

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนา

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากชอสถั่วเหลือง

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการ proximate analysis (A.O.A.C., 2000) และ detergent method (Van Soest, 1982) ในห้องปฏิบัติการพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของกากชอสถั่วเหลืองประกอบไปด้วย วัตถุแห้ง (dry matter, DM) 82.37 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) 85.91 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ (crude protein, CP) 22.10 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน (ether extract, EE) 22.08 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (crude fiber, CF) 11.89 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (nitrogen free extract, NFE) 15.74 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในด่าง (neutral detergent fiber, NDF) 45.32 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในกรด (acid detergent fiber, ADF) 20.84 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose, HC) 24.48 เปอร์เซ็นต์ และส่วนประกอบภายในเซลล์ (cell content, CC) 54.68 เปอร์เซ็นต์ (โภชนาทั้งหมดคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง)

4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ และ หนักรูชีแห้ง

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ผสมด้วยกากชอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง ได้แสดงไว้ในตาราง 4 พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากชอสถั่วเหลืองที่ระดับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ของสูตรอาหารมีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่แตกต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้ง (DM) ของอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 88.91 88.44 88.75 และ 87.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 88.90 90.59 89.79 และ 89.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนในอาหารทดลองมีแนวโน้มเพิ่มตามระดับของกากชอสถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นนั่นคือ 13.95 15.86 15.78 และ 16.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ปริมาณไขมันรวม (CP) เท่ากับ 4.54 5.53 6.56 และ 7.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P<0.05$) ในส่วนของ

องค์ประกอบทางเคมีที่เป็นโครงสร้างพืชนั้น พบว่า ระดับของเยื่อใยหยาบ (CF) ในอาหารทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับของกากขอสถัวเหลืองที่ผสมในอาหาร (0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีค่าเท่ากับ 4.52 5.23 6.52 และ 7.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (NFE) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 54.80 54.55 50.71 และ 49.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเยื่อใยที่ละลายในด่าง (NDF) เท่ากับ 26.52 30.35 32.16 และ 32.57 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณเยื่อใยที่ละลายในกรด (ADF) พบว่า มีปริมาณมากขึ้นในอาหารทดลองตามระดับของกากขอสถัวเหลืองที่ผสมในอาหาร โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) และมีค่าเท่ากับ 8.45 10.49 12.71 และ 14.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เฮมิเซลลูโลส (HC) พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ คือมีค่าเท่ากับ 18.07 19.86 19.45 และ 17.74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณส่วนประกอบภายในเซลล์ (CC) มีค่าลดลงตามระดับของกากขอสถัวเหลืองที่เพิ่มขึ้นในอาหารโดยมีค่าเท่ากับ 73.48 69.65 67.84 และ 67.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้แต่ละระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของหญ้าที่แห้งที่ใช้เป็นอาหารหยาบในการทดลองในครั้งนี้ คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งได้แสดงในตาราง 4 พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของหญ้าที่ประกอบไปด้วยวัตถุแห้ง (DM) 93.61 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ (OM) 94.01 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ (CP) 3.77 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน (EE) 2.40 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (CF) 35.67 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (NFE) 46.19 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในด่าง (NDF) 59.01 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในกรด (ADF) 39.62 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส (HC) 19.48 เปอร์เซ็นต์ และส่วนประกอบภายในเซลล์ (CC) 40.90 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 4 องค์ประกอบทางเคมีอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ และหญ้าแห้ง

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR	Dry Ruzi
DM (%)	88.91 ^a	88.44 ^c	88.75 ^b	87.10 ^d	93.61
Nutrients (% DM Basis)					
OM	88.90	90.59	89.79	89.94	94.01
CP	13.95 ^b	15.86 ^a	15.78 ^a	16.16 ^a	3.77
EE	4.54 ^d	5.53 ^c	6.56 ^b	7.42 ^a	2.40
CF	4.52 ^d	5.23 ^c	6.52 ^b	7.10 ^a	35.67
NFE	54.80 ^a	54.55 ^a	50.71 ^b	49.19 ^c	46.19
NDF	26.52 ^c	30.35 ^b	32.16 ^{ab}	32.57 ^a	59.10
ADF	8.45 ^d	10.49 ^c	12.71 ^b	14.83 ^a	39.62
HC	18.07 ^{bc}	19.86 ^a	19.45 ^{ab}	17.74 ^c	19.48
CC	73.48 ^a	69.65 ^b	67.84 ^c	67.43 ^d	40.90

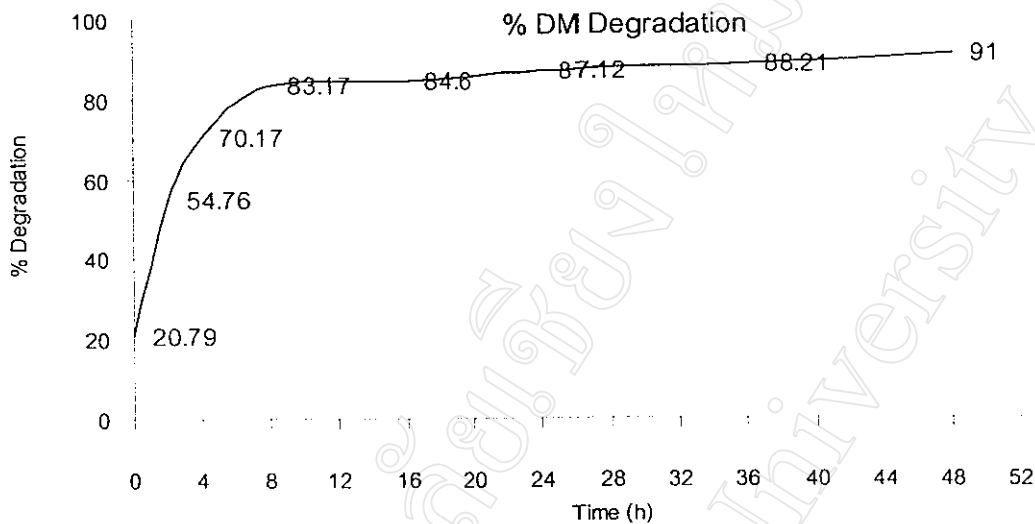
^{abcd} อักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.2 การสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะรูเมนโดยวิธีใส่ถุงในลอน (*In situ/ In sacco* rumen degradability technique)

4.2.1 การสลายตัวของกากขอสถัวเหลืองในกระเพาะรูเมน

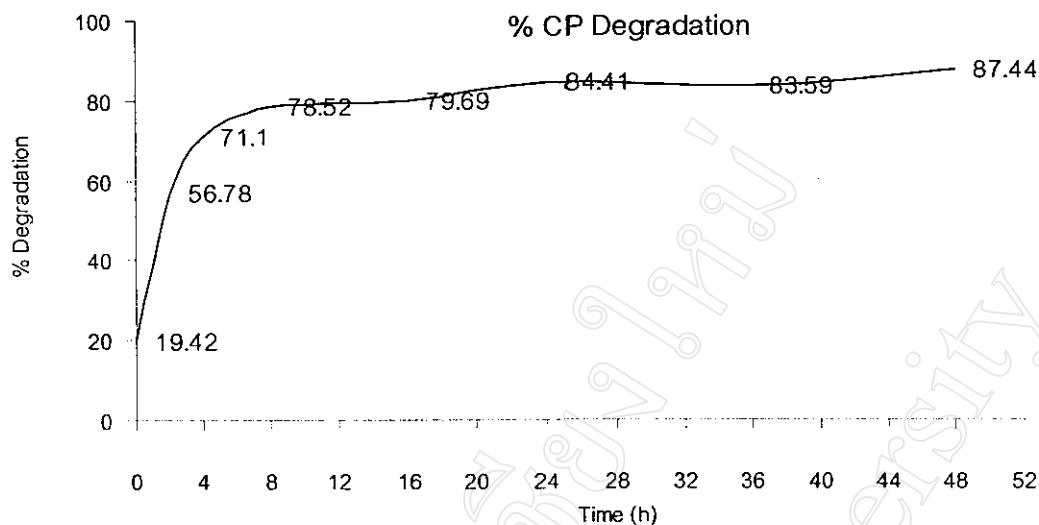
ผลการทดลองเพื่อศึกษาการสลายตัวด้วยวิธี *In situ/In sacco* techniques โดยวิธีการใส่ถุงในลอน พบว่า เมื่อนำตัวอย่างใส่ถุงในลอน และนำไปบ่มในกระเพาะรูเมน ปริมาณวัตถุแห้งของกากขอสถัวเหลืองที่สลายตัว ณ ชั่วโมงต่างๆ (0 2 4 8 16 24 36 และ 48 ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับ 20.79 54.76 70.17 83.17 84.60 87.12 88.21 และ 91.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพ 3) และเมื่อนำค่าการสลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆนี้ไปคำนวณโดยสมการ $P = a + b(1 - e^{-ct})$ ที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY จะได้ค่าพารามิเตอร์ดังนี้คือ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (potential degradability, A+B) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 88.0 เปอร์เซ็นต์ ค่าการละลาย (washing loss, A) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 20.8 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยได้โดยจุลินทรีย์ (degradability of water insoluble, B) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 67.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนที่ละลายได้ทันที (immediately soluble part, a) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 26.9 เปอร์เซ็นต์ อัตราการ

สลายตัว (c) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 0.306 ส่วนต่อชั่วโมง (fraction/h) และมีประสิทธิภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) เท่ากับ 79.4 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 3 ปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างๆของกากขอสัตว์เหลือง

ปริมาณโปรตีนหยาบของกากขอสัตว์เหลืองที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆมีค่าเท่ากับ 19.42 56.78 71.10 78.52 79.69 84.41 83.59 และ 87.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ภาพ 4) ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 83.8 เปอร์เซ็นต์ ค่าการละลาย (A) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 19.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยได้โดยจุลินทรีย์ (B) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 64.3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 33.6 เปอร์เซ็นต์ อัตราการสลายตัวของโปรตีนหยาบเท่ากับ 0.323 ส่วนต่อชั่วโมง (fraction/h) และมีประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 77.70 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 4 แผนภาพแสดงปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงปมต่างๆของกากขอสถัวเหลือง

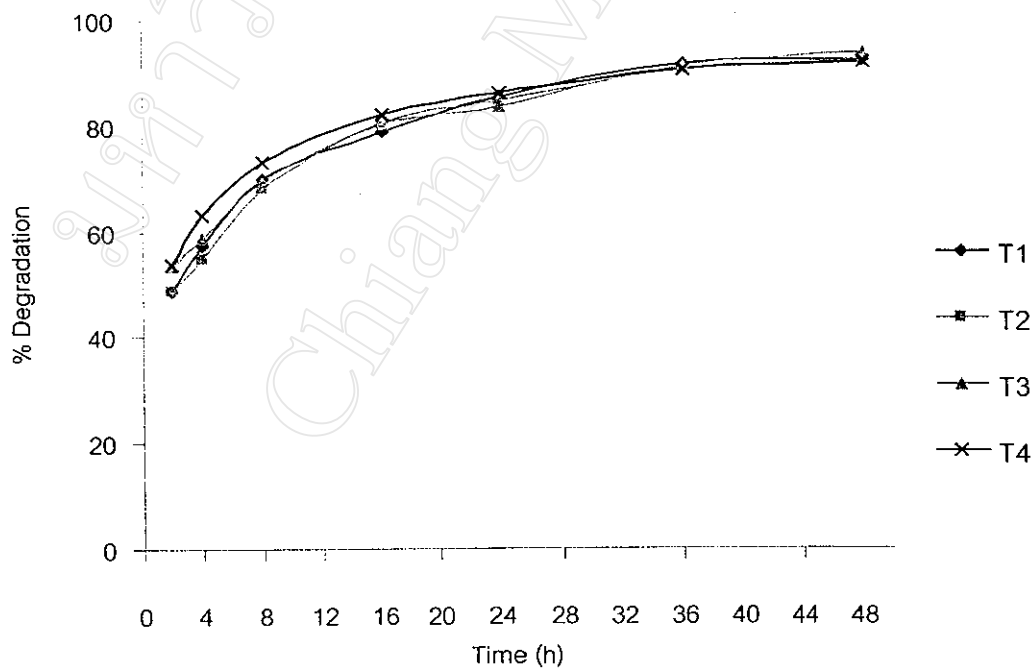
4.2.2 การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการใช้ถุงในลอนพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวไปดังแสดงในตาราง 5 และภาพ 5 โดยพบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการสลายตัวที่ชั่วโมงที่ 2 ของการบ่มสูงที่สุดคือ 53.71 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 20 10 และ 0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 53.47 48.86 และ 48.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการสลายตัวของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงที่ 48 กลับพบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวสูงที่สุดเท่ากับ 93.58 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 0 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 92.24 92.17 และ 91.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 5 วัตถุแห้งที่สลายตัวของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่ชั่วโมงบ่ม
ต่าง ๆ กัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Time	0% SSR		10% SSR		20% SSR		30% SSR	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0 ^{1/}	13.14	-	7.88	-	8.99	-	8.21	-
2	48.77	1.44	48.86	0.99	53.47	1.01	53.71	2.30
4	57.26	1.49	54.90	2.34	58.75	0.32	63.12	0.43
8	70.05	1.12	68.00	1.69	69.59	3.47	73.08	1.39
16	78.73	4.66	80.54	4.73	80.39	3.61	82.00	2.31
24	85.13	2.57	84.56	0.98	83.65	2.45	86.17	1.28
36	91.39	0.59	90.36	0.93	91.07	0.80	90.31	0.54
48	92.24	0.63	92.17	0.27	93.58	1.06	91.68	1.22

^{1/} ค่าการละลายโดยล้างด้วยน้ำเปล่า



ภาพ 5 ปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างๆของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆนี้ไปคำนวณโดยสมการ NEWAY พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้แสดงในตาราง 6 ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีความสามารถในการสลายตัว (A+B) ของวัตถุแห้งสูงกว่าอาหารผสมกากขอสถัวเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 94.25 และ 90.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเท่ากับ 92.80 และ 92.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ค่าการละลาย (A) ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองกลับพบว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงสุดคือเท่ากับ 13.10 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับ 20 30 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 9.0 8.20 และ 7.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้งพบว่า อาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 20 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 85.25 84.50 82.75 และ 79.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการสลายตัว (c) ของวัตถุแห้งต่อชั่วโมงของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ พบว่า อาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.11 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเท่ากับ 0.09 และ 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P > 0.05$) ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 47.32 และ 45.95 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 41.20 และ 39.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของวัตถุแห้งของอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าดีกว่าที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 76.80 75.20 และ 73.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 20 กับ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 0 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$)

ตาราง 6 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของวัตถุแห้งที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัเหลืองทั้ง 4 ระดับ

parameter	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
Fraction A (%)	13.10 ^a	7.90 ^d	9.00 ^b	8.20 ^d
Fraction B (%)	79.70 ^b	84.50 ^a	85.25 ^a	82.75 ^a
A+B (%)	92.80 ^{ab}	92.40 ^{ab}	94.25 ^a	90.98 ^b
c (%h ⁻¹)	0.09 ^{ab}	0.09 ^{ab}	0.07 ^b	0.11 ^a
Fraction a (%)	41.20 ^b	39.98 ^b	47.32 ^a	45.95 ^a
Fraction b (%)	51.60 ^a	52.43 ^a	46.95 ^b	45.00 ^b
Effective Degradability (ED _{0.05})	74.25 ^{bc}	73.63 ^c	75.20 ^b	76.80 ^a

^{abcd} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2.3 การสลายตัวของโปรตีนหยาบในอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัเหลืองทั้ง 4 ระดับ

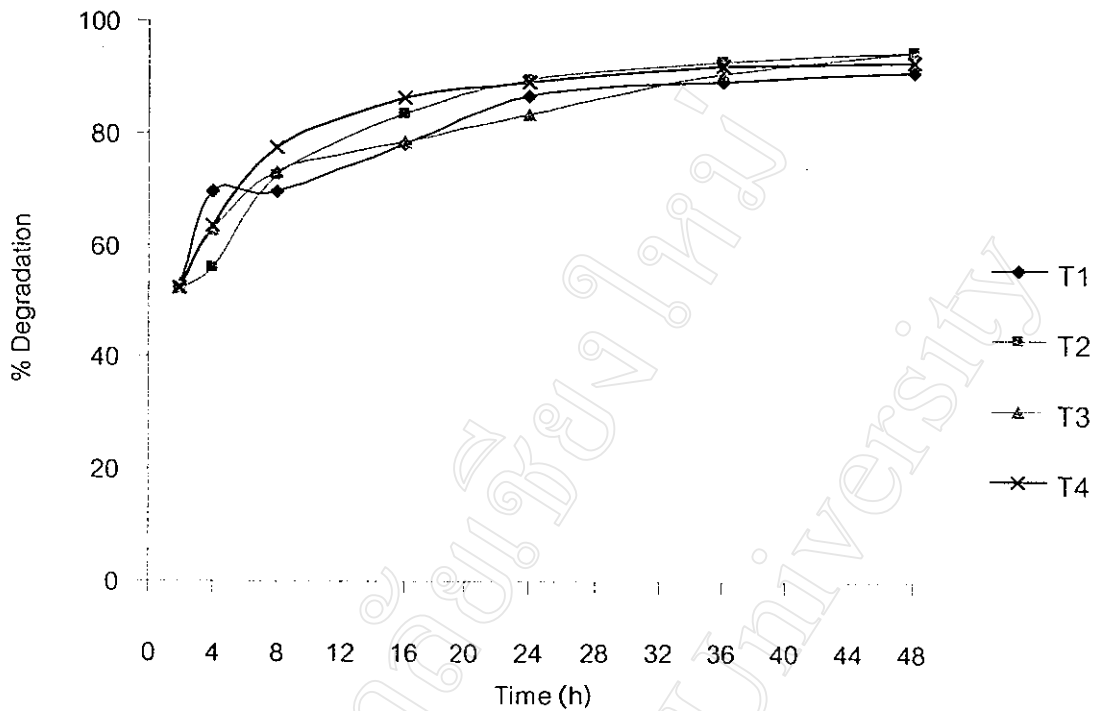
ปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวไปแสดงในตาราง 7 พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัเหลืองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการสลายตัวของโปรตีนหยาบที่ชั่วโมงที่ 4 ของการบ่มสูงที่สุดคือ 69.40 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 55.83 62.62 และ 63.28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงที่ 48 พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัเหลืองที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีการสลายตัวสูงที่สุดเท่ากับ 94.54 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับ 20 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 94.51 92.70 และ 91.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 7 โปรตีนหยาบที่สลายตัวของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่ชั่วโมงบ่มต่างๆกัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Time	0% SSR		10% SSR		20% SSR		30% SSR	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0 ¹	14.69	-	7.84	-	9.10	-	7.89	-
2	52.52	1.33	51.95	0.99	53.02	1.00	52.36	2.48
4	69.40	1.06	55.83	2.37	62.62	0.30	63.28	0.32
8	69.51	1.11	72.54	1.49	73.20	3.06	77.27	1.19
16	78.06	4.91	83.39	4.02	78.37	3.93	86.45	1.73
24	86.91	2.34	89.59	0.73	83.54	2.52	89.11	1.05
36	89.39	0.69	92.70	0.71	90.58	0.82	92.13	0.40
48	91.15	0.64	94.54	0.21	94.51	0.91	92.70	1.12

¹ ค่าการละลายโดยล้างด้วยน้ำเปล่า

จากภาพ 6 แสดงปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณการสลายตัวของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มสูงกว่าที่ระดับ 10 20 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ในช่วง 16 ชั่วโมงแรกของการบ่มในกระเพาะรูเมน แต่ก็มีแนวโน้มต่ำกว่าที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงหลังของการบ่มคือตั้งแต่ชั่วโมงที่ 20 เป็นต้นไป และมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงท้ายของการบ่ม สำหรับอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ นั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันตลอดช่วงเวลา 48 ชั่วโมงในการบ่มตัวอย่างอาหารในกระเพาะรูเมน



ภาพ 6 ปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

หลังจากนำค่าโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆนี้ไปคำนวณโดยสมการ NEWAY ได้ค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตาราง 8 ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองพบว่ามีความแตกต่างไม่แตกต่างกัน ค่าการละลาย (A) ของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองกลับพบว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงสุดคือเท่ากับ 14.70 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับ 20 30 และ 10 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 9.10 8.00 และ 7.80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ โปรตีนหยาบส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 86.80 85.13 และ 83.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 77.35 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการสลายตัว (c) ของโปรตีนหยาบต่อชั่วโมงของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ พบว่าอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.16 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 10 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.10 0.09 และ 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 50.45 และ 49.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มี

เลขหมู่.....

..... มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ค่าสูงกว่าที่ระดับ 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 40.85 และ 37.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของโปรตีนหยาบของอาหารที่ผสมกากชอสถัวเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 78.75 มีค่าต่ำกว่าที่ระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 76.73 76.28 เปอร์เซ็นต์ และ 75.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

ตารางที่ 8 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโปรตีนหยาบที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

parameter	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
Fraction A (%)	14.70 ^a	7.80 ^d	9.10 ^b	8.00 ^c
Fraction B (%)	77.35 ^b	86.80 ^a	85.13 ^a	83.75 ^a
A+B (%)	92.05	94.65	94.15	91.75
c (%h ⁻¹)	0.09 ^b	0.10 ^b	0.07 ^b	0.16 ^a
Fraction a (%)	50.45 ^a	40.85 ^b	49.75 ^a	37.85 ^b
Fraction b (%)	41.63 ^b	53.78 ^a	44.37 ^b	53.93 ^a
Effective Degradability ($ED_{0.05}$)	76.28 ^b	76.73 ^b	75.98 ^b	78.75 ^a

^{abcd} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษากการสลายตัวของวัตถุแห้ง และโปรตีนหยาบภายในกระเพาะรูเมนของโคนม จะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รวมไปถึงประสิทธิภาพการสลายตัวของโภชนะของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองมีแนวโน้มลดลงตามระดับการใส่กากชอสถัวเหลืองที่เพิ่มขึ้นในอาหาร

4.2.4 ค่าทำนายวัตถุดิบที่กินได้ (DMI) วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการใช้ถูงในลอน

จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ลักษณะการสลายตัว (A B และ c) ของกากชอสถัวเหลือง นำค่าดังกล่าวไปทดสอบโดยสมการ multiple regression ที่เสนอโดย Shem *et al.* (1995) เพื่อทำนายค่าวัตถุดิบที่สัตว์กินได้ (dry matter intake, DMI) ปริมาณวัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (digestible

dry matter intake, DDMI) และอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) รวมทั้งค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) พบว่ากากขอสถัวเหลืองมีค่าวัตถุดิบที่สัตว์กินได้เท่ากับ 9.52 กิโลกรัมต่อวัน วัตถุดิบที่ย่อยได้ที่สัตว์ได้รับเท่ากับ 10.27 กิโลกรัมต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 1.29 กิโลกรัมต่อวัน และค่าดัชนีบ่งชี้เท่ากับ 66.69 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าทำนายของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ แสดงในตาราง 9 พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวัตถุดิบที่สัตว์กินได้เท่ากับ 4.94 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 4.33 4.16 และ 4.04 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 30 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ปริมาณวัตถุดิบที่ย่อยได้ที่สัตว์ได้รับของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 4.38 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าที่ระดับ 30 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.86 3.62 และ 3.59 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตจากการคำนวณเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 30 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.41 0.41 และ 0.35 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ สูงกว่าที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.31 กิโลกรัมต่อวัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 30 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีบ่งชี้เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีคุณค่าของอาหารทดลองดีกว่าที่ระดับ 30 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยมีค่าดัชนีบ่งชี้เท่ากับ 49.46 46.91 46.50 และ 46.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 9 วัตถุดิบที่กินได้ (DMI) วัตถุดิบที่ย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการใช้ถูงในล่อน

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
DMI(kg/day)	4.94 ^a	4.04 ^c	4.16 ^{bc}	4.33 ^b
DDMI(kg/day)	4.38 ^a	3.62 ^b	3.59 ^b	3.86 ^b
Growth rate(kg/day)	0.41 ^a	0.35 ^{ab}	0.31 ^b	0.41 ^a
Index value (%)	49.56 ^a	46.03 ^b	46.50 ^b	46.91 ^b

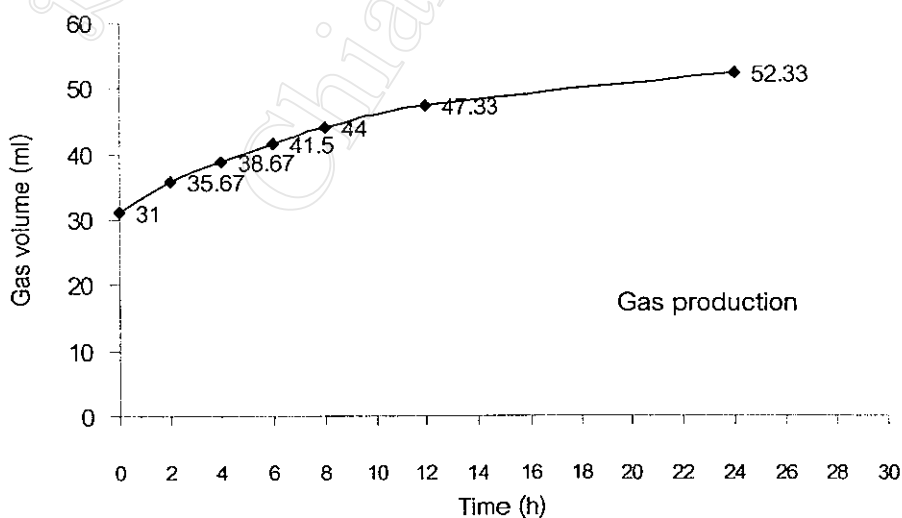
^{abc} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (Gas production techniques)

4.3.1 การย่อยได้ และพลังงานของกากขอสถัวเหลืองโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

ผลศึกษาการย่อยได้ด้วยวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของกากขอสถัวเหลือง พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ (0 2 4 6 8 12 และ 24 ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับ 31.00 35.67 38.67 41.50 44.00 47.33 และ 52.33 มิลลิลิตร ตามลำดับ (ภาพ 7) โดยมีปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมงเท่ากับ 21.33 มิลลิลิตร เมื่อนำค่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นไปคำนวณตามสมการ $P = a + b(1 - e^{-ct})$ ที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) โดยใช้โปรแกรม NEWAY เช่นเดียวกับวิธีการใช้ถุงไนลอนได้ ค่าพารามิเตอร์ (a, b และ c) พบว่า กากขอสถัวเหลืองมีปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่ละลายได้ทันที (a) เท่ากับ 31.60 มิลลิลิตร ปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่เกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ได้เมื่อเวลาผ่านไป (b) เท่ากับ 23.20 มิลลิลิตร ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นสูงสุดที่จะผลิตได้ (a+b) เท่ากับ 54.80 มิลลิลิตร และมีอัตราการเกิดแก๊ส (c) เท่ากับ 0.0945

ผลจากการคำนวณค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ (DMI) มีค่าเท่ากับ 4.15 กิโลกรัมต่อวัน ค่าวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) มีค่าเท่ากับ 3.44 กิโลกรัมต่อวัน ค่าการย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) ของกากขอสถัวเหลืองมีค่าเท่ากับ 55.40 เปอร์เซ็นต์ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) มีค่าเท่ากับ 10.40 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) เท่ากับ 6.24 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง



ภาพ 7 ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆของกากขอสถัวเหลือง

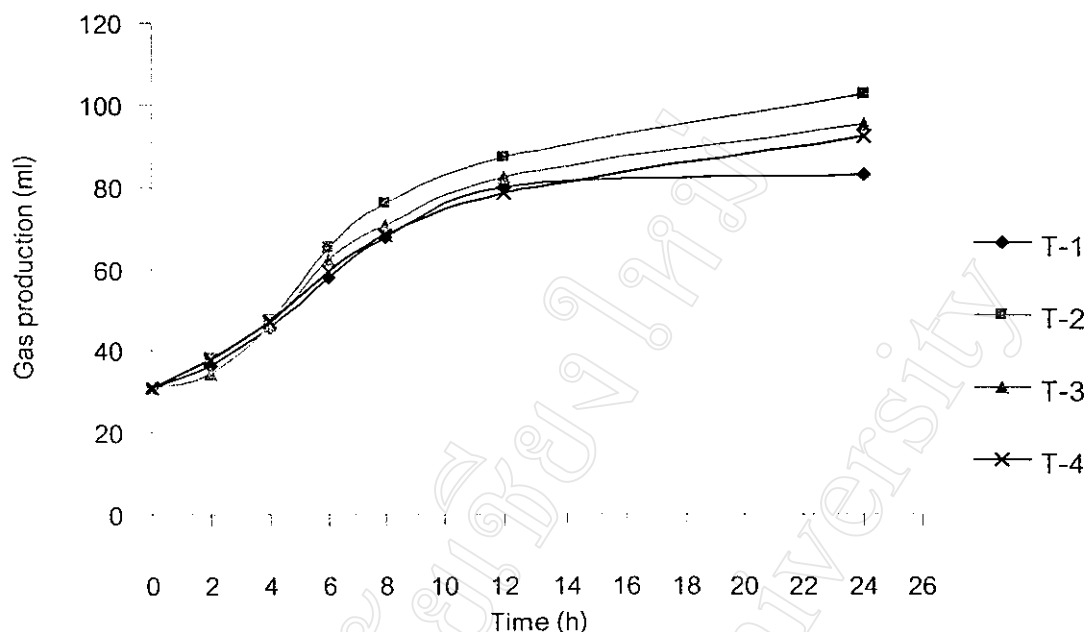
4.3.2 การย่อยได้ และพลังงานของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

ผลศึกษาการย่อยได้ด้วยวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับพบว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ดังแสดงในตาราง 10 และภาพ 8 พบว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่สามารถอ่านได้จากหลอดใสตัวอย่างอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับในช่วง 4 ชั่วโมงแรกมีค่าใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 45.33 47.67 45.83 และ 47.00 มิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 6 ของการบ่มปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจะเริ่มแตกต่างกันกล่าวคือ ในหลอดที่มีอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ เริ่มมีปริมาณแก๊สมากกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ อย่างเห็นได้ชัดเจนคือมีปริมาณแก๊สเท่ากับ 65.33 62.33 59.33 และ 57.67 มิลลิลิตร ตามลำดับ และ ณ ชั่วโมงที่ 24 พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดที่มีอาหารผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ มีค่าเท่ากับ 82.67 102.17 95.17 92.00 และ 95.58 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยมีปริมาณแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 51.67 71.17 64.17 และ 61.00 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ตาราง 10 ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ (มิลลิลิตร)

Time	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
0	31.00	31.00	31.00	31.00
2	36.33	38.17	34.33	37.67
4	45.33	47.67	45.83	47.00
6	57.67	65.33	62.33	59.33
8	67.67	75.83	70.67	68.00
12	80.00	87.17	82.33	78.17
24	82.67	102.17	95.17	92.00
Net ¹⁾	51.67	71.17	64.17	61.00

¹⁾ ปริมาณแก๊สสุทธิ (Net) = ปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมง - ปริมาณแก๊สที่ 0 ชั่วโมง



ภาพ 8 แผนภาพแสดงปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ

เมื่อนำปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ ไปคำนวณด้วยสมการ $P = a + b(1 - e^{-ct})$ ที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตาราง 11 พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลือง 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 20.17 มิลลิลิตร สูงกว่าอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลือง 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.62 และ 11.84 มิลลิลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ระดับ 30 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 10 0 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) แต่กลับพบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่ไม่ละลายในทันทีแต่เกิดการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (b) ของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลือง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่าของอาหารที่ผสมกากซอสถั่วเหลือง 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 91.40 86.92 และ 76.09 72.49 มิลลิลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณแก๊สที่จะเกิดขึ้นได้สูงสุด (a+b) ของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 106.87 มิลลิลิตร มีค่ามากกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ที่มีค่าเท่ากับ 98.76 96.83 และ 86.11 มิลลิลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) อัตราการเกิดแก๊ส (c) ของอาหาร

ทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 0.163 มีค่าสูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.13 และ 0.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ระดับ 0 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$)

ตาราง 11 ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY โดยใช้ข้อมูลการวัดปริมาณแก๊สของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
a	13.62 ^b	15.47 ^{ab}	11.84 ^b	20.72 ^a
b	72.49 ^b	91.40 ^a	86.92 ^a	76.09 ^b
a+b	86.11 ^c	106.87 ^a	98.76 ^b	96.83 ^b
c	0.16 ^a	0.13 ^b	0.14 ^{ab}	0.12 ^b

^{abc} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3.3 ค่าทำนายการย่อยได้อินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility, OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ (metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy for lactation, NE_L) ของอาหารทดลองที่ผสมขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ โดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

ผลจากการคำนวณปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมงเมื่อปรับส่วนที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด blank) ออกไป รวมถึงค่าการย่อยได้อินทรีย์วัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม แสดงในตาราง 12 พบว่า ปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมง (GP) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 75.90 มิลลิลิตร มากกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 67.73 65.83 และ 55.13 มิลลิลิตร ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับค่าทำนายอินทรีย์วัตถุย่อยได้ (OMD) ของอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 87.41 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 79.16 77.23 และ 66.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของอาหารทดลองที่ผสมขอสถัวเหลือง 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับอาหารทดลองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่า

เท่ากับ 13.81 12.62 และ 10.35 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) สอดคล้องกับค่าทำนายพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของอาหารทดลองที่ระดับ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับอาหารทดลองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.87 8.00 และ 6.37 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุดิบแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ระดับ 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$)

ตาราง 12 ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมง (GP) โปรตีนหยาบ (XP) ค่าทำนายอินทรีย์วัตถุย่อยได้ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ ที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
GP (ml)	55.13 ^c	75.90 ^a	67.73 ^b	65.83 ^b
XP (g/kg DM)	124.03	140.27	140.10	140.80
OMD (%)	66.36 ^c	87.41 ^a	79.16 ^b	77.23 ^b
ME (MJ/kg DM)	10.37 ^c	13.81 ^a	12.62 ^{ab}	12.41 ^b
NE_L (MJ/kg DM)	6.37 ^c	8.87 ^a	8.00 ^{ab}	7.83 ^b

^{abc} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3.4 ค่าทำนายวัตถุดิบแห้งกินได้ (DMI) วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ (a, b และ c) เมื่อนำมาคำนวณโดยสมการที่เสนอโดย Shem *et al.* (1995) เพื่อทำนายค่าวัตถุดิบแห้งกินได้ วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโต และค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองเช่นเดียวกับวิธีการใช้ถุงในลอน พบว่าอาหารที่ผสมกากชอสถัวเหลือง 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณวัตถุดิบแห้งกินได้เท่ากับ 7.42 และ 7.06 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.67 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองที่ระดับ 10 30 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 0 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับของอาหารที่ผสมกากชอสถัวเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 6.19 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20

และ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.33 และ 5.19 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองที่ระดับ 10 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 30 กับ 0 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) อัตราการเจริญเติบโตของอาหารที่ผสมกากซอสถั่วเหลือง พบว่า มีค่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) สำหรับค่าดัชนีบ่งชี้พบว่าอาหารที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองที่ระดับ 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 58.72 และ 57.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ดีกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 52.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากซอสถั่วเหลือง 10 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 0 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$)

ตาราง 13 ค่าทำนายวัตถุดิบแห้งกินได้ (DMI) วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
DMI (kg/day)	5.67 ^b	7.42 ^a	6.22 ^{ab}	7.06 ^a
DDMI (kg/day)	5.19 ^b	6.19 ^a	5.33 ^b	5.85 ^{ab}
Growth rate (kg/day)	0.69	0.69	0.67	0.65
Index value (%)	52.21 ^b	58.72 ^a	54.19 ^{ab}	57.43 ^a

^{ab} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.3.5 การเปรียบเทียบค่าทำนายปริมาณวัตถุดิบแห้งที่กินได้ (DMI) วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการทั้ง 2 วิธี

ผลศึกษาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการทั้งวิธีใช้ถุงในลอน และวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นสามารถทำนายค่าปริมาณวัตถุดิบแห้งที่สัตว์กินได้ วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโต และค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองได้ เมื่อเปรียบเทียบค่าทำนายจากทั้ง 2 วิธีพบว่าให้ผลแตกต่างกันดังตาราง 14 กล่าวคือค่าวัตถุดิบแห้งที่สัตว์กินได้จากวิธีการวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองโดยมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 0.73 3.38 2.06 และ 2.73 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ค่าวัตถุดิบแห้งที่สัตว์ย่อยได้จากวิธีวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองและมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 0.81 2.57 1.74 และ 1.99 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการ

เจริญเติบโตจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองโดยมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 0.28 0.34 0.36 และ 0.24 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ค่าดัชนีบ่งชี้พบว่าจากวิธีวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองโดยมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 2.61 12.69 7.69 และ 10.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 14 เปรียบเทียบค่าทำนายปริมาณวัตถุดิบแห้งกินได้ (DMI) วัตถุดิบย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการทั้ง 2 วิธี

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
DMI (kg/day)				
Nylon bag	4.94	4.04	4.16	4.33
Gas production	5.67	7.42	6.22	7.06
DDMI (kg/day)				
Nylon bag	4.38	3.62	3.59	3.86
Gas production	5.19	6.19	5.33	5.85
Growth rate (kg/day)				
Nylon bag	0.41	0.35	0.31	0.41
Gas production	0.69	0.69	0.67	0.65
Index value (%)				
Nylon bag	49.46	46.03	46.50	46.91
Gas production	52.21	58.72	54.19	57.43

4.4 การย่อยได้ในตัวสัตว์ (*In vivo* digestibility)

4.4.1 การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิม (conventional method) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

ผลการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับโดยวิธีแบบดั้งเดิมแสดงในตาราง 15 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility, DMD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยอาหารที่ผสมกากชอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอาหารที่ผสมกากชอสถัวเหลืองที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 71.33 66.85 และ 63.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 0 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (organic matter digestibility, OMD) ของอาหารทดลองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอาหารที่ผสมกากชอสถัวเหลืองที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 75.29 71.03 และ 68.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 0 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ (crude protein digestibility, CPD) ของอาหารทดลองที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าอาหารที่ผสมกากชอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเท่ากับ 70.74 และ 60.10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 10 20 กับ 0 เปอร์เซ็นต์ 20 กับ 0 เปอร์เซ็นต์ และ 20 0 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (ether extract digestibility, EED) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 82.27 83.81 78.33 และ 78.89 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใย (crude fiber digestibility, CFD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 76.45 76.28 และ 73.97 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 71.00 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในด่าง (neutral detergent fiber digestibility, NDFD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 71.06 68.81 และ 67.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 62.46 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในกรด (acid detergent fiber digestibility, ADFD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากชอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 69.35

เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 61.24 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 0 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (nitrogen free extract digestibility, NDFD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 81.62 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 73.83 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 0 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 10 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non fiber carbohydrate digestibility, NFCD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 80.65 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกับอาหารทดลองที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 74.26 และ 73.54 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 0 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$)

ตาราง 15 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ และโภชนาการของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง ทั้ง 4 ระดับ

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
DMD (%)	71.33 ^a	69.68 ^{ab}	66.85 ^{bc}	63.25 ^c
Nutrients digestibility (%)				
OMD	75.29 ^a	73.29 ^{ab}	71.03 ^b	68.06 ^d
CPD	65.99 ^{ab}	70.74 ^a	66.29 ^{ab}	60.10 ^b
EED	82.27	83.81	78.33	78.89
CFD	76.45 ^a	76.28 ^a	73.97 ^a	71.00 ^b
NFED	81.62 ^a	76.54 ^{ab}	75.40 ^{ab}	73.83 ^b
NDFD	71.06 ^a	68.81 ^a	67.14 ^a	62.46 ^b
ADFD	69.35 ^a	67.26 ^{ab}	63.85 ^{bc}	61.24 ^c
NFCD	80.65 ^a	76.44 ^{ab}	74.26 ^b	73.54 ^b

^{abc} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.4.2 โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) พลังงานรวม (gross energy, GE) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะที่ได้ศึกษาโดยวิธีการศึกษาในตัวสัตว์ (*In vivo* digestibility) มาคำนวณค่าโภชนะรวมย่อยได้ตามสมการที่รวบรวมโดย บุญล้อม (2540) และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ พลังงานรวม และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของโคนมตามสมการที่เสนอโดย Kellner *et al.*, (1984) ดังแสดงในตาราง 20 พบว่า โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 72.54 70.73 68.35 และ 66.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ทั้งนี้ก็มีค่าลดลงตามระดับของกากซอสถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ค่าพลังงานรวม (GE) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับเท่ากับ 8.29 8.56 8.62 และ 8.71 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับมีค่าลดลงตามระดับกากซอสถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในอาหารมีค่าเท่ากับ 7.92 7.82 7.62 และ 7.46 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) พลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) มีค่าลดลงตามระดับของกากซอสถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในอาหารซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.49 5.34 5.15 และ 4.99 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากผลการศึกษาพบว่าค่าโภชนะรวมย่อยได้ พลังงานรวม พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ มีความแตกต่างกัน และมีค่าลดลงตามระดับของกากซอสถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในอาหาร

ตาราง 16 โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
TDN (%)	72.54 ^a	70.73 ^{ab}	68.35 ^{bc}	66.47 ^c
GE (MJ/kg DM)	8.29 ^c	8.56 ^b	8.62 ^{ab}	8.71 ^a
ME (MJ/kg DM)	7.92 ^a	7.82 ^a	7.62 ^{ab}	7.46 ^b
NE_L (MJ/kg DM)	5.49 ^a	5.34 ^{ab}	5.15 ^{bc}	4.99 ^c

^{abc} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.4.3 การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (Indicator method) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

วิธีการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ในงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นที่การย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะที่บริเวณลำไส้เล็กเพื่อทราบถึงปริมาณโภชนะที่ตัวสัตว์ทดลองสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตัวมันเองโดยการดูซึมภายในลำไส้เล็ก โดยเก็บตัวอย่างอาหาร (digesta) จากบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลาย (proximal duodenum and terminal ileum) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโภชนะที่เดินทางมาถึงและที่หายไป คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โดยวิธีเปรียบเทียบจากความเข้มข้นของสารบ่งชี้ที่ตำแหน่งต่างๆ ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 17 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุดิบ (DMD) ที่บริเวณลำไส้เล็กสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 36.33 30.98 27.57 และ 30.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าอาหารทดลองที่มีกากขอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุ (OMD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 38.14 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอาหารที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 28.11 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างกับอาหารที่ระดับ 0 10 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 10 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) เช่นเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีน (CPD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 66.53 62.60 และ 58.44 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าอาหารที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 47.96 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวม (EED) ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ มีค่าเท่ากับ 75.20 78.44 81.50 และ 79.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในด่าง (NDFD) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 1.46 1.96 2.19 และ 2.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$)

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะที่บริเวณลำไส้เล็กของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับโดยส่วนใหญ่พบว่าอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าที่ดีที่สุด และมีแนวโน้มลดลงเมื่อผสมกากขอสถัวเหลืองในอาหารถึงระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้จากการทดลองพบว่า การย่อยได้ของอินทรีย์วัตถุที่บริเวณลำไส้เล็กสัตว์ทดลองเกิดขึ้นไม่มากนัก แต่จะเห็น

ได้ชัดเจนขึ้นเมื่อการย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในต่างเกิดขึ้นน้อยมากหรือแทบจะไม่เกิดขึ้นเลยที่บริเวณลำไส้เล็ก

ตาราง 17 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโภชนะในลำไส้เล็กของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ (คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง)

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
DMD (%)	36.33 ^a	30.98 ^{ab}	27.57 ^b	30.49 ^b
Nutrients digestibility (%)				
OMD	38.14 ^a	34.00 ^{ab}	28.11 ^b	32.59 ^{ab}
CPD	66.53 ^a	62.60 ^a	47.96 ^b	58.44 ^a
EED	75.20	78.44	81.50	79.59
NDFD	1.46	1.96	2.19	2.03

^{ab} อักษรต่างกันในแต่ละแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.4.4 ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่างๆของทางเดินอาหาร

ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่างๆของทางเดินอาหารแสดงในตาราง 18 โดยพบว่า โปรตีนหยาบทั้งหมดที่สัตว์ได้รับทั้งที่มาจากหญ้าแห้ง และอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองที่ระดับ 0 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองที่ระดับ 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 629.96 619.71 และ 560 กรัมต่อวัน ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 30 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 20 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) ปริมาณโปรตีนหยาบที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองที่ระดับ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 30 20 และ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 676.93 656.58 639.65 และ 639.55 กรัมต่อวัน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 30 20 กับ 0 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) แต่ในระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ นั้นพบว่ามีค่าต่ำที่สุด เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณโปรตีนหยาบที่ได้รับ พบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองที่ระดับ 0 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 30 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 114.21 110.34 104.23 และ 103.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณโปรตีนหยาบที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลาย พบว่าของอาหารทดลองที่ผสมกากซอสถั่วเหลืองทั้ง 4 ระดับ มีค่าเท่ากับ 212.20 272.97 256.53 และ 281.97 กรัมต่อวัน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ

($P < 0.05$) พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 30 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณโปรตีนหยาบที่ได้รับของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ พบว่าเท่ากับ 37.88 44.50 41.12 และ 44.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า ที่ระดับ 30 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ ($P < 0.05$) ปริมาณโปรตีนหยาบที่หายไปบริเวณลำไส้เล็กของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 10 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 427.35 403.96 383.12 และ 347.61 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P < 0.05$) เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณโปรตีนหยาบที่ได้รับ พบว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 20 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 66.83 59.90 59.69 และ 57.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 20 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P > 0.05$) สำหรับปริมาณโปรตีนหยาบที่ขับออกมากับมูลของอาหารทดลองที่กากขอสถัวเหลืองพบว่าที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 216.96 และ 198.63 กรัมต่อวัน ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างที่ระดับ 30 0 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 0 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณโปรตีนหยาบที่ขับออกมากับมูลที่ได้รับ พบว่าที่ระดับ 0 มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 30 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 37.40 34.47 33.41 และ 32.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P < 0.05$) เปอร์เซ็นต์

ตาราง 18 ปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์ได้รับ ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหารใน
ตัวสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

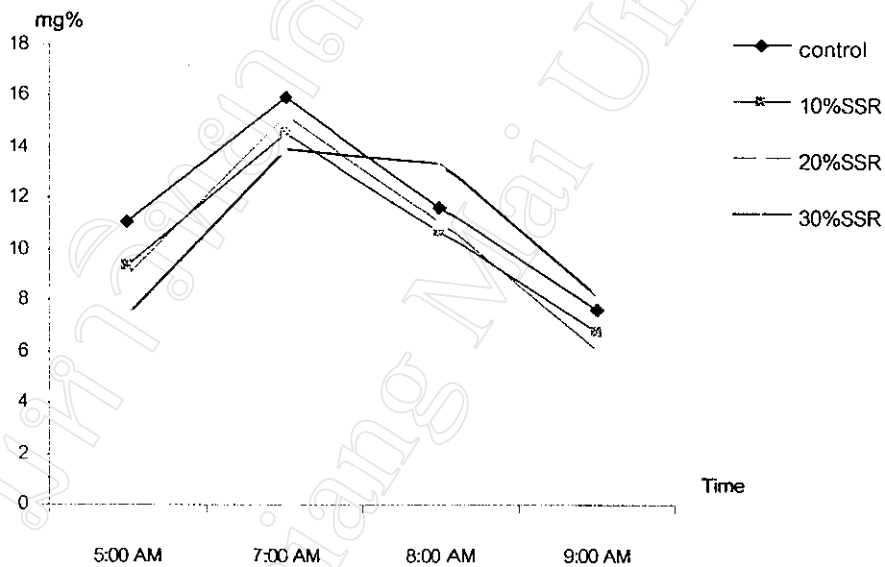
		0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
Total DMI	(g/day)	6982.76	6969.60	7011.56	6975.63
Concentrate (DMI)		2489.48	2476.32	2518.28	2482.35
Ruzi grass (DMI)		4493.28	4493.28	4493.28	4493.28
Crude protein	(g/day)				
Intake		560.00 ^c	613.48 ^b	619.71 ^{ab}	629.96 ^a
Entering to duodenum		639.55 ^b	676.93 ^a	639.65 ^b	656.58 ^b
% of Intake		114.21 ^a	110.34 ^a	103.27 ^b	104.23 ^b
Entering to large intestine		212.20 ^c	272.97 ^{ab}	256.53 ^b	281.97 ^a
% of Intake		37.88 ^b	44.50 ^a	41.42 ^a	44.78 ^a
Loss in Small intestine		427.35 ^a	403.96 ^b	383.12 ^c	347.61 ^d
% of entering to duodenum		66.83 ^a	59.69 ^b	59.90 ^b	57.05 ^c
Excreted		209.26 ^{ab}	204.96 ^{ab}	198.63 ^b	216.96 ^a
% of Intake		37.40 ^a	33.41 ^b	32.06 ^b	34.47 ^b

^{abc} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

4.4.5 สภาพภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

การศึกษการย่อยได้ในตัวสัตว์นอกจากจะศึกษการย่อยได้ของโภชนะตลอดทางเดินอาหารและเฉพาะที่บริเวณลำไส้เล็กของสัตว์ทดลองแล้ว สามารถศึกษาได้จากสภาพภายในกระเพาะรูเมนภายหลังจากได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ โดยประเมินจากปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 9 และตาราง 19 พบว่า ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนวิเคราะห์ด้วยวิธี Conway method (Voigt und Steger, 1967) หลังสัตว์ทดลองได้รับอาหารในตอนเช้าหนึ่งชั่วโมง (07.00 น.) สัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 15.96 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 13.94 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 20 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 10 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์

($P>0.05$) ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในชั่วโมงที่สอง (08.00 น.) พบว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแอมโมเนียในโตรเจนเท่ากับ 13.34 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลือง 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแอมโมเนียในโตรเจนเท่ากับ 10.69 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 0 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 0 20 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$) ปริมาณแอมโมเนียในโตรเจนในชั่วโมงที่สาม (09.00 น.) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแอมโมเนียในโตรเจนเท่ากับ 8.14 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ มีค่ามากกว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลือง 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าแอมโมเนียในโตรเจนเท่ากับ 6.09 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 0 กับ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 0 10 กับ 20 เปอร์เซ็นต์ ($P>0.05$)



ภาพ 9 แผนภาพแสดงปริมาณแอมโมเนียในโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) ที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ของอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมกากขอสถัวเหลือง ทั้ง 4 ระดับเมื่อเก็บตัวอย่างน้ำในกระเพาะรูเมน (rumen fluid) หลังให้อาหารตอนเช้าสามชั่วโมงไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Gas Chromatograph พบว่า ปริมาณกรดไขมันระเหยได้รวม (total volatile fatty acid, TVFA) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 0 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 76.07 75.31 66.01 และ 65.71 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร

($\mu\text{mol/ml}$) ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณกรดอะซีติก (C_2) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 0 30 20 และ 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 46.25 41.99 39.65 และ 37.85 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{mol/ml}$) ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณกรดโพรพิโอนิก (C_3) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 30 0 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 21.64 18.40 17.70 และ 16.57 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{mol/ml}$) ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ปริมาณกรดบิวทีริก (C_4) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองที่ระดับ 30 0 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 12.44 10.65 10.15 และ 9.80 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ($\mu\text{mol/ml}$) ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) ทั้งนี้ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้ง 3 ชนิดในกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) และสัดส่วนของกรดอะซีติกต่อกรดโพรพิโอนิก ($C_2:C_3$ ratio) พบว่า สัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลือง 0 20 10 และ 30 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเท่ากับ 2.60 2.40 2.27 และ 2.03 ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

ตาราง 19 ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน ($\text{NH}_3\text{-N}$) และกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากขอสถัวเหลืองทั้ง 4 ระดับ

	0% SSR	10% SSR	20% SSR	30% SSR
$\text{NH}_3\text{-N}$ (mg %)				
0500 am	11.11 ^a	9.35 ^{ab}	8.99 ^{ab}	7.38 ^b
0700 am	15.96 ^a	14.56 ^{ab}	15.21 ^{ab}	13.94 ^b
0800 am	11.64 ^{ab}	10.69 ^b	11.11 ^{ab}	13.34 ^a
0900 am	7.61 ^{ab}	6.74 ^{ab}	6.09 ^b	8.14 ^a
Total VFA ($\mu\text{mol/ml}$)	75.31	65.71	66.01	76.07
Acetic acid ($\mu\text{mol/ml}$)	46.25	37.85	39.65	41.99
Propionic acid ($\mu\text{mol/ml}$)	18.40	17.70	16.57	21.64
Butyric acid ($\mu\text{mol/ml}$)	10.65	10.15	9.80	12.44
Acetic acid :Propionic acid	2.60	2.27	2.40	2.03

^{ab} อักษรต่างกันแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)