่วนประกอบในอาหารข้นสูตรที่ 4 มีส่วนที่สลายได้ในกระเพาะรูเมนสูงกว่าเยื่อใยของรำละเอียดและรำหยาบ

3.1 การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลอง

การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น พบว่ามีค่าการย่อยได้เพิ่มขึ้นจาก 24 ชั่วโมงถึง 48 ชั่วโมงในทุกกลุ่มการทดลอง ในชั่วโมงที่ 24 การย่อยได้ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) มีค่าสูงที่สุด (51.10 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 3 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำที่สุด (42.10 เปอร์เซ็นต์) แต่ในชั่วโมงที่ 48 พบว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าการย่อยได้สูงที่สุด (59.42 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด (46.38 เปอร์เซ็นต์) เนื่องจากในอาหารสูตรที่ 1 มีค่าการละลายได้จากการทดลองด้วยวิธีใช้ถุงไนลอนสูงที่สุด จึงทำให้มีค่าการย่อยได้ในชั่วโมงที่ 24 สูงที่สุด แต่เมื่อเวลาเพิ่มมากขึ้นค่าการย่อยได้กลับเพิ่มขึ้นไม่มาก ตรงข้ามกับอาหารข้นสูตรที่ 4 ที่มีค่าการย่อยได้ค่อนข้างต่ำในชั่วโมงที่ 24 แต่ในชั่วโมงที่ 48 กลับมีค่าการย่อยได้เพิ่มขึ้นในปริมาณที่สูงกว่าอาหารข้นสูตรอื่น ๆ

การย่อยได้ของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุดทั้งชั่วโมงที่ 24 และชั่วโมงที่ 48 เนื่องจากมีส่วนประกอบของรำหยาบ ซึ่งส่วนใหญ่ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน เป็นส่วนที่ถูกย่อยได้ยากและต้องใช้เวลาในการย่อยโดยจุลินทรีย์ ในชั่วโมงต้น ๆ จึงมีค่าการย่อยได้ต่ำที่สุด แต่มีแนวโน้มที่จะถูกย่อยได้มากขึ้นหากชั่วโมงการแช่บ่มนานขึ้น

3.2 การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลอง

ค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารข้นทั้ง 4 สูตร พบว่าในชั่วโมงที่ 24 อาหารข้นสูตรที่ 1 (กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์) มีค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุสูงที่สุด (51.30 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 3 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำที่สุด (41.30 เปอร์เซ็นต์) แต่การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองในชั่วโมงที่ 48 พบว่า อาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุด (61.33 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับการย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารทดลอง

3.3 การย่อยได้ของโปรตีนของอาหารทดลอง

ในชั่วโมงที่ 24 พบว่าการย่อยได้ของโปรตีนของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด (40.85 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าต่ำที่สุด (21.49 เปอร์เซ็นต์) ในชั่วโมงที่ 48 อาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด (48.42 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด (30.01 เปอร์เซ็นต์) ถึงแม้ว่าอาหารข้นสูตรที่ 1 จะมีจำนวนโปรตีนสูงที่สุด แต่อาจเป็นโปรตีนที่สามรถถูกย่อยได้น้อยใน

กระเพาะรูเมน จึงทำให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าต่ำที่สุด แต่อาหารข้นสูตรที่ 3 มีปริมาณของโปรตีนค่อนข้างต่ำแต่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นพลังงานได้ค่อนข้างสูง จึงทำให้ค่าการย่อยได้ของโปรตีนของอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุด

3.4 การย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารทดลอง

การย่อยได้ของเยื่อใยของอาหารทดลองทั้ง 4 สูตรพบว่าทั้งชั่วโมงที่ 24 และ 48 อาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าการย่อยได้สูงที่สุด (72.40 และ 90.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าการย่อยได้ต่ำที่สุด (36.03 และ 37.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) จะเห็นได้ว่าอาหารข้นสูตรที่ 4 มีเปอร์เซ็นเยื่อใยค่อนข้างน้อย คือ 9.02 เปอร์เซ็นต์และเป็นเยื่อใยที่ละลายได้ง่าย ทำให้ถูกย่อยสลายได้เกือบทั้งหมดจึงทำให้มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยสูงที่สุด แต่ในอาหารข้นสูตรที่ 3 มีส่วนประกอบของเยื่อใยอยู่ในปริมาณมากคือ 22.46 เปอร์เซ็นต์ และเป็นเยื่อใยที่ละลายได้ยากเพราะมีส่วนของรำหยาบเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้เกิดการย่อยสลายได้ค่อนข้างน้อย

3.5 การย่อยได้ของ NDF ของกากส่าเหล้า

การย่อยได้ของ NDF ที่ชั่วโมงที่ 24 และ 48 พบว่าค่าการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 สูตรสอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของเยื่อใย คืออาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าการย่อยได้สูงที่สุด (58.92 และ 66.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าการย่อยได้ต่ำที่สุด (28.19 และ 31.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 3 มีรำหยาบเป็นส่วนประกอบ ซึ่งรำหยาบเป็นส่วนที่ได้จากเปลือกข้าว มีลิกนินและซิลิกาเป็นโครงสร้าง จึงทำให้เกิดการย่อยได้ของ NDF ต่ำ เพราะเอนไซม์จากจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายลิกนินและซิลิกาได้

4. การศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นโดยวิธีใช้สารบ่งชี้

จากการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นทั้ง 4 สูตร คือ อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 1) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 2) อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 3) และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (สูตรที่ 4) พบว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะในกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงที่สุด

กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์มีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 75.10 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ร่วมกับข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ (72.59 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการย่อยได้ของอินทรียวัตถุพบว่าอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด (88.82 เปอร์เซ็นต์) และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด (72.17 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งมีค่าสอดคล้องกับค่าการย่อยได้ของโปรตีน เยื่อใย และ NDF ที่อาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าการย่อยได้สูงที่สุด (94.48, 83.58 และ 78.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าการย่อยได้ต่ำที่สุด (85.37, 68.61 และ 59.32 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

จากผลการทดลองจะเห็นว่าอาหารข้นสูตรที่ 1 เป็นกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นอาหารที่จุลินทรีย์สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานในการสร้างโปรตีนของจุลินทรีย์ได้ดี (บุญล้อม, 2542) นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen; NPN) ซึ่งจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เกือบทั้งหมด (Satter and Roffler, 1975) และยังเป็นโปรตีนไหลผ่าน (by pass protein) ที่ดีอีกด้วย (Huang *et al*., 1999) จึงทำให้อาหารจากกากส่าเหล้าถูกใช้ประโยชน์ได้ดีในขณะที่อาหารข้นสูตรที่ 3 มีส่วนประกอบของรำหยาบซึ่งมีส่วนประกอบของลิกนินอยู่มาก ส่วนใหญ่จะพบลิกนินในส่วนที่แข็งของพืช เช่นเปลือก ซัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของลำต้น ลิกนินเป็นสารที่ไม่ใช่คาร์โบไฮเดรต สามารถทนทานต่อการย่อยของกรด และไม่มีเอนไซม์ของสัตว์ชนิดใดที่สามารถย่อยได้ (เทอดชัย, 2548) ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าการย่อยได้ค่อนข้างต่ำ

5. เปรียบเทียบการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าและอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นจากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง

จากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง จะเห็นได้ว่าผลการทดลองมีความแตกต่างกัน โดยค่าการสลายตัวของโภชนะที่ทดลองด้วยวิธีการใช้ถุงไนลอน ซึ่งเป็นการศึกษาในกระเพาะรูเมน โภชนะในอาหารข้นสามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ พบว่าการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าดีที่สุดยกเว้นโปรตีน และการสลายตัวของโภชนะในอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำกว่าอาหารข้นสูตรอื่น ๆ แต่การสลายตัวของโปรตีนมีค่าสูงที่สุดในชั่วโมงแรก เนื่องจากมีโปรตีนที่ละลายได้ทันที (a) ในปริมาณค่อนข้างสูง สอดคล้องกับประสิทธิภาพการย่อยได้ของโภชนะที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ซึ่งในอาหารข้นสูตรที่ 2 มีค่าสูงที่สุด ยกเว้นประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ซึ่งอาหารข้นสูตรที่ 3 จะมีค่าสูงที่สุด การที่อาหารข้นสูตรที่ 3 มีประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงสูงที่สุด เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 3 มีโปรตีนที่ละลายได้ง่ายเป็นส่วนประกอบอยู่ใน

รำละเอียด จึงทำให้มีค่าการสลายตัวของโปรตีนและประสิทธิภาพการย่อยได้ของโปรตีนที่อัตรา 0.02, 0.05 และ 0.08 ส่วนต่อชั่วโมงสูงที่สุด แต่การย่อยได้ของโภชนะอื่นในอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด

การทดลองด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) ซึ่งเป็นวิธีการทดลองการย่อยได้ของโภชนะโดยใช้เครื่องมือเลียนแบบกระเพาะรูเมน พบว่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรียวัตถุ ให้ผลใกล้เคียงกันคือ ในชั่วโมงที่ 24 ค่าการย่อยได้ของอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุดแต่ในชั่วโมงที่ 48 พบว่าอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าการย่อยได้สูงที่สุด แต่ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าสูงที่สุดทั้งชั่วโมงที่ 24 และ 48 สอดคล้องกับค่าการสลายตัวของโปรตีนด้วยวิธีการใช้เทคนิคถุงไนลอน ส่วนค่าการย่อยได้ของเยื่อใยและ NDF ในอาหารข้นสูตรที่ 4 มีค่าสูงที่สุด เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 4 มีข้าวโพดบดเป็นส่วนประกอบ และมีคาร์โบไฮเดรตที่ละลายได้ง่ายอยู่ในปริมาณที่สูงที่สุด จึงทำให้มีค่าการย่อยได้ของเยื่อใยและ NDF สูงที่สุด ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) ให้ผลแตกต่างจากวิธีการใช้เทคนิคถุงไนลอนซึ่งเป็นวิธีการทดลองในตัวสัตว์ โภชนะที่ถูกย่อยมีการไหลเวียนออกจากกระเพาะรูเมน แต่การทดลองด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียมเป็นการทดลองในห้องปฏิบัติการ โภชนะที่ถูกย่อยภายในเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียมไม่สามารถไหลเวียนไปที่อื่นทำให้ผลการทดลองแตกต่างกันได้ แต่ผลการทดลองจากการทดลองด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD) สามารถใช้ประเมินค่าการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนได้

การทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้พบว่า การย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นสูตรที่ 1 มีค่าสูงที่สุด และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าต่ำที่สุด ซึ่งมีผลสอดคล้องกับการทดลองด้วยวิธีการใช้เทคนิคถุงไนลอน เพราะอาหารข้นสูตรที่ 1 มีศักยภาพในการย่อยได้ (a+b) ของโภชนะสูงที่สุด และอาหารข้นสูตรที่ 3 มีศักยภาพในการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุด แต่ผลการทดลองจากวิธีการใช้สารบ่งชี้มีผลแตกต่างจากวิธีการทดลองด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม เนื่องจากการทดลองด้วยวิธีใช้สารบ่งชี้เป็นการทดลองในตัวสัตว์ และสัตว์เคี้ยวเอื้องจะใช้ประโยชน์จากโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน (non protein nitrogen; NPN) ได้ดี แสดงให้เห็นว่าอาหารข้นสูตรที่ 1 สามารถถูกใช้ประโยชน์จากจุลินทรีย์ในตัวสัตว์ได้เกือบทั้งหมด จึงทำให้มีค่าการย่อยได้ของโภชนะสูงที่สุด ส่วนอาหารข้นสูตรที่ 3 มีค่าการย่อยได้ของโภชนะต่ำที่สุด ทั้ง ๆ ที่การทดลองด้วยวิธีการใช้ถุงไนลอนและการทดลองด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียมมีค่าการสลายตัวและการย่อยได้ค่อนข้างดี เนื่องจากอาหารข้นสูตรที่ 3 มีส่วนผสมของรำหยาบซึ่งเป็นส่วนของเปลือกข้าว

มีลิกนินและซิลิกาเป็นโครงสร้าง ซึ่งน้ำย่อยจากตัวสัตว์หรือน้ำย่อยจากจุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ จึงทำให้อาหารข้นสูตรที่ 3 มีการย่อยได้ต่ำที่สุด

ในการนำกากส่าเหล้าไปใช้เลี้ยงสัตว์ ควรนำไปผสมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่นที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต เช่นรำละเอียดและข้าวโพดบด เพื่อให้มีพลังงาน คุณค่าทางโภชนะและมีความน่ากินเพิ่มมากขึ้น จากผลการทดลองพบว่าการนำเอาอาหารข้นสูตรที่ 2 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์) ไปใช้ประโยชน์ จะเป็นผลดีต่อเกษตรผู้เลี้ยงสัตว์มากที่สุด เพราะมีราคาต้นทุนต่ำช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ เกษตรกรสามารถหารำละเอียดได้ง่ายตามท้องถิ่น และอาหารข้นสูตรนี้มีคุณค่าทางโภชนะค่อนข้างสูง มีความน่ากิน เกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1. กากส่าเหล้ามีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 14.56 เปอร์เซ็นต์ มีโภชนะอื่น ๆ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งดังนี้ อินทรียวัตถุ 97.66 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 45.25 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 3.59 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 8.08 เปอร์เซ็นต์ NDF 31.34 เปอร์เซ็นต์ และคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้ง่าย 40.74 เปอร์เซ็นต์ การหมักกากส่าเหล้าร่วมกับวัตถุดิบชนิดอื่นเช่นรำละเอียด รำหยาบ และข้าวโพดบด จะมีผลให้ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โปรตีนลดลง

อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ไขมันสูงที่สุดคือ 20.23 เปอร์เซ็นต์ อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์เยื่อใย และ NDF สูงที่สุดคือ 20.23 และ 49.71 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุสูงที่สุดคือ 98.57 เปอร์เซ็นต์

2. ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในอาหารทดลองโดยวิธีใช้ถุงไนลอนมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้น ในชั่วโมงที่ 48 ค่าการสลายตัวของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ของอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

อาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าศักยภาพในการย่อยได้ (a+b) ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน และ NDF สูงกว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น แต่ศักยภาพในการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

อาหารทดลองทุกสูตรมีช่วงเวลาที่วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF เริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เท่ากับ 0 ชั่วโมง ยกเว้นอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์ มีช่วงเวลาที่เยื่อใย และ NDF เริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์เท่ากับ 2.20 และ 1.05 ชั่วโมงตามลำดับ

3. ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในอาหารทดลองทุกสูตรโดยใช้ชุดกระเพาะหมักเทียมมีค่าสูงขึ้นเมื่อชั่วโมงแช่บ่มนานขึ้นจากชั่วโมงที่ 24 ถึงชั่วโมงที่ 48

ในชั่วโมงที่ 48 ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ เยื่อใย และ NDF ในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น

ค่าการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์ ในชั่วโมงที่ 24 และชั่วโมงที่ 48 มีค่าสูงที่สุด

4. ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของวัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ โปรตีน เยื่อใย และ NDF ในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (เถ้าที่ไม่ละลายในกรด) มีค่าเท่ากับ 75.10, 88.82, 94.48, 83.58 และ 78.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะในอาหารข้นที่มีกากส่าเหล้าผสมร่วมกับวัตถุดิบอาหารสัตว์ชนิดอื่น ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$)

ข้อเสนอแนะ

เมื่อพิจารณาคุณค่าทางโภชนะและราคาต้นทุนในการผลิตจากการทดลอง สรุปได้ว่าอาหารข้นสูตรที่ 2 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์) เหมาะที่จะนำไปใช้มากที่สุด เนื่องจากรำละเอียดเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่หาได้ง่ายตามท้องถิ่นมีราคาถูกช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ นอกจากนี้อาหารข้นสูตรที่ 2 ยังมีโภชนะที่สามารถถูกย่อยสลายได้ดี ทั้งโปรตีนจากกากส่าเหล้าและพลังงานจากรำละเอียด

บรรณานุกรม

กรมสรรพสามิต. 2547. **สรุปจำนวนรายผู้ได้รับอนุญาตให้ทำและขายสุรากลั่นชุมชนตามประกาศกระทรวงการคลัง เรื่อง วิธีการบริหารงานสุรา พ.ศ. 2546 (ฉบับที่ 4) ลงวันที่ 21 มกราคม 2546 ตั้งแต่วันที่ 21 มกราคม 2546 ถึงวันที่ 30 เมษายน 2547**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.exd.mof.go.th/Document/Publicsura.xls (28 พฤษภาคม 2547)

จิรวัฒน์ พัสระ. 2545. **การใช้ประโยชน์จากกากข้าวมอลต์แห้งเป็นอาหารโคนม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 112 น.

ทรงศักดิ์ จำปาวะดี และ ยุทธชัย อุทัยแพน. 2542. **คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์อาหารสัตว์และประเมินคุณภาพอาหารสัตว์**. มหาสารคาม: ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 124 น.

เทอดชัย เวียรศิลป์. 2548. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 357 น.

เทอดชัย เวียรศิลป์ และ ter Meulen, U. 2542. วิธีการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในแต่ละส่วนของทางเดินอาหารในสัตว์เคี้ยวเอื้องและสุกร. น. 291-312 ใน **ประมวลผลงานวิชาการด้านการเกษตรเนื่องในวโรกาสมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 6 รอบ**. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ธวัชชัย ศุภดิษฐ์, วิโรจน์ กิติคุณ, รุ่งจรัส หุตะเจริญ, วันชัย ผาติหัตถกร, นวรัตน์ พรสวัสดิ์ชัย, สัญชัย จตุรสิทธา และ ภคพงศ์ ปวงสุข. 2545. การใช้กากส่าเหล้าแห้งเป็นแหล่งโปรตีนรวมในอาหารนกกระทาเนื้อ. **แก่นเกษตร**. 30(4): 234-243.

นาม ศิริเสถียร และ อภิชัย เมฆบังวัน. 2533. บทบาทของส่าเหล้าแห้งในการผลิตสุกร. **สัตว์เศรษฐกิจ**. 7(147): 51-54.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2541. **โภชนศาสตร์สัตว์**. พิมพ์ครั้งที่ 6. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 170 น.

บุญล้อม ชีวอิสระกุล. 2542. **ชีวเคมีทางสัตวศาสตร์**. พิมพ์ครั้งที่ 3. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 178 น.

พฤหัส ภูมิปัญญา. 2529. วิธีทำส่าเหล้าให้เป็นทองคำ. **เคหการเกษตร**. 10(115): 8-11.

พันธิพา พงษ์เพียจันทร์. 2543. **สัตวศาสตร์และการผลิตสัตว์เบื้องต้น**. เชียงใหม่: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 387 น.

เมธา วรรณพัฒน์. 2529. **โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง.** ขอนแก่น: ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 387 น.

สุพัฒน์ กุมพิทักษ์ และ กำพล กาหลง. 2545. กรรมวิธีการผลิต อุ สาโท น้ำตาลเมา และเหล้ากลั่น. **เกษตรธรรมชาติ.** 8: 15-17.

เอกสิทธิ์ สมคุณา, โชค มิเกล็ด และ เทอดชัย เวียรศิลป์. 2541. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของถุงไนลอนที่มีขายในประเทศไทย และที่สั่งจากต่างประเทศ ในการใช้ประเมินค่าการสลายตัวของกากถั่วเหลืองและปลาป่นในกระเพาะหมักของโคนม โดยใช้เทคนิคถุงไนลอน. แนวโน้มการผลิตปศุสัตว์ในประเทศไทย น. 291-301. ใน รายงานการประชุมสัมมนาวิชาการ ณ จังหวัดเชียงใหม่ 11-30 ธันวาคม 2540.

Adesogan, A. T. 2005. Effect of bag type on the apparent digestibility of feed in ANKOM Daisy^{II} incubators. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 119: 333-344.

Chen, X. B. 1995. **Neway excel, An excel application program for processing feed degradability data international feed resources unit**. [CD-ROM]. N.P.: Rowett Research Institute.

Cherney, D. J. R., J. A. Patterson and R. P. Lemennager. 1990. Influence of *in situ* bag rinsing technique on determination of dry matter disappearance. **J. Dairy. Sci.,** 73(2): 391-397.

Chiou, P. W., K. J. Chen, K. S. Kuo, J. C. Hsu and B. Yu. 1995. Studies on the protein degradability of feedstuffs in Taiwan. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 55: 215-226.

DeBoever, J. L., B.G. Cottyn, F. X. Buysse, F. W. Wainman and J. M. Vanacker. 1986. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 14: 203-214.

Ensminger, M. E., L. E. Oldfield and W. W. Heinemann. 1990. **Feeds & Nutrition**. 2nd ed. California: The Ensminger Publishing Company. 1544 p.

Getachew, G., P. H. Robinson, E. J. DePeters and S. J. Taylor. 2004. Relationships between chemical composition, dry matter degradation and *in vitro* gas production of several ruminant feeds. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 111: 57-71.

Hedqvist, H. and P. Uden. 2006. Measurement of soluble protein degradation in the rumen. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 126: 1-21.

Hill J. 2002. Effect of level of inclusion and method of presentation of a single distillery by-product on the processes of ingestion of concentrate feed by horses. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 75: 209-218.

Holden, L. A. 1999. Comparison of Methods of In Vitro Dry Matter Digestibility for Ten Feeds. **J. Dairy Sci.,** 82(8): 1791-1794.

Huang, H. J., P. W. Chiou, C. R. Chen, J. K. Chiang and B. Yu. 1999. Effects of dried rice distillers' and grain supplementtation on the performance of lactatind cows. **Anim. Feed.Sci. Tech.,** 77: 303-315.

Huntington J. A. and D. I. Givens. 1995. The *in situ* technique for studying the rumen degradation of feed: A review of the procedure. **Nutrition Abstracts and Reviews (series B).** 65(2): 63-92.

Klopfenstein T. 1996. Distillers grain as an energy source and effect of drying on protein availability. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 60: 201-207.

Lopez, S., F. D. D. Hovell, B. Manyuchi and I. Smart. 1995. Comparison of sample preparation method for the determination of the rumen degradation characteristics of fresh and ensiled forages by the nylon bag technique. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 60: 439-450.

Madsen, J. and T. Hvelplund. 1994. Prediction of in situ protein degradability in the rumen. **Livest. Prod. Sci.,** 39: 210-212.

Mehrez, A. Z. and E. R. Ørskov. 1977. A study of the artificial fiber bag technique for determining the digestibility of feed in the rumen. **J. Agri. Sci. Camb.,** 88: 645-650.

Menke, K. H. and H. Steingass. 1988. Estimation of the energetic feed value obtained from chemical analysis and *in vitro* gas production using rumen fluid. **Anim. Res. Devel.,** 28: 7-55.

Morris, P. C. and J. H. Bryce. 2000. **Cereal Biotechnology**. Boca Raton: FL Woodhead Publishing. 252 p.

Mustafa A. F., J. J. McKinnon and D. A. Christensen. 2000. Chemical characterization and *in situ* nutrient degradability of wet distillers' grains derived from barley-based ethanol production. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 83: 301-311.

Ørskov, E. R. 1982. **Protein Nutrition in Ruminant**. London: Academic Press., Inc., LTD. 160 p.

Ørskov, E. R., M. Huges-Jones and M. E. Elimem. 1983. Studies on degradation and outflow rate of protein supplements in the rumen of sheep and cattle. **Livest. Prod. Sci.,** 10: 17-24.

Ørskov, E. R. and P. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **J. Agri. Sci, Camb.,** 92: 499.

Robinson, P. H., M. Campbell Mathews and J. G. Fadel. 1999. Influence of storage time and temperature on *in vitro* digestion of neutral detergent fiber at 48 h, and comparison to 48 h *in sacco* neutral detergent fiber digestion. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 80: 257-266.

SAS. 1996. **User's Guide, Version 6.12.** [CD-ROM]. N.P.: SAS Inst., Inc., Cary, NC.

Satter, L. D. and R. E. Roffler. 1975. Nitrogen Requirement and Utilization in Dairy Cattle. **J. Dairy Sci.,** 58(8): 1219-1237.

Stewart, C. S. 1979. **Straw Decay and Its Effect on Disposal and Utilization**. United Kingdom: Grossbard, John Wiley & Sons. 455 p.

Stritsler, N. P., T. Hvelplund and J. Woelstrup. 1990. The influence of the position in the rumen on dry matter dissappearance from nylon bags. **Acta. Agric. Scand.,** 40: 363-366.

Tilly, J. M. A. and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. **J. Br. Grassl. Sci.,** 18: 104-111.

Wilman D. and A.Adesogan. 2000. A comparison of filter bag methods with conventional tube methods of determining the in vitro digestibility of forages. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 84: 33-47.

Woods V. B., F. P. O'Mara and A. P. Moloney. 2003a. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals Part I : In situ ruminal degradability of dry matter and organic matter. **Anim. Feed. Sci. Tech.,** 110: 111-130.

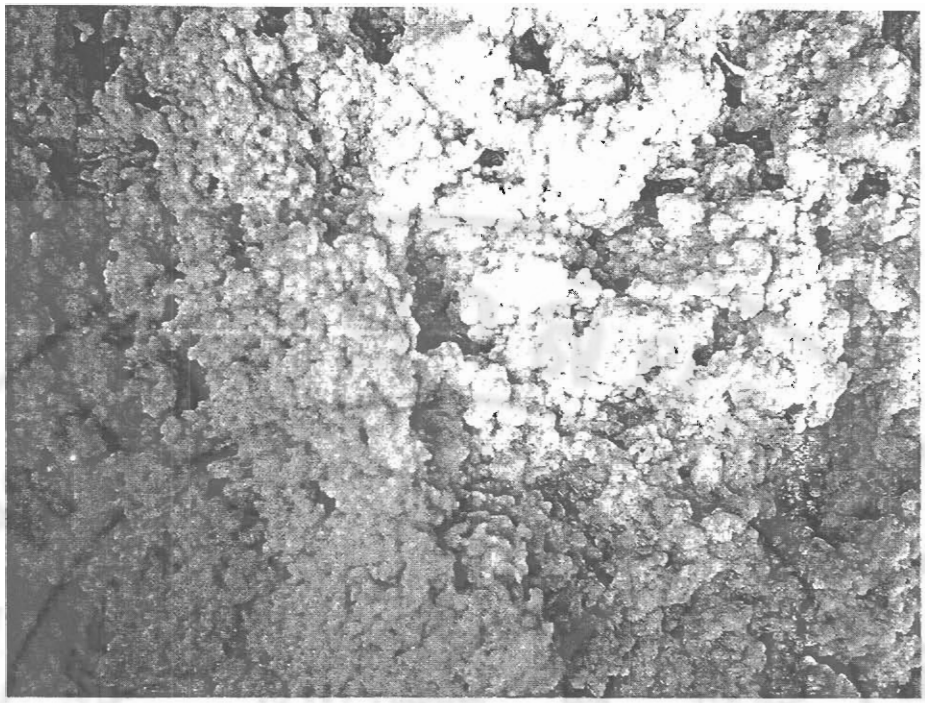
Woods V. B., A. P. Moloney and F. P. O'Mara. 2003b. The nutritive value of concentrate feedstuffs for ruminant animals Part II : In situ ruminal degradability of crude protein. **Anim. Feed. Sci. Tech.**, 110: 131-143.

Yang, F. C. 1998. Drying trials of thin stillage from the manufacture of rice spirit. **Bioresource Technology** 65: 163-165.

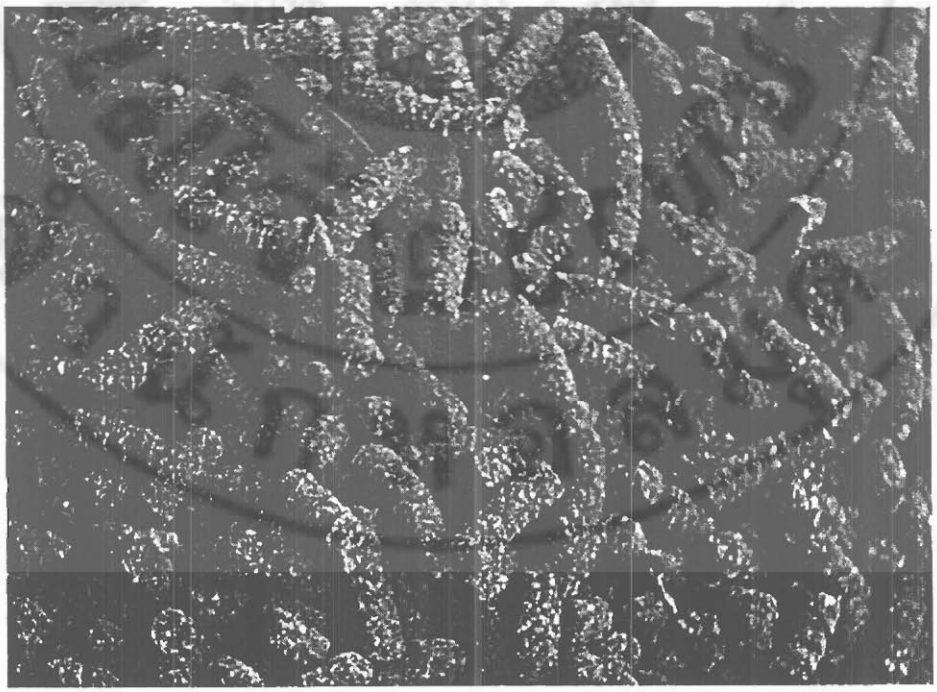
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

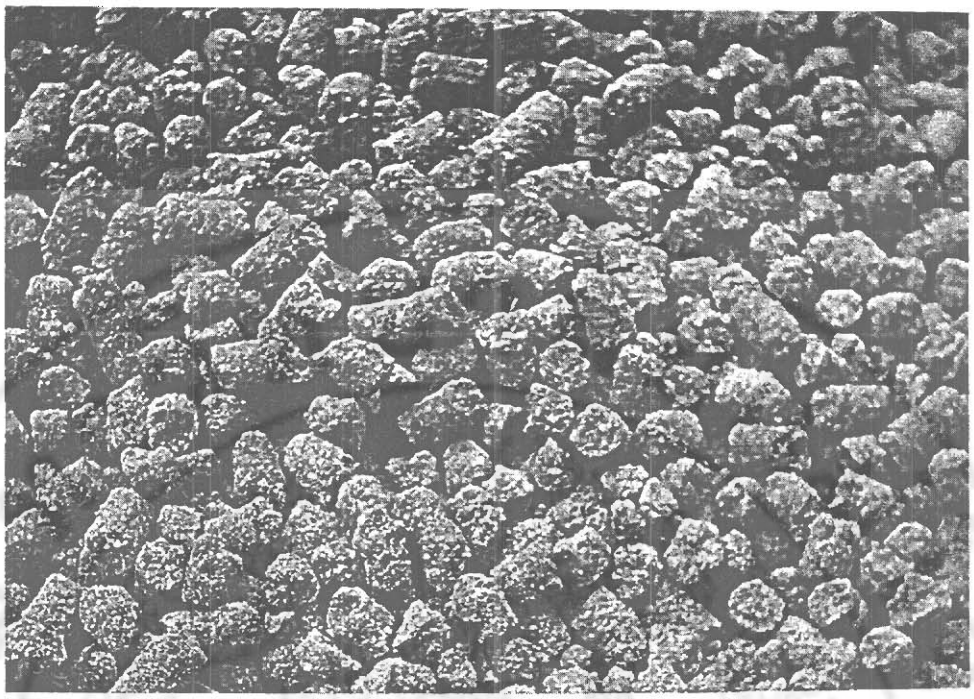
ภาพภาคผนวก



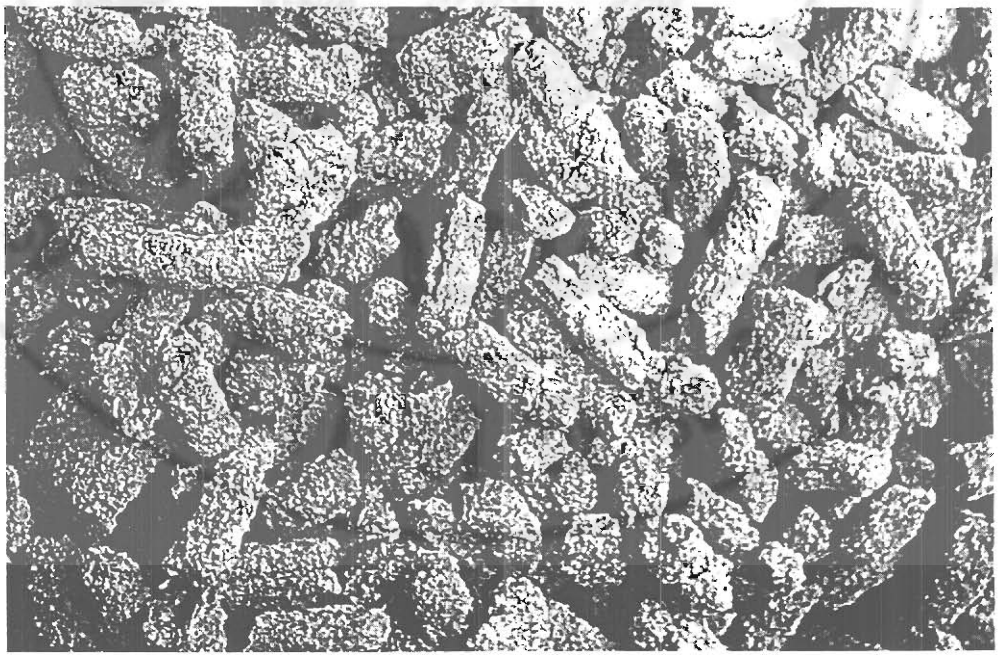
ภาพภาคผนวก 1 กากส่าเหล้าจากโรงงานกลั่นเหล้า ที่ใช้ในการทดลอง



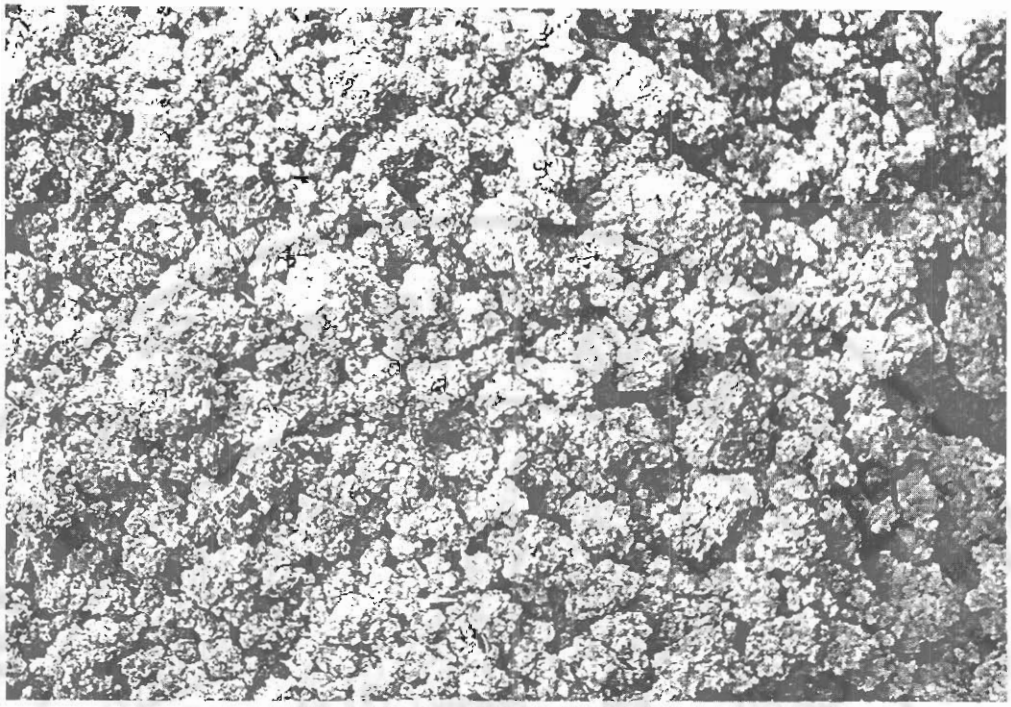
ภาพภาคผนวก 2 อาหารข้นสูตรที่ 1 (กากส่าเหล้า 100 เปอร์เซ็นต์)



ภาพภาคผนวก 3 อาหารข้นสูตรที่ 2 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 50 เปอร์เซ็นต์)

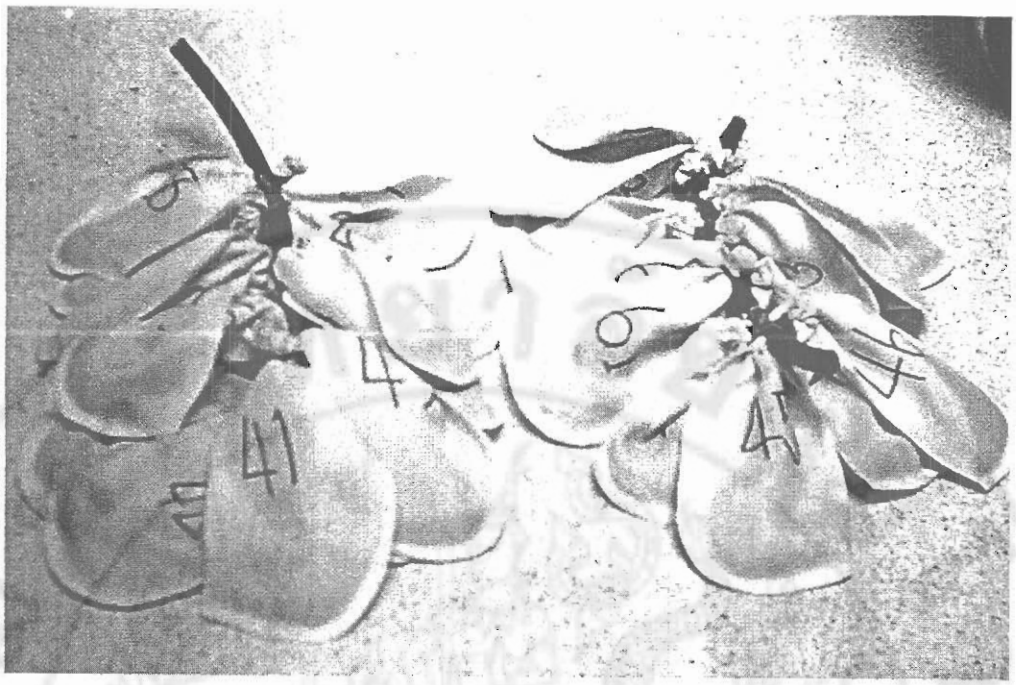


ภาพภาคผนวก 4 อาหารข้นสูตรที่ 3 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมรำละเอียด 25 เปอร์เซ็นต์ และรำหยาบ 25 เปอร์เซ็นต์)



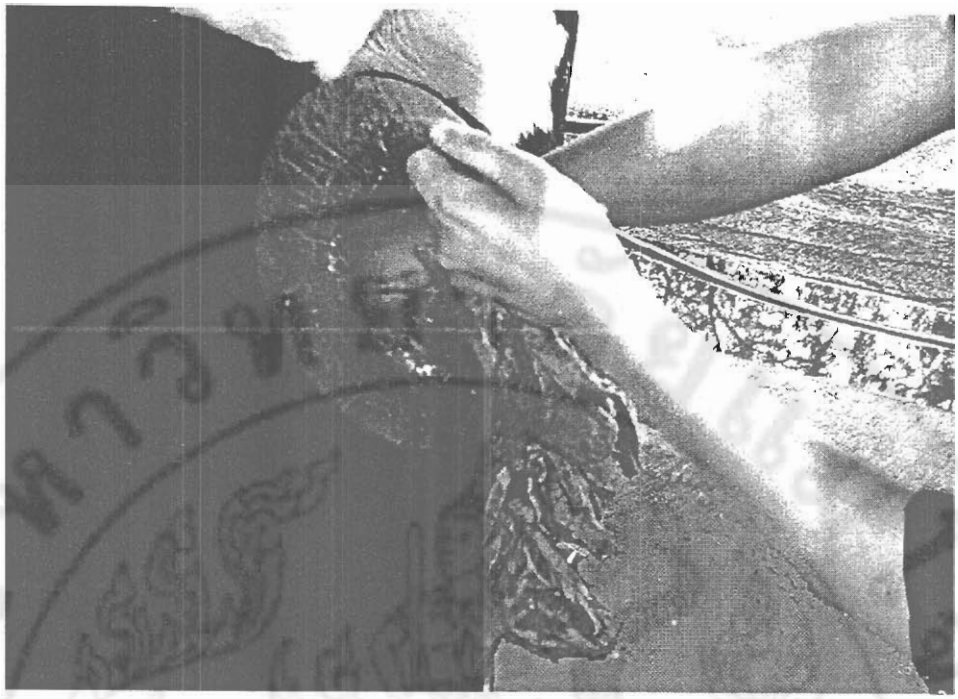
ภาพภาคผนวก 5 อาหารข้นสูตรที่ 4 (กากส่าเหล้า 50 เปอร์เซ็นต์ ผสมข้าวโพดบด 50 เปอร์เซ็นต์)

ภาพภาคผนวก 6 โคที่ใช้ในการทดลอง



ภาพภาคผนวก 7 ถุงไนลอนที่พร้อมนำไปแช่บ่มในกระเพาะรูเมน

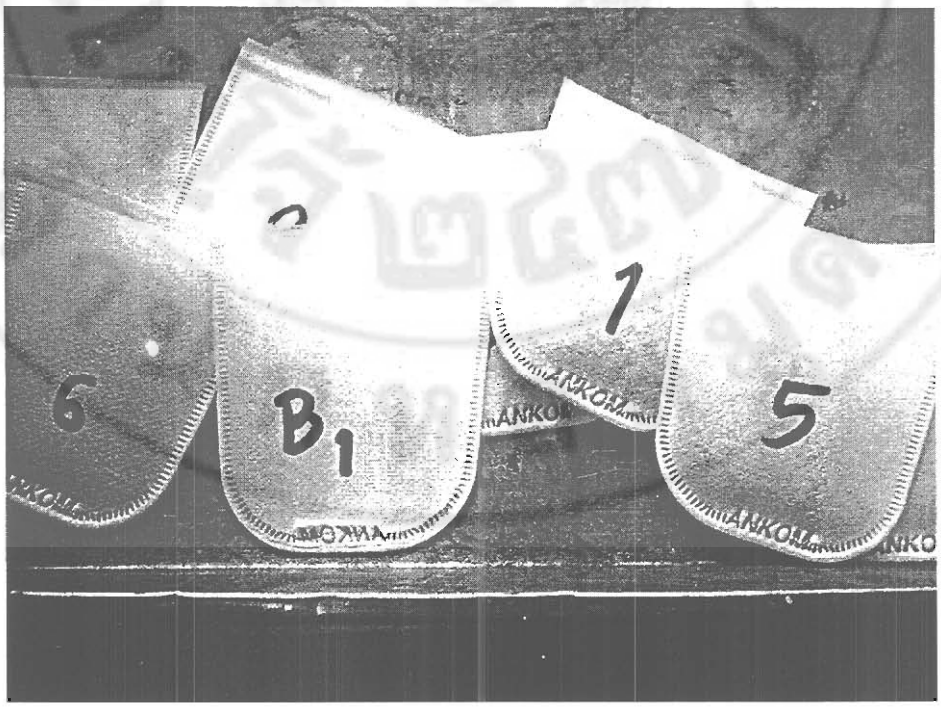
ภาพภาคผนวก 8 การนำถุงไนลอนเข้าแช่บ่มในกระเพาะรูเมนของโคทดลอง



ภาพภาคผนวก 9 การนำถุงไนลอนออกจากกระเพาะรูเมนของโคทดลอง

ภาพภาคผนวก 10 เครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II})

ภาพภาคผนวก 11 โถที่ใช้ในการแช่บ่มด้วยเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II})



ภาพภาคผนวก 12 ถุงโพลีเอสเตอร์ที่ใช้กับเครื่องมือชุดกระเพาะหมักเทียม (ANKOM Daisy^{II})

ภาพภาคผนวก 13 การเก็บตัวอย่างของเหลวจากกระเพาะรูเมนเพื่อนำไปใส่ในกระเพาะรูเมนทียม

ภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวก 1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	74.60	24.87	5.00	0.045
Row	3	6.05	2.02	0.41	0.754
Treatment	3	457.40	152.47	30.67	0.001
Error	6	29.83	4.97		
Total	15	567.88			
R^2 = 0.95		C.V. = 5.37	SEM = 2.23		

ตารางภาคผนวก 2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	84.37	28.12	2.70	0.13
Row	3	0.37	0.12	0.01	0.99
Treatment	3	311.09	103.70	9.97	0.01
Error	6	62.39	10.40		
Total	15	458.22			
R^2 = 0.86		C.V. = 7.14	SEM = 3.22		

ตารางภาคผนวก 3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	169.91	56.64	11.35	0.01
Row	3	26.40	8.80	1.76	0.25
Treatment	3	613.66	204.55	40.98	0.00
Error	6	29.94	4.99		
Total	15	839.91			
R^2 = 0.96		C.V. = 4.25	SEM = 2.23		

ตารางภาคผนวก 4 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	93.90	31.30	14.85	0.00
Row	3	5.43	1.81	0.86	0.51
Treatment	3	1086.56	362.19	171.81	0.00
Error	6	12.64	2.10		
Total	15	1198.53			
$R^2 = 0.98$		C.V. = 2.38	SEM = 1.45		

ตารางภาคผนวก 5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	77.57	25.86	13.03	0.00
Row	3	19.78	6.59	3.32	0.09
Treatment	3	1093.73	364.58	183.70	0.00
Error	6	11.90	1.98		
Total	15	1202.98			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 2.13	SEM = 1.40		

ตารางภาคผนวก 6 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	96.78	32.26	5.71	0.03
Row	3	21.77	7.25	1.28	0.36
Treatment	3	788.76	262.92	46.50	0.00
Error	6	33.92	5.65		
Total	15	941.24			
$R^2 = 0.96$		C.V. = 3.40	SEM = 2.37		

ตารางภาคผนวก 7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	31.45	10.48	51.05	0.20
Row	3	34.93	11.64	2.33	0.17
Treatment	3	764.02	254.67	2.10	0.00
Error	6	29.93	4.98		
Total	15	860.34			
R^2 = 0.96		C.V. = 3.03	SEM = 2.23		

ตารางภาคผนวก 8 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	68.35	22.78	4.65	0.05
Row	3	5.80	1.93	0.40	0.76
Treatment	3	199.43	66.47	13.56	0.00
Error	6	29.40	4.90		
Total	15	303.00			
R^2 = 0.90		C.V. = 4.96	SEM = 2.21		

ตารางภาคผนวก 9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	79.87	26.62	3.28	0.14
Row	3	0.64	0.21	0.02	0.99
Treatment	3	97.59	32.53	2.68	0.10
Error	6	59.52	9.92		
Total	15	237.64			
R^2 = 0.74		C.V. = 6.52	SEM = 3.14		

ตารางภาคผนวก 10 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	151.19	50.39	10.47	0.01
Row	3	26.45	8.81	1.83	0.24
Treatment	3	305.52	101.84	21.16	0.00
Error	6	28.88	4.81		
Total	15	512.05			

R^2 = 0.94 C.V. = 3.92 SEM = 2.19

ตารางภาคผนวก 11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	85.23	28.41	14.86	0.00
Row	3	5.55	1.85	0.97	0.46
Treatment	3	748.39	249.46	130.50	0.00
Error	6	11.46	1.91		
Total	15	850.66			

R^2 = 0.98 C.V. = 2.16 SEM = 1.38

ตารางภาคผนวก 12 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	65.73	21.91	12.57	0.00
Row	3	17.47	5.82	3.34	0.09
Treatment	3	864.27	288.09	165.28	0.00
Error	6	10.45	1.74		
Total	15	957.94			

R^2 = 0.98 C.V. = 1.92 SEM = 1.32

ตารางภาคผนวก 13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	82.23	27.41	5.85	0.03
Row	3	19.31	6.43	1.37	0.33
Treatment	3	621.59	207.19	44.22	0.00
Error	6	28.11	4.68		
Total	15	751.26			

$R^2 = 0.96$ C.V. = 2.97 SEM = 2.16

ตารางภาคผนวก 14 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	27.28	9.09	2.34	0.17
Row	3	28.83	9.61	2.47	0.15
Treatment	3	628.96	209.65	53.95	0.00
Error	6	23.31	3.88		
Total	15	708.39			

$R^2 = 0.96$ C.V. = 2.59 SEM = 1.97

ตารางภาคผนวก 15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	41.21	13.73	4.94	0.04
Row	3	2.81	0.93	0.34	0.79
Treatment	3	3745.77	1248.59	448.73	0.00
Error	6	16.69	2.78		
Total	15	3806.50			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 3.28 SEM = 1.66

ตารางภาคผนวก 16 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	55.06	18.35	4.12	0.06
Row	3	3.50	1.16	0.26	0.85
Treatment	3	3903.09	1301.03	292.18	0.00
Error	6	26.71	4.45		
Total	15	3988.37			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 3.92	SEM = 2.11		

ตารางภาคผนวก 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	107.17	35.72	7.69	0.01
Row	3	16.84	5.61	1.21	0.38
Treatment	3	5012.81	1670.93	359.60	0.00
Error	6	27.88	4.64		
Total	15	2164.72			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 3.62	SEM = 2.15		

ตารางภาคผนวก 18 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	72.99	24.33	11.96	0.00
Row	3	11.54	3.84	1.89	0.23
Treatment	3	5561.54	1853.84	911.16	0.00
Error	6	12.20	2.03		
Total	15	5658.29			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 2.22	SEM = 1.42		

ตารางภาคผนวก 19 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	63.83	21.27	8 44	0.01
Row	3	33.31	11.10	4 40	0.05
Treatment	3	5693.03	1897.67	752.47	0.00
Error	6	15.13	2.52		
Total	15	5805.30			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 2 27	SEM = 1.58		

ตารางภาคผนวก 20 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	77.94	25.97	2.39	0.16
Row	3	31.58	10.52	0.97	0.46
Treatment	3	3519.65	1173.21	108.09	0.00
Error	6	65.12	10.85		
Total	15	3694.30			
$R^2 = 0.98$		C.V. = 4.40	SEM = 3.29		

ตารางภาคผนวก 21 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	22.94	7.64	1 19	0.38
Row	3	33.91	11.30	1.76	0.25
Treatment	3	2368.59	789.53	123.10	0.00
Error	6	38.48	6.41		
Total	15	2463.94			
$R^2 = 0.98$		C.V. = 3.25	SEM = 2.53		

ตารางภาคผนวก 22 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	71.22	23.74	5.02	0.04
Row	3	5.68	1.89	0.40	0.75
Treatment	3	265.32	88.44	18.72	0.00
Error	6	28.34	4.72		
Total	15	370.57			

$R^2 = 0.92$ C.V. = 5.24 SEM = 2.17

ตารางภาคผนวก 23 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	87.98	29.32	2.83	0.12
Row	3	0.56	0.18	0.02	0.99
Treatment	3	270.31	90.10	8.68	0.01
Error	6	62.25	10.37		
Total	15	421.11			

$R^2 = 0.85$ C.V. = 7.15 SEM = 3.22

ตารางภาคผนวก 24 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	172.46	57.48	10.89	0.00
Row	3	28.64	9.54	1.81	0.24
Treatment	3	723.66	241.22	45.70	0.00
Error	6	31.66	5.27		
Total	15	956.44			

$R^2 = 0.96$ C.V. =4.36 SEM = 2.29

ตารางภาคผนวก 25 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	108.41	36.13	14.18	0.00
Row	3	5.86	1.95	0.77	0.55
Treatment	3	968.93	322.97	126.76	0.00
Error	6	15.28	2.54		
Total	15	1098.50			

$R^2 = 0.98$ C.V. = 2.69 SEM = 1.59

ตารางภาคผนวก 26 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	90.12	30.04	11.08	0.00
Row	3	21.52	7.17	2.65	0.14
Treatment	3	903.76	301.25	111.11	0.00
Error	6	16.26	2.71		
Total	15	1031.67			

$R^2 = 0.98$ C.V. = 2.60 SEM = 1.64

ตารางภาคผนวก 27 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	132.43	44.14	6.05	0.03
Row	3	31.34	10.44	1.43	0.32
Treatment	3	776.46	258.82	35.44	0.00
Error	6	43.81	7.30		
Total	15	984.05			

$R^2 = 0.95$ C.V. = 4.12 SEM = 2.70

ตารางภาคผนวก 28 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	39.84	13.28	2.35	0.17
Row	3	43.50	14.50	2.56	0.15
Treatment	3	818.79	272.93	48.25	0.00
Error	6	33.93	5.65		
Total	15	936.08			
$R^2 = 0.96$		C.V. = 3.36	SEM = 2.37		

ตารางภาคผนวก 29 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 2 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	75.79	25.26	5.64	0.0352
Row	3	7.75	2.58	0.58	0.6508
Treatment	3	1337.97	445.99	99.57	0.00
Error	6	26.87	4.47		
Total	15	1448.40			
$R^2 = 0.98$		C.V. = 5.13	SEM = 2.11		

ตารางภาคผนวก 30 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 4 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	84.07	342.03	2.68	0.14
Row	3	0.20	0.06	0.01	0.99
Treatment	3	1026.09	28.02	32.74	0.00
Error	6	62.67	10.44		
Total	15	1173.05			
$R^2 = 0.94$		C.V. = 6.97	SEM = 3.23		

ตารางภาคผนวก 31 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 8 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	192.63	64.21	13.58	0.00
Row	3	36.67	12.22	2 59	0.14
Treatment	3	1534.96	511.654.72	108.22	0.00
Error	6	28.36			
Total	15	1792.65			

R^2 = 0.98 C.V. = 4.38 SEM = 2.17

ตารางภาคผนวก 32 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 16 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	132.77	44.25	11.79	0.00
Row	3	12.56	4.18	1.12	0.41
Treatment	3	1366.31	455.43	121 37	0.00
Error	6	22.51	3.75		
Total	15	1534.16			

R^2 = 0.98 C.V. = 3.39 SEM = 1.93

ตารางภาคผนวก 33 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	101.76	33.92	9.85	0.00
Row	3	20.20	6.73	1.96	0.22
Treatment	3	1376.38	458.79	9.85	0.00
Error	6	20.65	3.44		
Total	15	1518.99			

R^2 = 0.98 C.V. = 3.02 SEM = 1.85

ตารางภาคผนวก 34 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 36 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	122.93	40.97	6.45	0.02
Row	3	24.28	8.09	1.27	0.36
Treatment	3	1453.51	484.50	76.29	0.00
Error	6	38.10	6.35		
Total	15	1638.84			
$R^2 = 0.97$		C.V. = 3.82	SEM = 2.52		

ตารางภาคผนวก 35 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการสลายตัวของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการใช้ถุงไนลอน

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	37.42	12.47	1.83	0.24
Row	3	45.54	15.18	2.23	0.18
Treatment	3	1634.63	544.87	80.05	0.00
Error	6	40.83	6.80		
Total	15	1758.44			
$R^2 = 0.97$		C.V. = 3.75	SEM = 2.60		

ตารางภาคผนวก 36 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของวัตถุแห้งที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	0.00	1.00
Row	3	0.00	0.00	0.00	1.00
Treatment	3	1317.60	439.20	99999.99	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	1317.60			
$R^2 = 1.00$		C.V. = 0.00	SEM = 0.00		

ตารางภาคผนวก 37 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของวัตถุแห้งที่ไม่ละลาย แต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	50.61	16.87	0.43	0.73
Row	3	107.57	35.85	0.92	0.48.
Treatment	3	2412.68	804.22	20.63	0.00
Error	6	233.85	38.9756		
Total	15	2804.71			
$R^2 = 0.91$		C.V. = 9.65	SEM = 6.24		

ตารางภาคผนวก 38 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายวัตถุแห้ง (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	28.54	9 51	0.33	0.80
Row	3	107.12	35.70	1.24	0.37
Treatment	3	2590.25	863.41	30 08	0.00
Error	6	172.22	28.70		
Total	15	2898.13			
$R^2 = 0.94$		C.V. = 6.35	SEM = 5.35		

ตารางภาคผนวก 39 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายวัตถุแห้ง (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	3.29	0.10
Row	3	0.00	0.00	2.02	0.21
Treatment	3	0.04	0.02	138.81	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	0.04			
$R^2 = 0.98$		C.V. = 14.59	SEM = 0.01		

ตารางภาคผนวก 40 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่วัตถุแห้งเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.0	0.0	-	-
Row	3	0.0	0.0	-	-
Treatment	3	0.0	0.0	-	-
Error	6	0.0	0.0		
Total	15	0.0			

$R^2 = 0.0$ C.V. = 0.0 SEM = 0.0

ตารางภาคผนวก 41 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	43.45	14.48	2.95	0.12
Row	3	20.34	6.78	1.38	0.33
Treatment	3	391.69	130.56	2.95	0.00
Error	6	29.42	4.90		
Total	15	484.90			

$R^2 = 0.93$ C.V. = 3.29 SEM = 2.21

ตารางภาคผนวก 42 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	83.04	27.68	9.33	0.01
Row	3	7.97	2.65	0.90	0.49
Treatment	3	394.53	131.51	44.32	0.00
Error	6	17.80	2.96		
Total	15	503.35			

$R^2 = 0.96$ C.V. = 2.96 SEM = 1.72

ตารางภาคผนวก 43 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายวัตถุแห้งที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	92.46	30.82	8.52	0.01
Row	3	4.98	1.66	0.46	0.72
Treatment	3	388.63	129.54	35.81	0.00
Error	6	21.70	3.61		
Total	15	507.79			

$R^2 = 0.95$ C.V. = 3.55 SEM = 1.90

ตารางภาคผนวก 44 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอินทรียวัตถุที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	2.42	0.80	1.00	0.45
Row	3	0.00	0.00	0.00	1.00
Treatment	3	750.29	250.09	310.04	0.00
Error	6	4.84	0.80		
Total	15	757.55			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 3.73 SEM = 0.89

ตารางภาคผนวก 45 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอินทรียวัตถุที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	17.84	5.94	0.29	0.83
Row	3	77.81	25.93	1.27	0.36
Treatment	3	858.08	286.02	14.01	0.00
Error	6	122.49	20.41		
Total	15	1076.23			

$R^2 = 0.88$ C.V. = 7.32 SEM = 4.51

ตารางภาคผนวก 46 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายอินทรียวัตถุ (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	17.84	5.94	0.29	0.83
Row	3	78.72	26.24	1.28	0.36
Treatment	3	2155.26	718.42	34.94	0.00
Error	6	123.36	20.56		
Total	15	2375.20			

$R^2 = 0.94$ C.V. = 5.28 SEM = 4.53

ตารางภาคผนวก 47 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุ (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	3.45	0.09
Row	3	0.00	0.00	1.81	0.24
Treatment	3	0.04	0.01	130.21	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	0.04			

$R^2 = 0.98$ C.V. = 14.50 SEM = 0.01

ตารางภาคผนวก 48 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่อินทรียวัตถุเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.0	0.0	-	-
Row	3	0.0	0.0	-	-
Treatment	3	0.0	0.00.0	-	-
Error	6	0.0			
Total	15	0.0			

$R^2 = 0.0$ C.V. = 0.0 SEM = 0.0

ตารางภาคผนวก 49 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	38.81	12.93	3.24	0.10
Row	3	16.76	5.58	1.40	0.33
Treatment	3	270.55	90.18	22.61	0.00
Error	6	23.93	3.98		
Total	15	350.05			

$R^2 = 0.93$ C.V. = 2.85 SEM = 1.99

ตารางภาคผนวก 50 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	73.80	24.60	9.04	0.01
Row	3	7.50	2.50	0.92	0.48
Treatment	3	190.20	63.40	23.29	0.00
Error	6	16.33	2.72		
Total	15	287.84			

$R^2 = 0.94$ C.V. = 2.70 SEM = 1.64

ตารางภาคผนวก 51 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายอินทรียวัตถุที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	83.26	27.75	7.95	0.01
Row	3	5.31	1.77	0.51	0.69
Treatment	3	137.86	45.95	13.17	0.00
Error	6	20.93	3.48		
Total	15	247.37			

$R^2 = 0.91$ C.V. = 3.29 SEM = 1.86

ตารางภาคผนวก 52 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโปรตีนที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	0.00	1.00
Row	3	0.00	0.00	0.00	1.00
Treatment	3	2035.76	678.58	99999.99	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	2035.76			

R^2 = 1.00 C.V. = 0.00 SEM = 0.00

ตารางภาคผนวก 53 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของโปรตีนที่ไม่ละลาย แต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	57.03	19.01	0.73	0.56
Row	3	82.26	27.42	1.06	0.43
Treatment	3	3232.13	1077.37	41.64	0.00
Error	6	155.24	25.87		
Total	15	3526.67			

R^2 = 0.95 C.V. = 8.12 SEM = 5.08

ตารางภาคผนวก 54 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายโปรตีน (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	56.57	18.85	0.73	0.56
Row	3	83.73	27.91	1.08	0.42
Treatment	3	468.66	156.22	6.06	0.03
Error	6	154.56	25.76		
Total	15	763.54			

R^2 = 0.79 C.V. = 5.54 SEM = 5.07

ตารางภาคผนวก 55 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายโปรตีน (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	3.10	0.11
Row	3	0.00	0.00	0.83	0.52
Treatment	3	0.05	0.02	146.12	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	0.05			

$R^2 = 0.98$ C.V. = 16.61 SEM = 0.01

ตารางภาคผนวก 56 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่โปรตีนเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.0	0.0	-	-
Row	3	0.0	0.0	-	-
Treatment	3	0.0	0.0	-	-
Error	6	0.0	0.0		
Total	15	0.0			

$R^2 = 0.00$ C.V. = 0.00 SEM = 0.00

ตารางภาคผนวก 57 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีนที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	121.20	40.40	0.99	0.45
Row	3	245.34	81.78	2.00	0.21
Treatment	3	1829.96	609.9840.94	14.90	0.00
Error	6	245.68			
Total	15	2442.20			

$R^2 = 0.89$ C.V. = 8.50 SEM = 6.39

ตารางภาคผนวก 58 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีนที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	57.17	19.05	7.21	0.02
Row	3	12.09	4.03	1.53	0.30
Treatment	3	3995.91	1331.97	503.78	0.00
Error	6	15.86			
Total	15	4081.04			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 2.53 SEM = 1.62

ตารางภาคผนวก 59 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายโปรตีนที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	61.48	20.49	8.19	0.01
Row	3	7.74	2.58	1.03	0.44
Treatment	3	4347.36	1449.12	579.07	0.00
Error	6	15.01	2.50		
Total	15	4431.61			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 2.63 SEM = 1.58

ตารางภาคผนวก 60 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของเยื่อใยที่ละลายได้ทันที (a) - ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	99999.99	0.00
Row	3	0.00	0.00	99999.99	0.00
Treatment	3	1419.95	473.31	99999.99	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	1419.95			

$R^2 = 1.00$ C.V. = 0.00 SEM = 0.00

ตารางภาคผนวก 61 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของเยื่อใยที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	272.07	90.69	1.06	0.43
Row	3	193.98	64.66	0.75	0.55
Treatment	3	5232.63	1744.21	20.30	0.00
Error	6	515.55	85.92		
Total	15	6214.25			

$R^2 = 0.91$ C.V. = 18.85 SEM = 9.26

ตารางภาคผนวก 62 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลายเยื่อใย (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	271.18	90.39	1.05	0.43
Row	3	196.27	65.42	0.76	0.55
Treatment	3	2633.63	877.87	10.17	0.00
Error	6	517.83	86.30		
Total	15	3618.92			

$R^2 = 0.85$ C.V. = 11.69 SEM = 9.29

ตารางภาคผนวก 63 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลายเยื่อใย (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	1.13	0.40
Row	3	0.00	0.00	1.56	0.29
Treatment	3	0.09	0.03	37.68	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	0.11			

$R^2 = 0.95$ C.V. = 31.30 SEM = 0.02

ตารางภาคผนวก 64 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่เยื่อใยเริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.77	0.25	1.00	0.45
Row	3	0.77	0.25	1.00	0.45
Treatment	3	14.52	4.84	18.74	0.00
Error	6	1.55	0.25		
Total	15	17.62			
$R^2 = 0.91$		C.V. = 92.41	SEM = 0.50		

ตารางภาคผนวก 65 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายเยื่อใยที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	37.99	12.66	1.35	0.34
Row	3	32.11	10.70	1.14	0.40
Treatment	3	432.50	144.16	15.41	0.00
Error	6	56.14	9.35		
Total	15	558.75			
$R^2 = 0.89$		C.V. = 4.71	SEM = 3.05		

ตารางภาคผนวก 66 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายเยื่อใยที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	84.60	28.20	9.78	0.01
Row	3	9.05	3.01	1.05	0.43
Treatment	3	335.29	111.76	38.75	0.00
Error	6	17.30	2.88		
Total	15	446.25			
$R^2 = 0.96$		C.V. = 2.99	SEM = 1.69		

ตารางภาคผนวก 67 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลายเยื่อใยที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	92.27	30.75	10.60	0.00
Row	3	5.04	1.68	0.58	0.64
Treatment	3	364.60	121.53	10.60	0.00
Error	6	17.40	2.90		
Total	15	479.32			

$R^2 = 0.96$ C.V. = 3.23

ตารางภาคผนวก 68 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของ NDF ที่ละลายได้ทันที (a) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	0.00	1.00
Row	3	0.00	0.00	0.00	1.00
Treatment	3	2414.88	804.96	99999.99	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	2414.88			

$R^2 = 1.00$ C.V. = 0.00 SEM = 0.00

ตารางภาคผนวก 69 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของ NDF ที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ (b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	118.03	39.34	0.47	0.71
Row	3	306.92	102.30	1.21	0.38
Treatment	3	10445.96	3481.98	41.34	0.00
Error	6	505.41	84.23		
Total	15	11376.33			

$R^2 = 0.95$ C.V. = 17.69 SEM = 9.17

ตารางภาคผนวก 70 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของศักยภาพในการย่อยสลาย NDF (a+b) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	118.03	39.34	0.47	0.71
Row	3	306.92	102.30	1.21	0.38
Treatment	3	4759.14	1586.38	0.47	0.00
Error	6	505.41	84.23		
Total	15	5689.51			

$R^2 = 0.91$ C.V. = 11.66 SEM = 9.17

ตารางภาคผนวก 71 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของอัตราการย่อยสลาย NDF (c) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.00	0.00	5.51	0.03
Row	3	0.00	0.00	5.24	0.04
Treatment	3	0.02	0.00	31.87	0.00
Error	6	0.00	0.00		
Total	15	0.02			

$R^2 = 0.95$ C.V. = 22.65 SEM = 0.01

ตารางภาคผนวก 72 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของช่วงเวลาที่ NDF เริ่มถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ (L) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.35	0.11	1.00	0.45
Row	3	0.35	0.11	1.00	0.45
Treatment	3	3.30	1.10	9.38	0.01
Error	6	0.70	0.11		
Total	15	4.71			

$R^2 = 0.85$ C.V. = 130.58 SEM = 0.34

ตารางภาคผนวก 73 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลาย NDF ที่อัตรา 0.02 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.02}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	41.97	13.99	1.26	0.37
Row	3	22.69	7.56	0.68	0.59
Treatment	3	1438.53	479.51	43.05	0.00
Error	6	66.82	11.13		
Total	15	1570.02			

$R^2 = 0.95$ C.V. = 5.17 SEM = 3.33

ตารางภาคผนวก 74 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลาย NDF ที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	98.51	32.83	7.75	0.01
Row	3	11.20	3.73	0.88	0.50
Treatment	3	1070.68	356.89	84.19	0.00
Error	6	25.43	4.23		
Total	15	1205.83			

$R^2 = 0.97$ C.V. = 3.70 SEM = 2.05

ตารางภาคผนวก 75 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของประสิทธิภาพการย่อยสลาย NDF ที่อัตรา 0.08 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.08}$) ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	107.65	35.88	8.54	0.01
Row	3	8.44	2.81	0.67	0.60
Treatment	3	1134.07	378.02	89.99	0.00
Error	6	25.20	4.20		
Total	15	1275.37			

$R^2 = 0.98$ C.V. = 3.96 SEM = 2.04

ตารางภาคผนวก 76 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	12.99	4.33	0.95	0.47
Row	3	20.00	6.66	1.47	0.31
Treatment	3	203.41	67.80	14.90	0.00
Error	6	27.30	455		
Total	15	263.71			

$R^2 = 0.89$ C.V. = 4.55 SEM = 2.13

ตารางภาคผนวก 77 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	12.33	4.11	0.96	0.46
Row	3	19.28	6.42	1.51	0.30
Treatment	3	205.15	68.38	16.03	0.00
Error	6	25.59	4.26		
Total	15	262.37			

$R^2 = 0.90$ C.V. = 4.40 SEM = 46.86

ตารางภาคผนวก 78 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	21.77	7.25	0.73	0.56
Row	3	34.59	11.53	1.17	0.39
Treatment	3	952.62	317.54	32.13	0.00
Error	6	59.29	9.88		
Total	15	1068.28			

$R^2 = 0.94$ C.V. = 10.21 SEM = 3.14

ตารางภาคผนวก 79 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	6.38	2.12	1.49	0.30
Row	3	11.32	3.77	2.65	0.14
Treatment	3	2853.48	951.16	667.88	0.00
Error	6	8.54	1.42		
Total	15	2879.73			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 2.18 SEM = 1.19

ตารางภาคผนวก 80 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 24 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	25.49	8.49	1.70	0.26
Row	3	19.85	6.61	1.32	0.35
Treatment	3	2645.55	881.853.12	176.30	0.00
Error	6	18.75			
Total	15	2512.11			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 4.43 SEM = 1.76

ตารางภาคผนวก 81 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	29.30	9.76	1.44	0.32
Row	3	22.37	7.45	1.10	0.42
Treatment	3	350.98	116.99	17.21	0.00
Error	6	40.80	6.80		
Total	15	443.46			

$R^2 = 0.90$ C.V. = 4.86 SEM = 2.60

ตารางภาคผนวก 82 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	27.46	9.15	1.46	0.31
Row	3	20.91	6.97	1.11	0.41
Treatment	3	464.70	154.90	24.67	0.00
Error	6	37.67	6.27		
Total	15	550.76			
R^2 = 0.93		C.V. = 4.65	SEM = 2.50		

ตารางภาคผนวก 83 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	55.40	18.46	1.13	0.40
Row	3	43.53	14.51	0.89	0.49
Treatment	3	678.09	226.03	13.84	0.00
Error	6	98.01	16.33		
Total	15	875.04			
R^2 = 0.88		C.V. = 10.30	SEM = 4.04		

ตารางภาคผนวก 84 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	8.12	2.70	2.42	0.16
Row	3	7.68	2.56	2.29	0.17
Treatment	3	5825.73	1941.91	1736.76	0.00
Error	6	6.70	1.11		
Total	15	5848.25			
R^2 = 0.99		C.V. = 1.73	SEM = 1.05		

ตารางภาคผนวก 85 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิดในชั่วโมงที่ 48 จากวิธีการ IVTD

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	25.49	8.49	1.70	0.26
Row	3	19.85	6.61	1.32	0.35
Treatment	3	2645.55	881.85	176.30	0.00
Error	6	30.01	5.00		
Total	15	2720.91			

$R^2 = 0.98$ C.V. = 4.78 SEM = 2.23

ตารางภาคผนวก 86 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของวัตถุแห้งในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด จากวิธีการใช้สารบ่งชี้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	8.64	2.88	3.59	0.08
Row	3	26.39	8.79	10.96	0.00
Treatment	3	2778.20	926.06	1153.36	0.00
Error	6	4.81	0.80		
Total	15	2818			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 1.37 SEM = 0.89

ตารางภาคผนวก 87 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของอินทรียวัตถุในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด จากวิธีการใช้สารบ่งชี้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	1.83	0.61	3.39	0.09
Row	3	5.65	1.88	10.41	0.00
Treatment	3	712.60	237.53	1313.08	0.00
Error	6	1.08	0.18		
Total	15	721.18			

$R^2 = 0.99$ C.V. = 0.50 SEM = 0.42

ตารางภาคผนวก 88 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของโปรตีนในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด จากวิธีการใช้สารบ่งชี้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	0.52	0.17	1.84	0.24
Row	3	1.80	0.60	6.37	0.02
Treatment	3	183.19	61.06	645.07	0.00
Error	6	0.56	0.09		
Total	15	186.09			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 0.33	SEM = 0.30		

ตารางภาคผนวก 89 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของเยื่อใยในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด จากวิธีการใช้สารบ่งชี้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	3.75	1.25	3.52	0.08
Row	3	11.59	3.86	10.89	0.00
Treatment	3	504.68	168.22	474.00	0.00
Error	6	2.12	0.35		
Total	15	522.16			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 0.76	SEM = 0.59		

ตารางภาคผนวก 90 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ของการย่อยได้ของ NDF ในอาหารข้นทั้ง 4 ชนิด จากวิธีการใช้สารบ่งชี้

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr>F
Column	3	5.81	1.93	4.23	0.06
Row	3	17.17	5.72	12.49	0.00
Treatment	3	982.91	327.63	715.00	0.00
Error	6	2.74	0.45		
Total	15	1008.65			
$R^2 = 0.99$		C.V. = 0.92	SEM = 0.67		

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาว ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ
เกิดเมื่อ	4 สิงหาคม 2522
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2541 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนนารีรัตน์ จังหวัดแพร่
	พ.ศ. 2543 อนุปริญญาวิทยาศาสตร์ โปรแกรมสัตวบาล สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
	พ.ศ. 2545 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสัตวศาสตร์ (โคนมและโคเนื้อ) มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2545 ได้ผ่านการปฏิบัติงาน "โครงการเรียนรู้ร่วมกัน สรรค์สร้างชุมชน" โครงการตามนโยบายรัฐบาลของ พันตำรวจโท ทักษิณ ชินวัตร นายกรัฐมนตรี ระหว่างวันที่ 1 เมษายน ถึง วันที่ 31 พฤษภาคม 2545 ในเขตพื้นที่ตำบลแม่แรง อำเภอป่าซาง จังหวัดลำพูน
ประวัติการฝึกงาน	พ.ศ. 2544 ได้ผ่านการฝึกงานหลักสูตร "การจัดการฟาร์มโคนม" ระหว่างวันที่ 18 เมษายน ถึง วันที่ 20 พฤษภาคม 2544 ณ ศูนย์ธุรกิจโคนมเขตเชียงใหม่ องค์การส่งเสริมกิจการโคนมแห่งประเทศไทย จังหวัดเชียงใหม่
ประวัติการฝึกอบรม	พ.ศ. 2547 ได้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงสุกร"
	พ.ศ. 2547 ได้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงไก่ไข่"
	พ.ศ. 2547 ได้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการมาตรฐานฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อ"
	พ.ศ. 2548 ได้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตร "ผู้ประกอบการฟาร์มเลี้ยงโคนมและการผลิตน้ำนมดิบของประเทศไทย"

ผลงานวิจัย

ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ สมปอง สรวมศิริ ไพโรจน์ ศิลมั่น และอำพล วริทธิธรรม. 2547. การประเมินค่าการสลายตัวของโภชนะจากเศษเหลือของก้อนเห็ดหอมในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงไนลอน. *ใน* รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 5 ภาคโปสเตอร์ ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ สมปอง สรวมศิริ อำพล วริทธิธรรม และไพโรจน์ ศิลมั่น. 2548. การประเมินค่าการสลายตัวของโภชนะของกากส่าเหล้าในกระเพาะรูเมนโดยใช้เทคนิคถุงไนลอน. *ใน* รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 6 ภาคบรรยาย ณ ศูนย์การศึกษาและฝึกอบรมนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ก.ทีปลักษณ์ ระงับเหตุ สมปอง สรวมศิริ อำพล วริทธิธรรม และไพโรจน์ ศิลมั่น. 2548. การศึกษาค่าการย่อยได้ของโภชนะของกากส่าเหล้าในอาหารข้นโดยใช้ชุดหมักเทียมตามวิธี *in vitro* true digestibility (IVTD). *ใน* รายงานการประชุมวิชาการสาขาสัตวบาล/สัตวศาสตร์/สัตวแพทย์ ครั้งที่ 5 ภาคบรรยาย ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่