

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาของตัวอย่างอาหาร

องค์ประกอบทางเคมี และคุณค่าทางโภชนาของตัวอย่างอาหาร เป็นค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารสด ที่ทำการบดผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร

ตาราง 12 ส่วนประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ทดลอง

	Dry matter	Crude protein	NDF	ADF	ADL	Ash	Tannin (mg/g)	%Tannin /CP
	-----% DM-----							
ชนิดที่ 1	91.93	20.06	31.40	15.53	3.45	9.96	9.24	4.61
ชนิดที่ 2	88.12	43.56	12.76	5.41	0.58	6.96	0.72	0.17
ชนิดที่ 3	88.60	40.56	18.48	8.24	1.08	7.64	2.68	0.66
ชนิดที่ 4	89.72	41.50	29.43	10.31	2.55	8.01	4.52	1.09
ชนิดที่ 5	90.75	34.94	35.34	11.68	3.17	8.42	7.32	2.10

ชนิดที่ 1 = ใบกระถิน 100 ส่วน กากถั่วเหลือง 0 ส่วน

ชนิดที่ 2 = ใบกระถิน 0 ส่วน กากถั่วเหลือง 100 ส่วน

ชนิดที่ 3 = ใบกระถิน 25 ส่วน กากถั่วเหลือง 75 ส่วน

ชนิดที่ 4 = ใบกระถิน 50 ส่วน กากถั่วเหลือง 50 ส่วน

ชนิดที่ 5 = ใบกระถิน 75 ส่วน กากถั่วเหลือง 25 ส่วน

ตัวอย่างอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งได้แก่ ใบกระถิน 100% มีวัตถุดิบและคุณค่าทางอาหารใกล้เคียงกับที่มีผู้รายงานไว้ คือ มีวัตถุดิบ (DM) 89.9 -90.8 % มีโปรตีนรวม (CP) 18.9 -30.5 % มีเยื่อใย คือ NDF, ADF, ADL และ Ash เท่ากับ 20.7 -48.4 %, 19.2 -23.6 %, 9.4% และ 3.5 -8.5%ตามลำดับ (Cheva-Lsarakul,1982;Gohl, 1975; Halim,1992; Dalzell, et al.1998; El hassan, et al. 2000) ส่วนปริมาณของสารแทนนินที่พบในใบกระถิน คือ 9.24 mg/g ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Shelton and Brewbaker (1994) ที่รายงานไว้ในใบกระถินมีสารแทนนิน 10.15 mg/g ซึ่งปริมาณสารแทนนินมีความผันแปรไปตามชนิด และระยะการเจริญเติบโตของพืช เช่น พืชในเขตร้อนที่ได้รับความเข้มของแสงมากมีผลให้เกิดสารแทนนินมากขึ้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นช่วยเพิ่มการสร้าง CTs ในใบพืชมากขึ้น (Lees, et al. 1994) และพืชที่เจริญเติบโตในดินคุณภาพต่ำ และมีความเป็นกรดจะมีผลให้มีการสร้าง CTs เพิ่มขึ้น (Kelman and Tanner, 1990) การที่ส่วนประกอบของคุณค่าทางอาหารของใบกระถินมีค่าผันแปรต่างกันไปนั้น อาจเนื่องมาจาก อายุ สายพันธุ์ สภาพแวดล้อม และส่วนต่างๆของกระถินที่นำมาใช้เป็นอาหารสัตว์ อย่างไรก็ตามใบกระถินที่นำมาใช้ในการทดลองในครั้งนี้ เป็นกระถินสายพันธุ์พื้นเมือง (Common type) และทำการเก็บใบกระถินตั้งแต่ยอดลงมาประมาณ 1 เมตร ซึ่งจะรวมส่วนของก้านใบมาด้วย

ในส่วนกากถั่วเหลืองพบว่ามี วัตถุดิบ 88.12% มีโปรตีนรวม 43.56% มีเยื่อใย คือ NDF, ADF, ADL และ Ash เท่ากับ 12.76%, 5.41%, 0.58% และ 6.96% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของกองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ที่รายงานไว้ว่า กากถั่วเหลือง (Soybean Meal) ชนิดกะเทาะเปลือก มีวัตถุดิบ 89.70 %มีโปรตีนรวม 48.40 % มีเยื่อใย คือ NDF, ADF , ADL และ Ash เท่ากับ 13.18%, 9.14%, 0.50%, และ 8.10% ตามลำดับ

ตัวอย่างอาหารที่ 3 มีวัตถุดิบ 88.60% โปรตีนรวม 43.56% และมีปริมาณสารแทนนิน 2.70 mg/g ตัวอย่างอาหารที่ 4 มีวัตถุดิบ 89.72% โปรตีนรวม 41.50% และมีปริมาณสารแทนนิน 4.52 mg/g ตัวอย่างอาหารที่ 5 มีวัตถุดิบ 90.75% โปรตีนรวม 34.94% และมีปริมาณสารแทนนิน 7.32 mg/g

เมื่อทำการคิดเปรียบเทียบสัดส่วนระหว่างสารแทนนิน กับโปรตีนรวมของตัวอย่างอาหารที่ 3, 4 และ 5 พบว่า มีสัดส่วนระหว่างสารแทนนิน กับโปรตีนรวม เท่ากับ 0.66, 1.09 และ 2.10 % ตามลำดับ

ผลของการย่อยสลายของวัตถุแห้งในกระเพาะรูเมน โดยวิธีใช้ถุงไนลอน

เมื่อนำตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิดไปหาค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง โดยวิธีใช้ถุงไนลอน ได้ข้อมูลดังแสดงในตาราง 13 และภาพ 6 พบว่า ไบกระถิน 100% นั้นมีค่าการย่อยสลายต่ำที่สุดในทุกชั่วโมงของการย่อยสลาย กากถั่วเหลือง 100% มีค่าการย่อยสลายสูงที่สุดในทุกชั่วโมงของการย่อยสลาย ซึ่งตัวอย่างอาหารไบกระถิน 100% และกากถั่วเหลือง 100% ถือเป็นกลุ่มควบคุมเพื่อเปรียบเทียบการย่อยสลายของวัตถุแห้ง

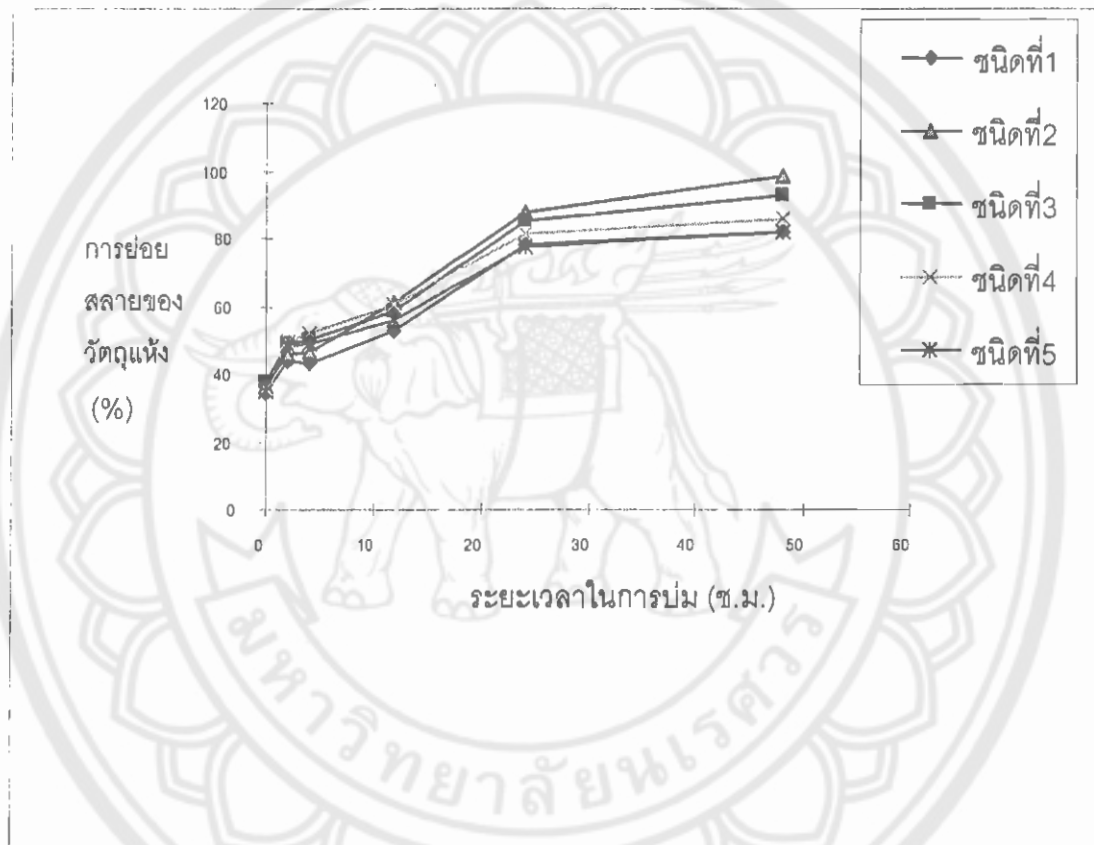
ตัวอย่างอาหารที่ 3, 4 และ 5 ซึ่งมีการผสมสัดส่วนระหว่างไบกระถิน และกากถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน พบว่าตัวอย่างอาหารที่ 5 มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง 57.80% ซึ่งต่ำกว่า ตัวอย่างอาหารที่ 3 และ ตัวอย่างอาหารที่ 4 มีค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง 60.81% และ 61.99% อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ตามลำดับ

ตาราง 13 การย่อยสลายวัตถุแห้ง(%) ของตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิดโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

ตัวอย่าง อาหาร	ระยะเวลาในการบ่ม (ช.ม.)						เฉลี่ย
	0	2	4	12	24	48	
ชนิดที่1	34.08	44.02 ^a	43.30 ^a	52.79 ^a	78.28 ^a	81.76 ^a	55.71 ^a
ชนิดที่2	36.44	45.88 ^b	46.58 ^{ab}	61.26 ^b	87.58 ^c	98.37 ^d	62.69 ^d
ชนิดที่3	35.45	49.56 ^d	51.88 ^c	60.51 ^b	81.57 ^{ab}	85.92 ^b	60.81 ^c
ชนิดที่4	37.15	48.95 ^{cd}	50.27 ^{bc}	58.25 ^{ab}	84.83 ^{bc}	92.47 ^c	61.99 ^{cd}
ชนิดที่5	34.99	48.14 ^c	48.58 ^{bc}	55.58 ^{ab}	77.65 ^a	81.87 ^a	57.80 ^b
Mean	35.78	47.10	48.01	58.20	83.07	89.63	
SD	1.15	2.26	3.33	3.32	3.49	6.33	

^{a b c d} ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

เมื่อพิจารณาจากค่าอัตราการย่อยสลายในช่วงเวลาที่ 12 ซึ่งจะนำไปเป็นตัวอย่างอาหารที่จะนำไปทำการศึกษการย่อยได้ในทางเดินอาหารส่วนล่าง โดยเทคนิคในห้องปฏิบัติการ (*In Vitro*) โดยการประเมินการย่อยได้ของโปรตีนในลำไส้เล็กโดยใช้ three step technique นั้น พบว่า ไบโกระถิน 100% มีการย่อยสลายของวัตถุแห้งต่ำที่สุด ส่วนตัวอย่างอาหารที่ 2, 3, 4 และ 5 มีการย่อยสลายของวัตถุแห้งมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)



ภาพ 6 การย่อยสลายของวัตถุแห้ง (%) ในกระเพาะรูเมนที่ช่วงเวลาที่ต่างกันของตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิด

ชนิดที่ 1 = ไบโกระถิน 100 ส่วน กากถั่วเหลือง 0 ส่วน

ชนิดที่ 2 = ไบโกระถิน 0 ส่วน กากถั่วเหลือง 100 ส่วน

ชนิดที่ 3 = ไบโกระถิน 25 ส่วน กากถั่วเหลือง 75 ส่วน

ชนิดที่ 4 = ไบโกระถิน 50 ส่วน กากถั่วเหลือง 50 ส่วน

ชนิดที่ 5 = ไบโกระถิน 75 ส่วน กากถั่วเหลือง 25 ส่วน

ตาราง 14 ค่าลักษณะการย่อยสลายของตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิดโดยวิธีใช้ถุงไนลอน

	Degradation characteristic (outflow rate 0.05)					
	a	b	c	A	B	A+B
	-----	-----	%/h	-----	-----	-----
ชนิดที่ 1	42.3	69.3	0.0270	33.1	55.8	88.9
ชนิดที่ 2	33	55.9	0.0456	35.5	64.5	100
ชนิดที่ 3	41.6	51.6	0.0428	34.8	65.2	100
ชนิดที่ 4	34	81.5	0.0351	34.8	58.4	93.2
ชนิดที่ 5	40.1	49.8	0.0372	34.5	55.4	89.9

เมื่อพิจารณาจากค่าลักษณะต่างๆ ของการย่อยสลายของตัวอย่างอาหารจากตาราง 14 พบว่า กากถั่วเหลือง 100% มีอัตราการย่อยสลาย (c) เร็วที่สุด และไม่มีช่วงเวลาที่ต้องรอจุลินทรีย์เข้าย่อยสลาย (Lag phase) ซึ่งสอดคล้องกับค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งในตาราง 13 ส่วนไบโกระถิน 100% มีปริมาณสารแทนนินอยู่มากกว่าอาหารทุกๆ ตัวอย่าง (4.61% Tannin/CP) มีค่าอัตราการย่อยสลาย (c) ช้าที่สุด และพบว่าอัตราการย่อยสลาย (c) มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของ El Hassan, *et al.* (2000) ที่ศึกษาการย่อยสลายของกระถินแห้ง โดยวิธีถุงไนลอน คือ 0.030 %/h

แต่ตัวอย่างอาหารที่ 3, 4, และ 5 ซึ่งเป็นกากถั่วเหลือง ผสมกับไบโกระถิน ในสัดส่วนที่ต่างกันนั้น พบว่าตัวอย่างอาหารที่ 5 ซึ่งมีปริมาณสารแทนนินผสมอยู่ในสัดส่วนที่มากที่สุด (2.10% Tannin/CP) นั้นมีอัตราการย่อยสลาย (c) ช้ากว่าตัวอย่างอาหารที่ 4 และ 3 ซึ่งมีปริมาณสารแทนนินผสมอยู่ในสัดส่วนที่ 1.09% Tannin/CP และ 0.66% Tannin/CP ตามลำดับ

ในขณะที่ค่า A คือส่วนที่ละลายในทันที และค่า B คือส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ มีแนวโน้มลดลงในตัวอย่างอาหารที่ 3, 4, และ 5 สำหรับตัวอย่างอาหารที่ 4 และ 5 พบว่าค่า B และค่า A+B (การย่อยได้สูงสุด) ลดลงและมีค่าต่ำกว่ากากถั่วเหลือง 100% แต่จะสูงกว่าในไบโกระถิน 100% ซึ่งพิจารณาได้ว่าการผสมไบโกระถินลงในกากถั่วเหลืองซึ่งเป็นอาหารแหล่งโปรตีนนั้นสามารถลดการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมนดีกว่ากากถั่วเหลืองปกติซึ่งไม่ได้ผสมไบโกระถินลงไป (ตัวอย่างอาหารที่ 2)

ผลของการย่อยสลายของโปรตีนในกระเพาะรูเมน โดยวิธีใช้ถุงไนลอน

เมื่อพิจารณาปริมาณการย่อยสลายของโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมนที่ 24 ชั่วโมงของการบ่ม พบว่าการย่อยสลายของโปรตีนรวมของกากถั่วเหลือง 100% มีค่าเท่ากับ 61.16% ซึ่งต่ำกว่าปราโมทย์ และคณะ (2543) ได้รายงานไว้ว่าการย่อยสลายโปรตีนรวมของกากถั่วเหลืองมีค่าเท่ากับ 71.91% ที่ 24 ชั่วโมงของการบ่ม แต่มีค่าใกล้เคียงกับรายงานของภมร (2540) ที่รายงานว่กากถั่วเหลืองมีค่าการย่อยสลายโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 60.40%

แต่หากพิจารณาถึงปริมาณการย่อยสลายของโปรตีนรวมในทุกๆ ชั่วโมงของการบ่มในกระเพาะรูเมนแล้วพบว่ากากถั่วเหลือง 100% มีค่าเท่ากับ 58.04% แสดงว่ามีปริมาณของโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายเท่ากับ 41.96% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Stern, *et al.* (1994) ที่รายงานว่เปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (RUP, ruminal undegradable protein) หรือโปรตีนไหลผ่าน (By-pass protein) ของกากถั่วเหลืองอัดน้ำมันที่ได้จากการใช้เทคนิคดุงดาครอนมีค่าอยู่ระหว่าง 38-53% (ตาราง 8) แต่จะมีค่าสูงกว่ารายงานของ NRC (1998) ที่รายงานว่กากถั่วเหลืองมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนหรือมีโปรตีนไหลผ่าน (By-pass protein) เท่ากับ 35% (ตาราง 7)

ส่วนโบกระดิน 100% มีค่าการย่อยสลายโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 26.72% ซึ่งถือว่ามีความต่ำ และสอดคล้องกับรายงานของ Deacon, *et al.* (1988) ที่รายงานว่ สำหรับการใช้โบกระดินในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้องกระดินจะประกอบไปด้วยโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยในกระเพาะรูเมน (Un-degradable protein) สูง

ส่วนตัวอย่างอาหารที่ 5 พบว่ามีค่าการย่อยสลายโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 36.50% ซึ่งมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างอาหารที่ 4 และตัวอย่างอาหารที่ 3 ที่มีค่าการย่อยสลายโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 41.23% และ 43.46% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ตามลำดับ และมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างอาหารที่ 2 ที่เป็นกากถั่วเหลือง 100% ซึ่งมีค่าการย่อยสลายโปรตีนรวมในกระเพาะรูเมนเท่ากับ 58.04% อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 15 ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ McLeod (1974) ที่รายงานว่ถ้ามีสารแทนนินในพืชอาหารสัตว์ระดับต่ำถึงปานกลาง (20-40g/kg DM) จะป้องกันการเกิดท้องอืด เพิ่มการไหลผ่านของ non-ammonia nitrogen และ amino acid ที่สำคัญ ตลอดจนเป็นการเพิ่มจุลินทรีย์โปรตีนที่ไหลผ่านมายังตำแหน่งของลำไส้เล็ก นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ประชากรโปรโตซัวลดลงด้วย

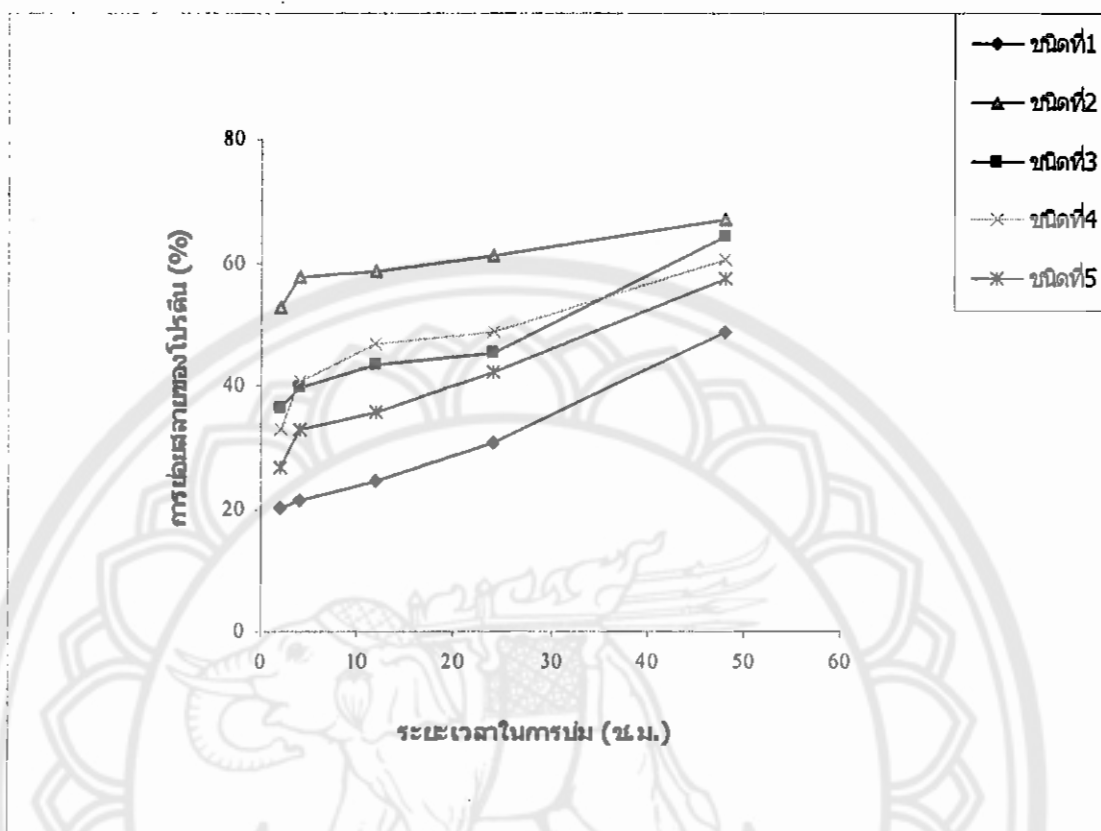
ตาราง 15 การย่อยสลายโปรตีน (%) ของตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิดโดยวิธีใช้ถุงในลอน

ตัวอย่างอาหาร	ระยะเวลาในการปรม (ช.ม.)						เฉลี่ย
	0	2	4	12	24	48	
ชนิดที่1	14.69	20.14 ^a	21.53 ^a	24.42 ^a	30.85 ^a	48.68 ^a	26.72 ^a
ชนิดที่2	51.15	52.56 ^d	57.67 ^d	58.60 ^d	61.16 ^c	67.10 ^c	58.04 ^d
ชนิดที่3	31.80	36.38 ^c	39.57 ^c	43.38 ^c	45.41 ^b	64.19 ^{bc}	43.46 ^c
ชนิดที่4	17.85	32.96 ^c	40.74 ^c	46.74 ^c	48.76 ^b	60.36 ^b	41.23 ^c
ชนิดที่5	20.89	26.58 ^b	32.86 ^b	35.78 ^b	42.07 ^b	60.80 ^b	36.50 ^b
Mean	28.87	35.51	39.88	43.29	46.55	60.08	
SD	14.38	11.56	12.79	12.27	10.79	7.00	

^{a b c d} ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

และถ้าหากพิจารณาถึงโปรตีนไหลผ่าน (By-pass protein) โดยคำนวณได้จากโปรตีนไหลผ่าน (%) มีค่าเท่ากับ 100 ลบด้วยเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนจากค่าเฉลี่ยของทุกๆ ชั่วโมงของการย่อยสลาย จะพบว่าตัวอย่างอาหารที่ 5 มีค่าโปรตีนไหลผ่านเท่ากับ 63.50% ซึ่งมีค่าสูงกว่าตัวอย่างอาหารที่ 4 และตัวอย่างอาหารที่ 3 ที่มีค่าโปรตีนไหลผ่านเท่ากับ 58.77% และ 56.54% ตามลำดับ ซึ่งในตัวอย่างอาหารที่ 5 นั้นจะมีสัดส่วนของปริมาณสารแทนนินต่อโปรตีนรวมเท่ากับ 2.10% ซึ่งปริมาณของสารแทนนินจะมีมากกว่าตัวอย่างอาหารที่ 4 และตัวอย่างอาหารที่ 3 คือ 1.09 และ 0.66 % ตามลำดับ

การที่ตัวอย่างอาหารที่มีส่วนผสมของไบโกระถินสามารถลดการย่อยสลายของกากถั่วเหลืองในกระเพาะรูเมนได้นั้นเป็นเพราะในไบโกระถินนั้นมีสารแทนนิน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิด CTs สารแทนนินนั้นจัดเป็นสารประกอบจำพวกที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน (phenolic compound) ที่ละลายน้ำได้ และสามารถจับกับโปรตีนทำให้เกิดตะกอน เกิดเป็น tannin-protein complex ซึ่งสารประกอบ tennin-protein complex จะไม่ย่อยสลายและคงสภาพได้ทนทานที่ pH ระหว่าง 3.5-7 ซึ่งเป็นสภาวะที่ใกล้เคียงกับสภาวะในกระเพาะรูเมน



ภาพ 7 การย่อยสลายของโปรตีน (%) ในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงต่างๆ ของตัวอย่างอาหาร ทั้ง 5 ชนิด

X การย่อยได้ของโปรตีน (%) ในกระเพาะแท้และลำไส้เล็ก โดยใช้วิธีการย่อยด้วยเอนไซม์ (Three step technique)

จากการนำตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิดที่เหลือจากการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในการบ่มที่ 12 ชั่วโมงนำไปย่อยต่อด้วยเอนไซม์เปปซิน (Pepsin) และเอนไซม์แพนครีเอติน (Pancreatin) ในหลอดทดลอง พบว่าในกระถิน 100% มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะแท้ และลำไส้เล็ก เท่ากับ 75.52% และมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดเท่ากับ 99.94% คงเหลือโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยเพียง 0.06% และกากถั่วเหลือง 100% มีการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะแท้ และลำไส้เล็ก เท่ากับ 41.37% และมีค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดเท่ากับ 99.97%

ส่วนตัวอย่างอาหารที่ 3, 4 และ 5 พบว่าตัวอย่างอาหารที่ 3 มีการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะแท้และลำไส้เล็กเท่ากับ 56.57% มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดเท่ากับ 99.95% และมีส่วนที่ไม่ถูกย่อย (undigested) เท่ากับ 0.05% ตัวอย่างอาหารที่ 4 พบว่ามีการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะแท้และลำไส้เล็กเท่ากับ 53.21% มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดเท่ากับ 99.95% และมีส่วนที่ไม่ถูกย่อย (undigested) เท่ากับ 0.05% และตัวอย่างอาหารที่ 5 พบว่ามีการย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะแท้และลำไส้เล็กเท่ากับ 64.17% มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดเท่ากับ 99.95% และมีส่วนที่ไม่ถูกย่อย (undigested) เท่ากับ 0.05% ซึ่งพบว่าค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดของตัวอย่างอาหารที่ 1, 3, 4 และ 5 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนตัวอย่างอาหารที่ 2 มีค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดสูงกว่าตัวอย่างอาหารที่ 1, 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงในตาราง 16

ตาราง 16 ค่าการย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมดโดยวิธีการย่อยด้วยเอมไซม์
(Three step technique)

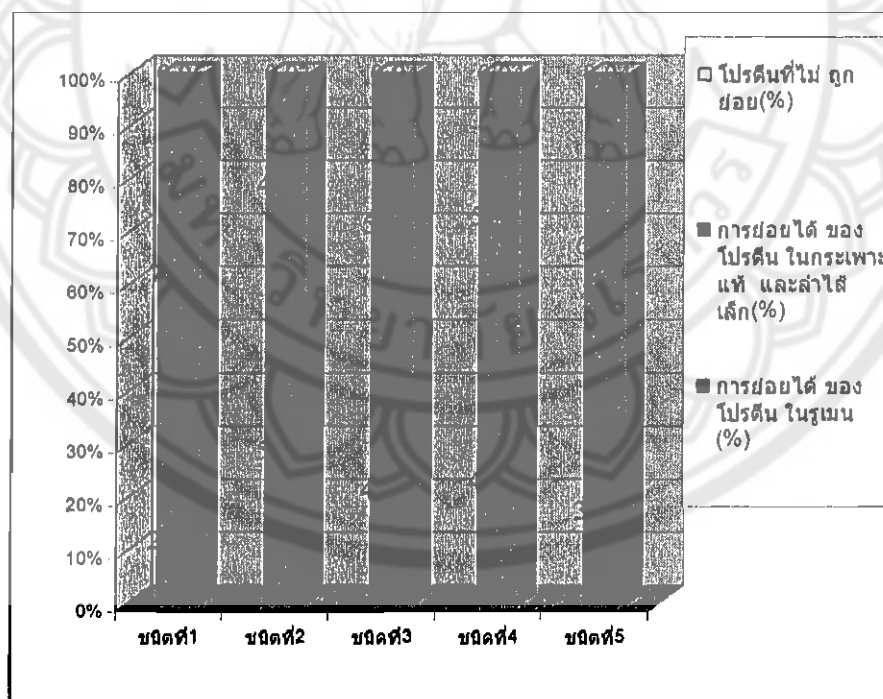
ตัวอย่างอาหาร	การย่อยได้ของโปรตีนในรูเมน (%)	การย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะแท้ และ ลำไส้เล็ก (%)	การย่อยได้ของโปรตีนทั้งหมด (%)	โปรตีนที่ไม่ถูกย่อย (%)
ชนิดที่ 1	24.42 ^a	75.52 ^d	99.94 ^a	0.06
ชนิดที่ 2	58.60 ^d	41.37 ^a	99.97 ^b	0.03
ชนิดที่ 3	43.38 ^c	56.57 ^b	99.95 ^a	0.04
ชนิดที่ 4	46.74 ^c	53.21 ^b	99.95 ^a	0.04
ชนิดที่ 5	35.78 ^b	64.17 ^c	99.95 ^a	0.04

^{abcd} ค่าเฉลี่ยในสดมภ์ที่ตามด้วยอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

ซึ่งพอจะสรุปได้ว่า การผสมไบโกระถินลงในอาหารที่เป็นแหล่งโปรตีน (กากถั่วเหลือง) สารแทนนินในไบโกระถินซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิด CTs สามารถจับกับโปรตีนทำให้เกิดการตกตะกอน จะได้สารประกอบที่เรียกว่า Tannin-protein complex และไม่ถูกย่อยในสภาพความเป็นกรด-ด่างในกระเพาะรูเมนที่ pH 5-7 โปรตีนส่วนที่เหลือจะจับกับสารแทนนินได้เป็นโปรตีนไหลผ่าน (bypass protein) หรือโปรตีนที่ไม่ถูกย่อยได้ในกระเพาะรูเมน (rumen undegradable protein) ซึ่ง

โปรตีนส่วนนี้จะไหลไปยังกระเพาะแท้และถูกย่อยโดยเอนไซม์ ซึ่งในกระเพาะแท้จะมีสภาพที่เป็นกรด โดย pH จะอยู่ระหว่าง 2.5-3.5 ทำให้พันธะไฮโดรเจน (H-bond) ระหว่างหมู่ phenolic ของสารแทนนินกับหมู่ ketoimide ของโปรตีนคลายตัวลง โปรตีนจึงถูกเอนไซม์ในกระเพาะแท้ย่อย และโปรตีนก็จะถูกดูดซึมในส่วนของลำไส้เล็กของสัตว์

ผลการศึกษาในครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Perez-maldonado, *et al.* (1995) และ McNeil, *et al.* (1998) ที่รายงานว่า การเชื่อมกันระหว่างสารแทนนินกับโปรตีน สามารถถูกย่อยสลายได้ในกระเพาะที่มีสภาพเป็นกรด และไม่มีผลทำให้การสร้างโปรตีนโดยจุลินทรีย์ลดลง ซึ่งประโยชน์เหล่านี้ช่วยให้สัตว์มีการดูดซึมและนำไปประโยชน์ได้เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับรายงานของ Jones and Mangan (1977) ที่รายงานว่า กลไกการเกิด tannin-protein complex นั้นเกิดโดย H-bonding ระหว่างสารแทนนินกับคาร์โบไฮเดรต และโปรตีน โดยเฉพาะ pH ที่เป็นกลาง ซึ่งสารประกอบ tannin-protein complex จะไม่ย่อยสลายและคงสภาพได้ทนทานที่ pH ระหว่าง 3.5-7 แต่จะไม่สามารถคงสภาพได้และจะปลดปล่อยโปรตีนให้หลุดออกมาที่สภาพ pH < 3.0 และ > 8.0



ภาพ 8 การย่อยได้ของโปรตีนในกระเพาะรูเมน (บ่ม 12 ชม.) และที่ย่อยด้วยเอนไซม์ในหลอดทดลอง ของตัวอย่างอาหารทั้ง 5 ชนิด