บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 องค์ประกอบทางเคมีและคุณค่าทางโภชนะ

4.1.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากข้าวมอลต์แห้ง

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีการ proximate analysis (A.O.A.C., 2000) และ detergent method (Van Soest, 1982) ในห้องปฏิบัติการพบว่า องค์ประกอบทางเคมีของกากข้าวมอลต์แห้งประกอบไปด้วย วัตถุแห้ง (DM) 85.95 เปอร์เซ็นต์ อินทรียวัตถุ (OM) 80.19 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนหยาบ (CP) 18.55 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน (EE) 2.32 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยหยาบ (CF) 13.13 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในด่าง (NDF) 51.85 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในกรด (ADF) 22.69 เปอร์เซ็นต์ เฮมิเซลลูโลส (HC) 29.16 เปอร์เซ็นต์ เซลลูโลส (CL) 15.21 เปอร์เซ็นต์ ลิกนิน (lignin) 7.48 เปอร์เซ็นต์ และส่วนประกอบภายในเซลล์ (CC) 48.15 เปอร์เซ็นต์ (โภชนะทั้งหมดคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง)

4.1.2 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

สำหรับองค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลองที่ผสมด้วยกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง ได้แสดงไว้ในตาราง 8 พบว่าองค์ประกอบทางเคมีโดยส่วนใหญ่ไม่แตกต่างกัน พบว่าเปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองมีค่าเท่ากับ 87.58 88.13 87.69 และ 87.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุเท่ากับ 79.06 78.51 78.56 และ 78.63 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโปรตีนในอาหารทดลองมีแนวโน้มเพิ่มตามระดับของกากข้าวมอลต์ที่เพิ่มขึ้น นั่นคือ13.75 13.83 13.99 และ 14.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกัน ($P>0.05$) ปริมาณไขมันรวมเท่ากับ 1.84 2.06 2.10 และ 2.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในส่วนขององค์ประกอบทางเคมีที่เป็นโครงสร้างพืชนั้นพบว่าระดับของเยื่อใยหยาบในอาหารทดลองมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามระดับของกากข้าวมอลต์แห้งที่ผสมในอาหาร (0 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์) โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และมีค่าเท่ากับ 5.49 6.58 8.12 และ 9.20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 49.44 46.41 45.23 และ 44.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณเยื่อใยที่ละลายในด่างเท่ากับ 28.54 34.06 37.33 และ 38.70 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ ปริมาณเยื่อใยที่ละลายในกรดพบว่ามีปริมาณมากขึ้นในอาหารทดลองตามระดับของกากข้าวมอลต์แห้งที่ผสมในอาหารโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) และมีค่าเท่ากับ 8.47 12.65 14.61 และ 16.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เฮมิเซลลูโลสไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) ในอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับคือมีค่าเท่ากับ 20.08 21.40 22.20 22.58 แต่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับของกากข้าวมอลต์แห้งเช่นกัน ทั้งนี้ระดับของเซลลูโลสในอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์ทั้ง 4 ระดับพบว่า อาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 40 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณสูงที่สุดคือ 13.49 รองลงมาคือ 30 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 12.38 และ 10.68 และ 7.15 เปอร์เซ็นต์ในอาหารทดลอง 20 และ 0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณเซลลูโลสในอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 40 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่างกับ 30 เปอร์เซ็นต์ (P>0.05) แต่มีความแตกต่างกับอาหารที่ระดับ 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ลิกนินที่เป็นส่วนประกอบในอาหารทดลองครั้งนี้พบว่ามีปริมาณไม่มากนักแต่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยมีค่าเท่ากับ 1.32 1.98 2.23 และ 2.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณส่วนประกอบภายในเซลล์ลดลงตามระดับของกากข้าวมอลต์แห้งในอาหาร โดยมีค่าเท่ากับ 59.03 54.07 50.35 และ 49.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้แต่ละระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05)

ตาราง 8 องค์ประกอบทางเคมีอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

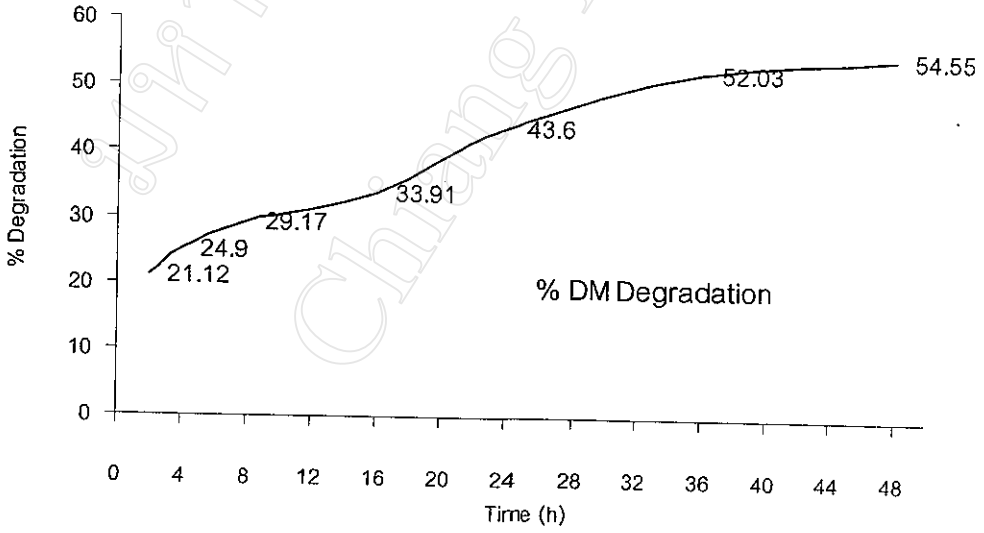
	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
Dry matter (%)	87.58	88.13	87.69	87.73
Nutrients (% DM Basis)				
Organic matter	79.06	78.51	78.56	78.63
Crude protein	13.75	13.83	13.99	14.00
Ether extract	1.84	2.06	2.10	2.13
Crude fiber	5.49^{d}	6.58^{c}	8.12^{b}	9.20^{a}
Nitrogen free extract	49.44	46.41	45.23	44.21
Neutral detergent fiber	28.54^{d}	34.06^{c}	37.33^{b}	38.70^{a}
Acid detergent fiber	8.47^{c}	12.65^{b}	14.61^{ab}	16.12^{a}
Hemicellulose	20.08	21.40	22.20	22.58
Cellulose	7.15^{c}	10.68^{b}	12.38^{ab}	13.49^{a}
Lignin	1.32^{d}	1.98^{c}	2.23^{b}	2.62^{a}
Cell content	59.03^{a}	54.07^{b}	50.35^{c}	49.03^{d}

^{abcd} อักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.2 การสลายตัวของโภชนะภายในกระเพาะหมักโดยวิธีใช้ถุงไนล่อน (*In situ/ In sacco* rumen degradability techniques)

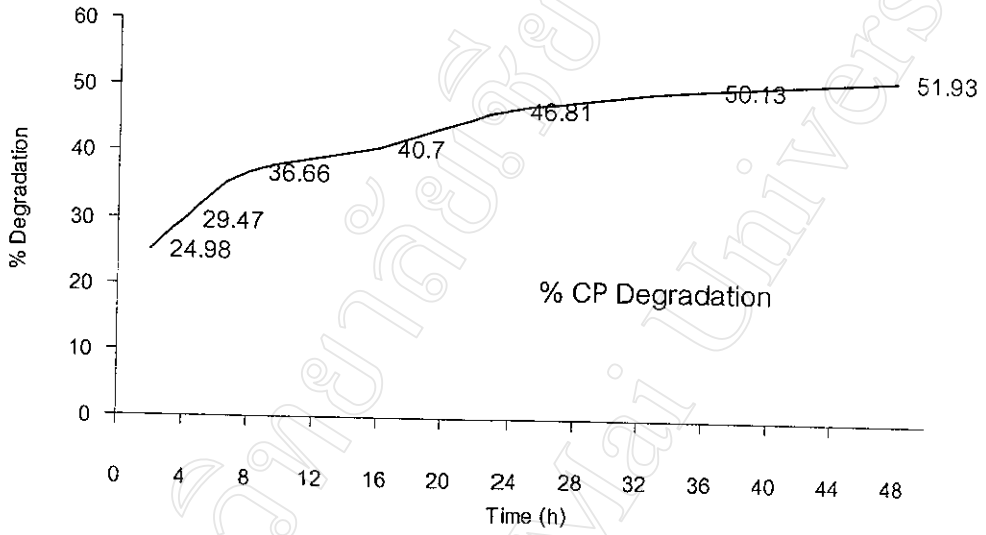
4.2.1 การสลายตัวของกากข้าวมอลต์แห้งในกระเพาะหมัก

ผลการทดลองเพื่อศึกษาการสลายตัวด้วยวิธี *In situ/In sacco* techniques โดยวิธีการใช้ถุงไนล่อนพบว่าเมื่อนำตัวอย่างกากข้าวมอลต์แห้งใส่ถุงไนล่อนและนำไปบ่มในกระเพาะหมัก ปริมาณวัตถุแห้งของกากข้าวมอลต์แห้งที่สลายตัว ณ ชั่วโมงต่างๆ (0 2 4 8 16 24 36 และ 48 ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับ 20.93 21.12 24.90 29.17 33.91 43.60 52.03 และ 54.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อนำค่าการสลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆนี้ไปคำนวณโดยสมการ $P= a + b (1 - e^{-ct})$ ที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY จะได้ค่าพารามิเตอร์ดังนี้คือ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (potential degradability, A+B) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 74.4 เปอร์เซ็นต์ ค่าการละลาย (washing loss, A) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 20.9 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยได้โดยจุลินทรีย์ (degradability of water insoluble, B) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 53.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนที่ละลายได้ทันที (immediately soluble part, a) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 18.9 เปอร์เซ็นต์ ช่วงเวลาที่จุลินทรีย์เริ่มเข้าย่อยตัวอย่างและเกิดการสลายตัว (lag time, L) ของวัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 1.5 ชั่วโมง อัตราการสลายตัว (c) ของวัตถุแห้งเท่ากับ 0.026 ส่วนต่อชั่วโมง (fraction/h) และมีประสิทธิภาพการสลายตัวของวัตถุแห้งที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) เท่ากับ 36.7 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 13 ปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของกากข้าวมอลต์แห้ง

ปริมาณโปรตีนหยาบของกากข้าวมอลต์แห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆมีค่าเท่ากับ 19.14 24.98 29.47 36.66 40.70 46.81 50.13 และ 51.93 เปอร์เซ็นต์ ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 53.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าการละลาย (A) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 19.1 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยได้โดยจุลินทรีย์ (B) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 34.6 เปอร์เซ็นต์ สำหรับส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 21.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับช่วงเวลาที่จุลินทรีย์เริ่มเข้าย่อยตัวอย่างและเกิดการสลายตัว (L) ของวัตถุแห้งมีค่าเท่ากับ 0 ชั่วโมง อัตราการสลายตัวของโปรตีนหยาบเท่ากับ 0.070 ส่วนต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของโปรตีนหยาบเท่ากับ 36.6 เปอร์เซ็นต์



ภาพ 14 แผนภาพแสดงปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของกากข้าวมอลต์แห้ง

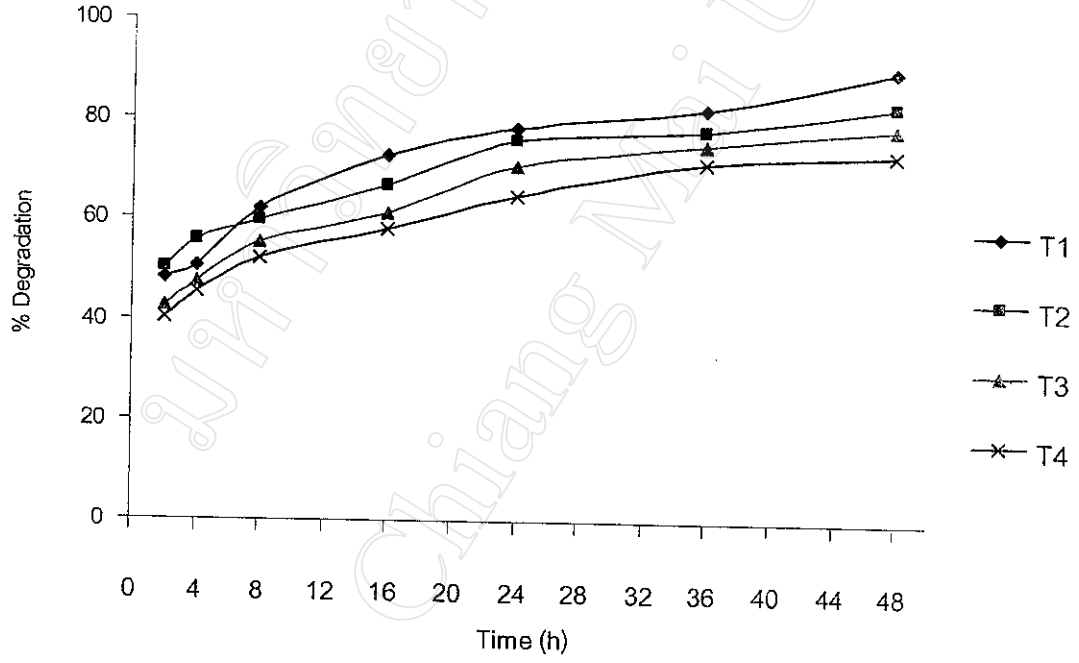
4.2.2 การสลายตัวของวัตถุแห้งในอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

เมื่อศึกษาเปรียบเทียบอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยวิธีการใช้ถุงไนล่อนพบว่าปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวไปดังแสดงในตาราง 9 และภาพ 15 โดยพบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการสลายตัวที่ชั่วโมงที่ 2 ของการบ่มสูงที่สุดคือ 50.28 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ และ 0 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าเท่ากับ 48.12 42.66 และ 40.40 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณการสลายตัวของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงที่ 48 กลับพบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวสูงที่สุดเท่ากับ 90.40 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าเท่ากับ 83.24 78.72 และ 73.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 9 วัตถุแห้งที่สลายตัวของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับที่ชั่วโมงบ่มต่างๆกัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Time	0% DMR		20% DMR		30% DMR		40% DMR	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0[1/]	45.95	-	48.59	-	42.18	-	40.87	-
2	48.12	1.17	50.28	0.84	42.66	1.26	40.40	1.79
4	50.56	1.49	55.65	3.69	47.36	1.42	45.29	1.93
8	62.15	2.33	59.79	2.33	55.37	2.27	52.07	1.34
16	73.07	2.87	67.04	3.68	61.49	2.89	58.10	2.36
24	78.53	3.66	76.08	1.56	70.81	2.58	64.88	2.97
36	82.49	1.89	78.25	2.34	75.42	1.69	71.75	1.16
48	90.40	1.89	83.24	0.86	78.72	1.37	73.82	2.80

[1/] ค่าการละลายโดยล้างด้วยน้ำเปล่า



ภาพ 15 ปริมาณวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

เมื่อนำค่าวัตถุแห้งที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆนี้ไปคำนวณโดยสมการ NEWAY พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้แสดงในตาราง 10 ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงสุดเท่ากับ 91.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์และมีค่าเท่ากับ 86.8 82.2 และ 78.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าการละลาย (A) ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองกลับพบว่าที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงสุดคือเท่ากับ 50.1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ 0 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าเท่ากับ 46.0 42.2 และ 40.1 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในอาหารทั้ง 4 ระดับ ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของวัตถุแห้งพบว่า อาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45.3 36.7 40.0 และ 38.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อัตราการสลายตัว (c) ของวัตถุแห้งของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับไม่แตกต่างกัน ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 47.6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.2 39.0 และ 37.7 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สำหรับช่วงเวลาที่จุลินทรีย์เริ่มเข้าย่อยตัวอย่างและเกิดการสลายตัว (L) ของวัตถุแห้งพบว่าไม่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของวัตถุแห้งของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์มีค่าดีกว่าที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยมีค่าเท่ากับ 68.7 66.7 61.3 และ 57.6 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 10 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของวัตถุแห้งที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
Fraction A (%)	46.0^{b}	50.1^{a}	42.2^{c}	40.1^{d}
Fraction B (%)	45.3^{a}	36.7^{b}	40.0^{b}	38.0^{b}
A+B (%)	91.3^{a}	86.8^{b}	82.2^{c}	78.1^{d}
c (%h^{-1})	0.058	0.047	0.052	0.048
Lag time (h)	1.4	1.4	1.4	1.3
Fraction a (%)	42.2^{b}	47.6^{a}	39.0^{c}	37.7^{c}
Fraction b (%)	49.0^{a}	39.2^{b}	43.1^{b}	40.4^{b}
Effective Degradability ($ED_{0.05}$)	68.7^{a}	66.7^{a}	61.3^{b}	57.6^{c}

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

4.2.3 การสลายตัวของโปรตีนหยาบในอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

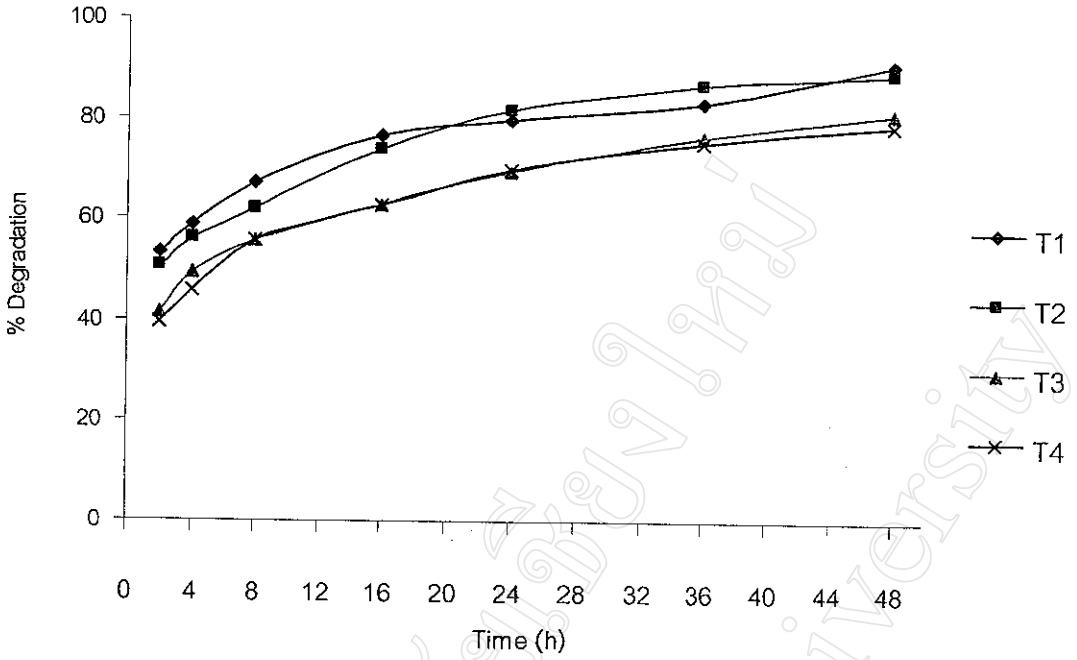
ปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวไปแสดงในตาราง 11 พบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณการสลายตัวของโปรตีนหยาบที่ชั่วโมงที่ 2 ของการบ่มสูงที่สุด คือ 51.52 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าเท่ากับ 46.98 42.82 และ 38.10 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อพิจารณาปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงที่ 48 ก็พบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีการสลายตัวสูงที่สุดเท่ากับ 91.52 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าเท่ากับ 89.76 81.53 และ 79.17 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 11 โปรตีนหยาบที่สลายตัวของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับที่ชั่วโมงบ่มต่างๆกัน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

Time	0% DMR		20% DMR		30% DMR		40% DMR	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
0[1/]	51.52	-	46.98	-	42.82	-	38.10	-
2	53.33	1.05	50.59	1.21	41.62	4.91	39.29	2.66
4	58.79	1.71	56.01	1.04	49.37	1.98	45.83	3.52
8	67.27	2.71	62.04	2.63	55.92	3.57	55.95	2.06
16	76.97	2.71	74.09	6.00	63.07	2.66	63.10	5.46
24	80.00	2.01	81.92	4.00	69.62	3.91	70.24	2.66
36	83.64	2.01	87.35	1.04	76.77	1.98	75.60	1.97
48	91.52	2.10	89.76	1.04	81.53	1.03	79.17	1.03

[1] ค่าการละลายโดยล้างด้วยน้ำเปล่า

จากภาพ 16 แสดงปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณการสลายตัวของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มสูงกว่าที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ในช่วง 20 ชั่วโมงแรกของการบ่มในกระเพาะหมัก แต่ก็มีแนวโน้มต่ำกว่าที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ในช่วงหลังของการบ่มคือตั้งแต่ชั่วโมงที่ 20 เป็นต้นไปและมีค่าใกล้เคียงกันในช่วงท้ายของการบ่ม สำหรับอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์นั้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันตลอดช่วงเวลา 48 ชั่วโมงในการบ่มตัวอย่างอาหารในกระเพาะหมัก



ภาพ 16 ปริมาณโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงบ่มต่างกันของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

หลังจากนำค่าโปรตีนหยาบที่สลายตัวที่ชั่วโมงต่างๆนี้ไปคำนวณโดยสมการ NEWAY ได้ค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตาราง 12 ค่าศักยภาพในการสลายตัว (A+B) ของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ 0 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ไม่มีความแตกต่างกันโดยมีค่าเท่ากับ 91.0 93.8 และ 91.1 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่มีความแตกต่างกับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 81.1 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ค่าการละลาย (A) ของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองกลับพบว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงสุดคือเท่ากับ 51.5 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์โดยมีค่าเท่ากับ 47.0 42.8 และ 38.1 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ในอาหารทั้ง 4 ระดับ โปรตีนหยาบส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (B) ของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 48.3 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ (มีค่าเท่ากับ 39.5 เปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ อัตราการสลายตัว (c) ของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองทั้ง 4 ชนิดไม่มีความแตกต่างกันเช่นเดียวกับวัตถุแห้ง ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของโปรตีนหยาบของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 47.6 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 0 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 42.2 39.0 และ 37.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ช่วงเวลาที่จุลินทรีย์เริ่มเข้าย่อยตัวอย่างและเกิดการสลายตัว (L) ของโปรตีนหยาบพบว่ามีค่าไม่แตกต่างกัน ประสิทธิภาพการสลายตัวที่อัตรา 0.05 ส่วนต่อชั่วโมง ($ED_{0.05}$) ของโปรตีนหยาบของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 72.6 และ 70.9 มีค่าดีกว่าที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเท่ากับ 62.0 และ 60.8 อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 12 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆของโปรตีนหยาบที่คำนวณจากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
Fraction A (%)	51.5^{a}	47.0^{b}	42.8^{c}	38.1^{d}
Fraction B (%)	39.5^{b}	46.8^{ab}	48.3^{a}	43.0^{ab}
A+B (%)	91.0^{a}	93.8^{a}	91.1^{a}	81.1^{b}
c (%h^{-1})	0.064	0.061	0.042	0.067
Lag time (h)	0.8	0.7	0.9	1.2
Fraction a (%)	49.3^{a}	44.6^{b}	41.5^{b}	34.7^{c}
Fraction b (%)	41.7^{b}	52.9^{a}	50.8^{ab}	46.4^{ab}
Effective Degradability ($ED_{0.05}$)	72.6^{a}	70.9^{a}	62.0^{b}	60.8^{b}

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

จากผลการศึกษาการสลายตัวของวัตถุแห้งและโปรตีนหยาบภายในกระเพาะหมักของโคนมจะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รวมไปถึงประสิทธิภาพการสลายตัวของโภชนะของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งมีค่าลดลงตามระดับการใช้กากข้าวมอลต์แห้งที่เพิ่มขึ้นในอาหารซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนในอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์

4.2.4 ค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ (DMI) วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับที่คำนวณจากวิธีการใช้ถุงไนล่อน

จากการคำนวณค่าพารามิเตอร์ลักษณะการสลายตัว (A, B และ c) ของกากข้าวมอลต์แห้งนำค่าดังกล่าวไปทดสอบโดยสมการ multiple regression ที่เสนอโดย Shem *et al.* (1995) เพื่อทำนายค่าวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้ (dry matter intake, DMI) ปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ

(digestible dry matter intake, DDMI) และอัตราการเจริญเติบโต (growth rate) รวมทั้งค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) พบว่าของกากข้าวมอลต์แห้งมีค่าวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้เท่ากับ 3.19 กิโลกรัมต่อวัน วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับเท่ากับ 2.43 กิโลกรัมต่อวัน อัตราการเจริญเติบโตเท่ากับ 0.13 กิโลกรัมต่อวัน และค่าดัชนีบ่งชี้เท่ากับ 42.96 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าทำนายของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับแสดงในตาราง 13 พบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้เท่ากับ 9.62 และ 9.72 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 7.95 และ 7.11 กิโลกรัมต่อวันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 8.06 และ 8.08 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.65 และ 5.92 กิโลกรัมต่อวันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) อัตราการเจริญเติบโตจากการคำนวณเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.63 และ 0.61 กิโลกรัมต่อวันสูงกว่าที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.51 และ 0.45 กิโลกรัมต่อวันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีบ่งชี้เพื่อเปรียบเทียบคุณค่าของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับพบว่า อาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีคุณค่าของอาหารทดลองดีกว่าที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) โดยมีค่าดัชนีบ่งชี้เท่ากับ 67.15 67.55 60.08 และ 57.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 13 วัตถุแห้งกินได้ (DMI) วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับที่คำนวณจากวิธีการใช้ถุงไนล่อน

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
DMI(kg/day)	9.62[a]	9.72[a]	7.95[b]	7.11[c]
DDMI(kg/day)	8.06[a]	8.08[a]	6.65[b]	5.92[c]
Growth rate(kg/day)	0.63[a]	0.61[a]	0.51[b]	0.45[c]
Index value (%)	67.15[a]	67.55[a]	60.88[b]	57.73[c]

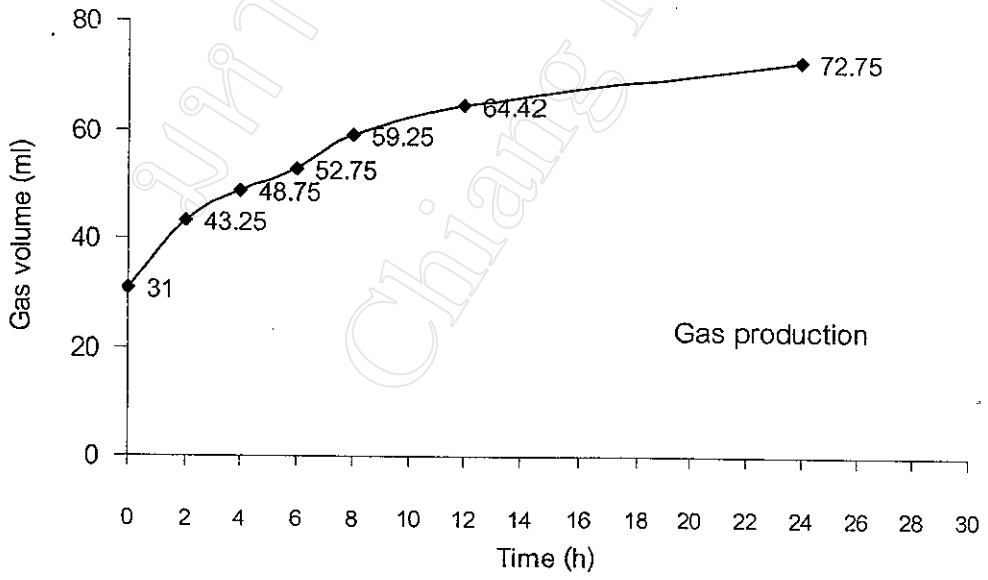
[abcd] อักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3 การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น (Gas production techniques)

4.3.1 การย่อยได้และพลังงานของกากข้าวมอลต์แห้งโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

ผลศึกษาการย่อยได้ด้วยวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดของกากข้าวมอลต์แห้ง พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ (0 2 4 6 8 12 และ 24 ชั่วโมง) มีค่าเท่ากับ 31.00 43.25 48.75 52.75 59.25 64.42 และ 72.75 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยมีปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมงเท่ากับ 41.75 มิลลิลิตร เมื่อนำค่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นไปคำนวณตามสมการ $P= a + b (1 - e^{-ct})$ ที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) โดยใช้โปรแกรม NEWAY เช่นเดียวกับวิธีการใช้ถุงไนล่อนได้ค่าพารามิเตอร์ (a, b และ c) พบว่า กากข้าวมอลต์แห้งมีปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่ละลายได้ทันที (a) เท่ากับ 37.3 มิลลิลิตร ปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่เกิดกระบวนการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ได้เมื่อเวลาผ่านไป (b) เท่ากับ 39.1 มิลลิลิตร ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นสูงสุดที่จะผลิตได้ (a+b) เท่ากับ 76.4 มิลลิลิตร และมีอัตราการเกิดแก๊ส (c) เท่ากับ 0.0879

ผลจากการคำนวณค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุของกากข้าวมอลต์แห้งมีค่าเท่ากับ 33.45 เปอร์เซ็นต์ พลังงานใช้ประโยชน์ได้มีค่าเท่ากับ 7.30 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมเท่ากับ 3.94 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง



ภาพ 17 ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆของกากข้าวมอลต์แห้ง

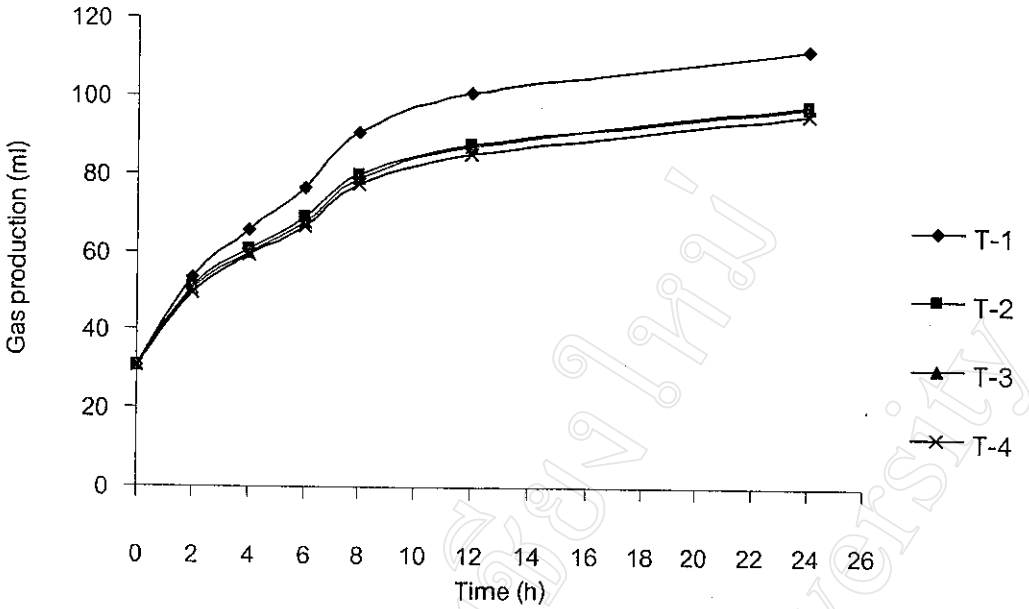
4.3.2 การย่อยได้และพลังงานของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

ผลศึกษาการย่อยได้ด้วยวิธีการวัดปริมาณแก๊สที่เกิดของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับพบว่า ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ดังแสดงในตาราง 14 และภาพ 18 พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดที่สามารถอ่านได้จากหลอดใส่ตัวอย่างอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับในช่วง 4 ชั่วโมงแรกมีค่าใกล้เคียงกันคือเท่ากับ 65.58 60.75 59.83 และ 59.17 มิลลิลิตร เมื่อเข้าสู่ชั่วโมงที่ 6 ของการบ่มปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นจะเริ่มแตกต่างกันกล่าวคือ ในหลอดที่มีอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์เริ่มมีปริมาณแก๊สมากกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์อย่างเห็นได้ชัดเจนคือมีปริมาณแก๊สเท่ากับ 76.33 68.92 67.75 และ 66.42 มิลลิลิตร ตามลำดับ และ ณ ชั่วโมงที่ 24 พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอดที่มีอาหารผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 112.5 97.75 97.75 และ 95.58 มิลลิลิตร ตามลำดับ โดยมีปริมาณแก๊สสุทธิที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 81.25 66.75 66.50 และ 64.58 มิลลิลิตร ตามลำดับ

ตาราง 14 ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ (มิลลิลิตร)

Time	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
0	31.00	31.00	31.00	31.00
2	53.25	50.83	50.33	49.50
4	65.58	60.75	59.83	59.17
6	76.33	68.92	67.75	66.42
8	90.58	79.75	78.83	77.50
12	100.83	87.67	87.00	85.42
24	112.25	97.75	97.75	95.58
Net[1/]	81.25	66.75	66.50	64.58

[1/] ปริมาณแก๊สสุทธิ (Net) =ปริมาณแก๊สที่ 24 ชั่วโมง –ปริมาณแก๊สที่ 0 ชั่วโมง



ภาพ 18 แผนภาพแสดงปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

เมื่อนำปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นที่ชั่วโมงต่างๆของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับไปคำนวณด้วยสมการ $P= a + b (1 - e^{-ct})$ ที่เสนอโดย Ørskov and McDonald (1979) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY ค่าพารามิเตอร์ดังแสดงในตาราง 15 พบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 34.0 มิลลิลิตร ต่ำกว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 36.7 36.9 และ 36.3 มิลลิลิตร ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่กลับพบว่าปริมาณแก๊สที่เกิดจากส่วนที่ไม่ละลายในทันทีแต่เกิดการหมักย่อยโดยจุลินทรีย์ (b) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่าของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 79.9 62.6 62.6 และ 61.1 มิลลิลิตร ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งนี้เมื่อพิจารณาปริมาณแก๊สที่จะเกิดขึ้นได้สูงสุด (a+b) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 113.9 มิลลิลิตร มีค่ามากกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ที่มีค่าเท่ากับ 99.3 99.5 และ 97.7 มิลลิลิตร ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สอดคล้องกับอัตราการเกิดแก๊ส (c) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.133 ไม่แตกต่างกับอาหารทดลองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.127 พบความแตกต่างกับเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารทดลองที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ซึ่งมีอัตราการเกิดแก๊สเท่ากับ 0.119 และ 0.121

ตาราง 15 ค่าพารามิเตอร์ที่คำนวณได้จากโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY โดยใช้ข้อมูลการวัดปริมาณแก๊สของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
a	34.0[b]	36.7[a]	36.9[a]	36.3[a]
b	79.9[a]	62.6[b]	62.6[b]	61.1[b]
a+b	113.9[a]	99.3[b]	99.5[b]	97.4[b]
c	0.133[a]	0.127[ab]	0.119[b]	0.121[b]

[abcd] อักษรต่างกันในแถวเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3.3 ค่าทำนายการย่อยได้อินทรียวัตถุ (organic matter digestibility, OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ (metabolizable energy, ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (net energy for lactation, NE_L) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับโดยวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

ผลจากการคำนวณปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นใน 24 ชั่วโมงเมื่อปรับส่วนที่เกิดขึ้นจากจุลินทรีย์ในกระเพาะหมัก (ปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นในหลอด blank) ออกไป รวมถึงค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ พลังงานใช้ประโยชน์ได้และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม แสดงในตาราง 16 พบว่าปริมาณแก๊สสุทธิที่เกิดขึ้นที่ 24 ชั่วโมงของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 72.75 มิลลิลิตร มากกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 53.83 53.20 และ 51.33 มิลลิลิตร ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ค่าทำนายอินทรียวัตถุย่อยได้ของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์ 0 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 84.04 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 65.35 64.64 และ 62.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เช่นเดียวกับพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 13.24 10.33 10.34 และ 10.12 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) รวมทั้งพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของอาหารทดลองที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 8.46 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งซึ่งมากกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 6.33 6.33 และ 6.16 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างของค่าทำนายดังกล่าวระหว่างอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 16 ปริมาณแก๊สที่เกิดใน 24 ชั่วโมง (GP) โปรตีนหยาบ (XP) เถ้า (XA) ค่าทำนายอินทรียวัตถุย่อยได้ (OMD) พลังงานใช้ประโยชน์ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับที่คำนวณจากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
GP (ml)	72.75[a]	53.83[b]	53.20[b]	51.33[b]
XP (g/kg DM)	137.5[d]	138.8[c]	139.9[b]	140.0[a]
XA (g/kg DM)	85.2[d]	96.2[a]	91.2[b]	91.0[c]
OMD (%)	84.04[a]	65.35[b]	64.64[b]	62.77[b]
ME (MJ/kg DM)	13.24[a]	10.33[b]	10.34[b]	10.12[b]
NE_L (MJ/kg DM)	8.46[a]	6.33[b]	6.33[b]	6.16[b]

[abcd] อักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.3.4 ค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ (DMI) วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส

ค่าพารามิเตอร์ที่ได้ (a, b และ c) เมื่อนำมาคำนวณโดยสมการที่เสนอโดย Shem *et al.* (1995) เพื่อทำนายค่าวัตถุแห้งกินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโต และค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองเช่นเดียวกับวิธีการใช้ถุงไนล่อน พบว่าอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีปริมาณวัตถุแห้งกินได้เท่ากับ 11.27 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ10.11 10.03 และ 9.75 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 9.45 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.51 8.37 และ 8.15 กิโลกรัมต่อวันตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเจริญเติบโตของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 0.99 กิโลกรัมต่อวัน สูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.92 0.89 และ 0.87 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับค่าดัชนีบ่งชี้พบว่าอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 73.21 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่า

อาหารทดลองที่ระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 68.94 68.64 และ 67.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) โดยไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 กับ 30 เปอร์เซ็นต์ และ 30 กับ 40 เปอร์เซ็นต์

ตาราง 17 ค่าทำนายวัตถุแห้งกินได้ (DMI) วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ จากวิธีการวัดปริมาณแก๊ส

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
DMI (kg/day)	11.27[a]	10.11[b]	10.03[b]	9.75[c]
DDMI (kg/day)	9.45[a]	8.51[b]	8.37[c]	8.15[c]
Growth rate (kg/day)	0.99[a]	0.92[b]	0.89[c]	0.87[c]
Index value (%)	73.21[a]	68.94[b]	68.64[bc]	67.56[c]

[abcd] อักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.3.5 การเปรียบเทียบค่าทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการทั้ง 2 วิธี

ผลศึกษาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการทั้งวิธีใช้ถุงไนล่อนและวิธีวัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น สามารถทำนายค่าปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้ วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ อัตราการเจริญเติบโต และค่าดัชนีบ่งชี้ของอาหารทดลองได้ เมื่อเปรียบเทียบค่าทำนายจากทั้ง 2 วิธีพบว่าให้ผลแตกต่างกันดังตาราง 18 กล่าวคือค่าวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้จากวิธีการวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองโดยมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 1.65 0.39 2.08 และ 2.64 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ค่าวัตถุแห้งกินได้ที่สัตว์ย่อยได้จากวิธีวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองและมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 1.39 0.43 1.72 และ 2.23 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ อัตราการเจริญเติบโตจากวิธีการวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองโดยมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 0.36 0.31 0.38 และ 0.42 กิโลกรัมต่อวัน ตามลำดับ ค่าดัชนีบ่งชี้พบว่าจากวิธีวัดปริมาณแก๊สมีค่าสูงกว่าในทุกระดับอาหารทดลองโดยมีความแตกต่างของค่าทำนายเท่ากับ 6.06 0.85 7.76 และ 9.83 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตาราง 18 เปรียบเทียบค่าทำนายปริมาณวัตถุแห้งกินได้ (DMI) วัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) อัตราการเจริญเติบโต (growth rate) และค่าดัชนีบ่งชี้ (index value) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับจากการศึกษาในห้องปฏิบัติการทั้ง 2 วิธี

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
DMI (kg/day)				
Nylon bag	9.62	9.72	7.95	7.11
Gas production	11.27	10.11	10.03	9.75
DDMI (kg/day)				
Nylon bag	8.06	8.08	6.65	5.92
Gas production	9.45	8.51	8.37	8.15
Growth rate (kg/day)				
Nylon bag	0.63	0.61	0.51	0.45
Gas production	0.99	0.92	0.89	0.87
Index value (%)				
Nylon bag	67.15	67.55	60.88	57.73
Gas production	73.21	68.94	68.64	67.56

4.4 การย่อยได้ในตัวสัตว์ (*In vivo* digestibility)

4.4.1 การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีดั้งเดิม (conventional method) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

ผลการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ โดยวิธีแบบดั้งเดิมแสดงในตาราง 19 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง (dry matter digestibility, DMD) ในอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่างกันคือมีค่าเท่ากับ 54.23 55.50 และ 54.43 เปอร์เซ็นต์ แต่ทั้งนี้พบว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 เปอร์เซ็นต์มีค่าแตกต่างกับที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50.63 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (organic matter digestibility, OMD) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 62.80 63.78 62.71 และ 59.71 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนหยาบ (crude protein digestibility, CPD) มีค่าเท่ากับ 61.53 61.14 61.58 และ 58.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ พบว่า

ไม่มีความแตกต่างกัน ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมัน (ether extract digestibility, EED) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์ 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 55.96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งระดับ 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 59.93 58.26 และ 59.08 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ สอดคล้องกับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในด่าง (neutral detergent fiber digestibility, NDFD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 37.62 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 43.55 43.78 และ 39.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในกรด(acid detergent fiber digestibility, ADFD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 20.08 เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่าที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 26.23 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และอาหารทดลองทั้งสองระดับนี้ (0 และ 40 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในกรดไม่แตกต่างกับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเท่ากับ 24.23 และ 24.53 เปอร์เซ็นต์แต่อย่างใด ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non fiber carbohydrate, NFCD) ของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 96.08 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างกับอาหารทดลองที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 94.76 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 19 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโภชนะของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
DMD (%)	54.23^{ab}	55.50^{a}	54.33^{ab}	50.63^{b}
Nutrients digestibility (%)				
OMD	62.80	63.78	62.71	59.71
CPD	61.53	61.14	61.85	58.85
EED	55.96	59.93	58.26	59.08
NDFD	37.62	43.55	43.78	39.67
ADFD	20.08^{b}	24.23^{ab}	24.53^{ab}	26.23^{a}
NFCD	96.08^{a}	95.87^{ab}	95.21^{ab}	94.76^{b}

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

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

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะที่ได้ศึกษาโดยวิธีการศึกษาในตัวสัตว์ (*In vivo* digestibility) มาคำนวณค่าโภชนะรวมย่อยได้ตามสมการที่รวบรวมโดย บุญล้อม (2540) และค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ พลังงานรวม และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของโคนมตามสมการที่เสนอโดย Kellner *et al.*, (1984) ดังแสดงในตาราง 20 พบว่า โภชนะรวมย่อยได้ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกันคือมีค่าเท่ากับ 59.67 59.85 59.06 และ 56.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ทั้งนี้มีแนวโน้มลดลงตามระดับของกากข้าวมอลต์แห้งที่เพิ่มขึ้นในอาหาร ค่าพลังงานรวมของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับเท่ากับ 15.66 15.19 15.43 และ 14.74 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้ง ไม่แตกต่างกันแต่มีแนวโน้มว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 40 เปอร์เซ็นต์มีค่าต่ำที่สุด ค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับมีแนวโน้มลดลงตามระดับกากข้าวมอลต์แห้งที่เพิ่มขึ้นมีค่าเท่ากับ 12.85 12.74 12.71 และ 11.59 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งแต่ไม่แตกต่างกัน พลังงานสุทธิเพื่อการให้นมมีแนวโน้มลดลงตามระดับของกากข้าวมอลต์แห้งที่เพิ่มขึ้นในอาหารซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.49 8.47 8.40 และ 7.56 เมกกะจูลต่อกิโลกรัมวัตถุแห้งแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$)

จากผลการศึกษาพบว่าค่าโภชนะรวมย่อยได้ พลังงานรวม พลังงานใช้ประโยชน์ได้ และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกัน แต่มีแนวโน้มว่าจะลดลงตามระดับของกากข้าวมอลต์แห้งที่เพิ่มขึ้นในอาหาร

ตาราง 20 โภชนะรวมย่อยได้ (TDN) พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (ME) และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นม (NE_L) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
TDN (%)	59.67	59.85	59.06	56.26
GE (MJ/kg DM)	15.66	15.19	15.43	14.74
ME (MJ/kg DM)	12.85	12.74	12.71	11.59
NE_L (MJ/kg DM)	8.49	8.47	8.40	7.56

4.4.3 การย่อยได้ในตัวสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ (Indicator method) ของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

วิธีการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะในตัวสัตว์โดยวิธีการใช้สารบ่งชี้ในงานวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นที่การย่อยและใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะที่บริเวณลำไส้เล็กเพื่อทราบถึงปริมาณโภชนะที่ตัวสัตว์ทดลองสามารถใช้ประโยชน์ได้โดยตัวมันเองโดยการดูดซึมภายในลำไส้เล็ก โดยเก็บตัวอย่างอาหาร (digesta) จากบริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นและส่วนปลาย (proximal duodenum and terminal ileum) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโภชนะที่เดินทางมาถึงและที่หายไป คำนวณค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้โดยวิธีเปรียบเทียบจากความเข้มข้นของสารบ่งชี้ที่ตำแหน่งต่างๆ ผลการทดลองดังแสดงในตาราง 21 พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งที่บริเวณลำไส้เล็กสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 35.23 29.88 26.47 และ 29.39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้งของอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของอินทรียวัตถุของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 35.04 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอาหารที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 23.86 และ 26.44 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับอาหารที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโปรตีนของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 68.75 เปอร์เซ็นต์สูงกว่าอาหารที่ระดับ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 59.84 และ 60.56 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และไม่แตกต่างกับอาหารทดลองที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 63.38 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของไขมันรวมของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 78.13 80.51 78.57 และ 78.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกัน รวมถึงค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในด่างของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 1.28 1.78 2.01 และ 1.95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับไม่มีความแตกต่างกัน

ค่าสัมประสิทธิ์การย่อยได้ของโภชนะที่บริเวณลำไส้เล็กของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับโดยส่วนใหญ่พบว่าอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 0 เปอร์เซ็นต์มีค่าดีที่สุด และมีแนวโน้มลดลงเมื่อผสมกากข้าวมอลต์แห้งในอาหารถึงระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้จากผลการทดลองพบว่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุที่บริเวณลำไส้เล็กสัตว์ทดลองเกิดขึ้นไม่มากนัก แต่จะเห็นได้ชัดเจนขึ้นเมื่อการย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในด่างเกิดขึ้นน้อยมากหรือไม่เกิดขึ้นเลยที่บริเวณลำไส้เล็ก

ตาราง 21 สัมประสิทธิ์การย่อยได้ของวัตถุแห้ง และโภชนะในลำไส้เล็กของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ (คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง)

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
DMD (%)	35.23[a]	29.88[ab]	26.47[b]	29.39[b]
Nutrients digestibility (%)				
OMD	35.04[a]	28.19[ab]	23.86[b]	26.44[b]
CPD	68.75[a]	63.38[ab]	59.84[b]	60.56[b]
EED	78.13	80.51	78.57	78.82
NDF	1.28	1.78	2.01	1.95

[abcd] อักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

4.4.4 ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่าง ๆของทางเดินอาหาร

ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่างๆของทางเดินอาหารแสดงในตาราง 22 โดยพบว่า โปรตีนหยาบทั้งหมดที่สัตว์ได้รับทั้งที่มาจากหญ้ารูซี่และอาการทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) คือเท่ากับ 569.83 559.94 571.69 และ 563.03 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนหยาบที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนต้นของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 610.78 606.82 578.25 และ 608.35 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ในระดับ 30 เปอร์เซ็นต์นั้นพบว่ามีค่าต่ำที่สุด เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณโปรตีนหยาบที่ได้รับพบว่าเท่ากับ 107.19 108.37 101.15 และ 108.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนหยาบที่บริเวณลำไส้เล็กส่วนปลายพบว่าของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงที่สุดคือ 253.48 กรัมต่อวัน สูงกว่าที่ระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเท่ากับ 189.80 กรัมต่อวันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ทั้งนี้ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับของอาหารทดลองที่ระดับ 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเท่ากับ 219.53 และ 215.97 กรัมต่อวัน ตามลำดับ ($P>0.05$) เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณโปรตีนหยาบที่ได้รับพบว่าเท่ากับ 33.31 39.21 37.78 และ 45.02 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณโปรตีนหยาบที่หายไปบริเวณลำไส้เล็กของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ระดับ 0 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มลดลงตามระดับที่เพิ่มขึ้นของกากข้าวมอลต์แห้งคือเท่ากับ 420.98 387.29 362.68 และ 354.87 กรัมต่อวัน แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เมื่อคิดเป็นร้อยละของปริมาณโปรตีนหยาบที่ได้รับพบว่าเท่ากับ 68.78 63.38 60.78 57.37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สำหรับปริมาณโปรตีนหยาบที่ขับออกมากับมูลของอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0

20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์เท่ากับ 219.25 217.46 218.13 และ 231.96 กรัมต่อวัน ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) แต่ที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์มีแนวโน้มสูงที่สุด

ตาราง 22 ปริมาณโปรตีนหยาบที่ตำแหน่งต่างๆ ของทางเดินอาหารในตัวสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
Crude protein (g/day)				
Intake	569.83	559.94	571.69	563.03
Entering to duodenum	610.78	606.82	578.25	608.35
% of Intake	107.19	108.37	101.15	108.05
Entering to large intestine	189.80^{b}	219.53^{ab}	215.97^{ab}	253.48^{a}
% of Intake	33.31	39.21	37.78	45.02
Loss in Small intestine	420.98	387.29	362.68	354.87
% of entering to duodenum	68.78	63.38	60.78	57.37
Excreted	219.25	217.46	218.13	231.96
% of Intake	38.48	38.84	38.16	41.20

^{abcd} อักษรต่างกันในแถวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4.4.5 สภาพภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองเมื่อได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

การศึกษาการย่อยได้ในตัวสัตว์นอกจากจะศึกษาการย่อยได้ของโภชนะตลอดทางเดินอาหารและเฉพาะที่บริเวณลำไส้เล็กของสัตว์ทดลองแล้ว สามารถศึกษาได้จากสภาพภายในกระเพาะหมักภายหลังได้รับอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับ โดยประเมินจากค่าความเป็นกรด-ด่าง(pH) และปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) ที่เกิดขึ้น ณ ชั่วโมงต่างๆ ผลการศึกษาดังแสดงในตาราง 23 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 0 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 6.33 6.20 6.05 และ 6.08 ตามลำดับแต่ไม่มีความแตกต่างกัน (P>0.05) สำหรับปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนวิเคราะห์ด้วยวิธี Conway method (Voigt und Steger, 1967) หลังสัตว์ทดลองได้รับอาหารในตอนเช้าหนึ่งชั่วโมง (07.00 น.) สัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากข้าวมอลต์ 0 20 และ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าแอมโมเนียไนโตรเจนเท่ากับ 14.15 14.92 และ 15.94 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างกัน แต่พบว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหาร

ทั้ง 3 ระดับมีปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนที่หนึ่งชั่วโมงหลังอาหารเช้าสูงกว่าอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งเท่ากับ 12.36 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในชั่วโมงที่สอง (08.00 น.) พบว่าสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 15.25 14.64 และ 13.94 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ตามลำดับ สูงกว่าระดับ 0 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.81 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แต่ไม่พบความแตกต่างระหว่างอาหารทดลองที่มีกากข้าวมอลต์แห้งเป็นส่วนประกอบทั้ง 3 ระดับ (20 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในสามชั่วโมง (09.00 น.) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์ 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 13.08 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ สูงกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 0 20 และ 40 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 6.54 8.50 และ 9.86 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) และยังพบว่าปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจนในชั่วโมงที่สามของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์ 0 เปอร์เซ็นต์ (6.54มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ (9.86 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) เช่นกัน

ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับเมื่อเก็บตัวอย่างน้ำในกระเพาะหมัก (Rumen fluid) หลังให้อาหารตอนเช้าสามชั่วโมงไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Gas Chromatograph พบว่าปริมาณกรดไขมันระเหยได้รวม (total volatile fatty acid, TVFA) ของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 97.76 92.63 90.68 และ 85.73 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร (µmol/ml) ตามลำดับซึ่งไม่แตกต่างกัน ปริมาณกรดอะซีติก (C_2) ของอาหารทดลองทั้ง 4 ระดับมีค่าเท่ากับ 68.07 64.97 64.37 และ 59.39 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ปริมาณกรดโพรพิโอนิก (C_3) มีค่าเท่ากับ 22.47 21.30 20.21 และ 20.61 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ปริมาณกรดบิวทีริก (C_4) มีค่าเท่ากับ 7.23 6.35 6.10 และ 5.73 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตรตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณกรดไขมันระเหยได้ทั้ง 3 ชนิดในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับไม่มีความแตกต่างกัน ($P>0.05$) แต่เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนของกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิก (C_2:C_3 ratio) กลับพบว่า โคนมที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้ง 30 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 3.21 และเป็นสัดส่วนที่สูงสุดแต่ไม่แตกต่างกับที่อาหารทดลองที่ระดับ 0 และ 20 เปอร์เซ็นต์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.05 และ 3.07 ตามลำดับ ทั้งนี้อัตราส่วนกรดอะซิติกต่อกรดโพรพิโอนิกของอาหารทดลองที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์มีค่าเท่ากับ 2.90 ซึ่งต่ำกว่าอาหารทดลองที่ระดับ 30 เปอร์เซ็นต์อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$)

ตาราง 23 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3-N) และกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acid, VFA) ภายในกระเพาะหมักของสัตว์ทดลองที่ได้รับอาหารทดลองที่ผสมกากข้าวมอลต์แห้งทั้ง 4 ระดับ

	0% DMR	20% DMR	30% DMR	40% DMR
Rumen pH	6.33	6.20	6.05	6.08
NH_3-N (mg %)				
0500 am	9.09^{a}	7.56^{b}	8.85^{ab}	7.78^{ab}
0700 am	14.15^{a}	14.92^{a}	15.34^{a}	12.36^{b}
0800 am	10.81^{b}	15.25^{a}	14.64^{a}	13.94^{a}
0900 am	6.54^{c}	8.50^{bc}	13.08^{a}	9.86^{b}
1100 am	4.73	5.21	5.18	5.00
Total VFA (µmol/ml)	97.76	92.63	90.68	85.73
Acetic acid (µmol/ml)	68.07	64.97	64.37	59.39
Propionic acid (µmol/ml)	22.47	21.30	20.21	20.61
Butyric acid (µmol/ml)	7.23	6.35	6.10	5.73
Acetic acid :Propionic acid	3.05^{ab}	3.07^{ab}	3.21^{a}	2.90^{b}

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