บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลผลิตและระยะการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองที่เหมาะสมสำหรับทำพืชแห้ง

1.1 ผลผลิตวัตถุแห้ง

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการปลูกถั่วเหลืองฤดูฝน (เดือนกรกฎาคม - เดือนตุลาคม 2540) อายุของต้นถั่วเหลืองทั้งสองสายพันธุ์ เมื่อเริ่มออกดอก (R1) จนถึงระยะเมล็ดสุกแก่ (R8) แทบจะไม่แตกต่างกัน วันที่ตัดในแต่ละระยะจึงใช้วันเดียวกัน ที่ระยะ R1 ต้นถั่วมีอายุ 42 วัน ส่วนที่ระยะ R3, R5, R7 และ R8 จะมีอายุการตัดเท่ากับ 58 , 69 , 88 และ 101 วัน ตามลำดับ

ผลผลิตที่ระยะการตัดต่างๆของต้นถั่วเหลืองทั้งสองสายพันธุ์แสดงในตารางที่ 7 พบว่าผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ยระหว่างสายพันธุ์ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างระยะการตัด ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์กับระยะการตัด ($p>0.05$)

ถั่วเหลืองสายพันธุ์ CM-001 ให้ผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ย 318 กก./ไร่ (น้ำหนักสด 1,147กก./ไร่) ส่วนสายพันธุ์ CM-60 ให้ผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ย 292 กก./ไร่ (น้ำหนักสด 950 กก./ไร่) ระยะการตัดที่ R1, R3, R5, R7 และ R8 มีผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 162, 305, 380, 358 และ319 กก./ไร่ ตามลำดับ ที่ระยะการตัด R1 ผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ยแตกต่างจากระยะ R3, R5, R7 และ R 8 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนระยะการตัดที่ R3, R5, R7 และ R8 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แต่มีแนวโน้มว่า ระยะการตัดที่ R1 ไปถึง R5 ผลผลิตวัตถุแห้งจะเพิ่มขึ้นจากนั้นผลผลิตจะลดลงที่ระยะการตัด R5 ไปถึง R8 แต่อัตราการลดลงจะช้ากว่าการเพิ่มผลผลิตในช่วงระยะการตัด R1- R5

ผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ยของต้นถั่วเหลืองในช่วงระยะการตัด R1 - R5 เพิ่มขึ้นเป็นเพราะช่วงนี้ ต้นถั่วเริ่มออกดอกไปจนถึงเริ่มติดเมล็ดยังมีการเจริญเติบโตทางใบ ขณะเดียวกันฝักเริ่มติดเมล็ดต้นถั่วจึงมีวัตถุแห้งเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ส่วนในช่วงระยะการตัด R5 - R8 เป็นช่วงที่การเจริญเติบโตทางต้นและใบมีน้อย แต่จะเป็นการเพิ่มน้ำหนักเมล็ดอีกทั้งใบเริ่มทยอยแก่และร่วง ที่ระยะการตัด R8 ใบร่วงมาก ผลผลิตวัตถุแห้งจึงลดลงอย่างเห็นได้ชัดจาก 358 กก./ไร่ที่ระยะการตัด R7 ลดลงเหลือ 319 กก./ไร่ ที่ระยะการตัด R8 ในการทดลองนี้พบว่าผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ยมีค่าสูงสุดที่ระยะการตัด R5 (380 กก./ไร่)

ตารางที่ 7 ผลผลิตวัตถุแห้งเฉลี่ย (กก./ไร่) ของต้นถั่วเหลืองสายพันธุ์ CM-001 และ CM-60 ที่การตัดระยะต่างๆ

ระยะตัด	สายพันธุ์		เฉลี่ย
	CM-001	CM-60	
R1	169	155	162[b]
R3	320	291	305[a]
R5	450	310	380[a]
R7	398	319	358[a]
R8	252	386	319[a]
เฉลี่ย	318[a]	292[a]	
SE			
สายพันธุ์	±53.94[NS]		
ระยะการตัด	±24.04*		
สายพันธุ์xระยะการตัด	±53.74[NS]		
CV(%)	30.47		

ค่าเฉลี่ยในแถวนอนและแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

1.2 องค์ประกอบทางเคมี

ผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของต้นถั่วเหลือง 2 สายพันธุ์ ที่ระยะการตัดทั้ง 5 ระยะ แสดงไว้ในตารางที่ 8 พบว่า ร้อยละของวัตถุแห้ง (DM) และลิกนิน (ADL) ของต้นถั่วเหลืองไม่มีปฏิสัมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์และระยะการตัด ร้อยละของ DM ของสายพันธุ์ CM-001 (27.74 %) กับ CM-60 (30.79 %) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ระยะการตัดที่ R1 - R8 วัตถุแห้งจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่ระยะการตัด R8 มีร้อยละของ DM สูงสุด ส่วนร้อยละของ ADL ของสายพันธุ์ CM-00 1 (9.97 %) และ CM-60 (8.88 %) แตกต่างกันทางสถิติ ($p<0.05$) และระยะการตัดที่อายุมากขึ้น ADL จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ตารางที่ 8 องค์ประกอบทางเคมีของต้นถั่วเหลืองแต่ละสายพันธุ์ที่ระยะตัดต่างๆ

สายพันธุ์	ระยะตัด	DM (%)	OM	CP	EE	NDF	ADF	Ash	NFC	ADL
			(%DM basis)							
CM-001	R1	18.17^{d}	89.53^{c}	21.90^{a}	4.03^{b}	46.07^{c}	32.06^{c}	10.47^{a}	17.53^{c}	6.96^{c}
	R3	25.60^{c}	92.76^{b}	11.47^{b}	3.41^{c}	47.62^{c}	29.40^{d}	7.24^{c}	30.27^{a}	8.61^{c}
	R5	28.10^{bc}	92.71^{c}	9.89^{c}	3.29^{c}	57.40^{b}	29.77^{d}	7.29^{c}	22.13^{b}	7.48^{c}
	R7	30.33^{b}	93.50^{a}	10.01^{d}	4.12^{b}	61.01^{a}	33.30^{b}	6.50^{d}	18.35^{c}	11.41^{b}
	R8	36.47^{a}	91.73^{d}	10.14^{c}	5.42^{a}	56.68^{b}	41.17^{a}	8.27^{b}	19.49^{bc}	15.39^{a}
	เฉลี่ย	27.74	92.05	12.68	4.05	53.76	32.84	7.95	21.56	9.97
CM-60	R1	17.51^{d}	89.87^{c}	21.95^{a}	4.24^{b}	45.33^{c}	31.88^{c}	10.13^{a}	18.36^{b}	6.60^{c}
	R3	23.28^{c}	92.23^{c}	15.22^{b}	3.32^{d}	51.21^{b}	30.44^{d}	7.77^{c}	22.48^{a}	6.39^{c}
	R5	32.92^{bc}	92.60^{a}	9.64^{c}	3.33^{d}	55.51^{a}	29.16^{c}	7.40^{c}	24.13^{a}	7.17^{c}
	R7	35.64^{b}	92.46^{b}	11.25^{d}	3.69^{c}	51.84^{b}	33.82^{b}	7.54^{d}	25.69^{a}	10.42^{b}
	R8	44.20^{a}	91.12^{d}	11.61^{c}	6.46^{a}	55.69^{a}	39.38^{a}	8.88^{b}	17.36^{b}	13.84^{a}
	เฉลี่ย	30.79	91.66	13.94	4.21	51.91	32.93	8.34	21.60	8.88
SE										
สายพันธุ์		±1.30^{NS}	±0.02*	±0.04*	±0.09^{NS}	±0.09*	±0.31^{NS}	±0.17*	±0.02^{NS}	±0.10*
ระยะตัด		±1.28*	±0.03*	±0.02*	±0.06*	±0.69*	±0.17*	±0.69*	±0.03*	±0.66*
สายพันธุ์xระยะตัด		±2.86^{NS}	±0.06*	±0.04*	±0.14*	±1.55*	±0.37*	±1.54*	±0.06*	±1.48^{NS}
CV(%)		16.97	0.12	0.49	5.89	5.07	1.96	1.36	12.34	27.14

ค่าเฉลี่ยในแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

สำหรับร้อยละของโปรตีน (CP) และไขมัน (EE) พบว่า มีปฏิสัมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์และระยะการตัด ที่ระยะการตัด R1 ของแต่ละสายพันธุ์มีร้อยละ CP สูงสุด รองลงมาคือระยะการตัด R3, R8 และ R7 ตามลำดับ ส่วนร้อยละของ EE ของต้นถั่วเหลือง ที่ระยะการตัด R8 ของแต่ละสายพันธุ์มี EE สูงสุด รองลงมาคือระยะการตัด R1, R7 และ R8 ตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงของร้อยละ CP และ EE ของแต่ละสายพันธุ์ที่ระยะการตัด R1 - R5 มีแนวโน้มลดลง แต่ระยะการตัดที่ R5 - R8 โภชนะเหล่านี้จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากระยะการตัดที่ R1 - R5 การเจริญเติบโตของต้นถั่วเป็นการเจริญทางใบและลำต้นเท่านั้น เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นร้อยละของ CP และ EE จะลดลงตามลำดับ (สัมพันธุ์, 2526) แต่ระยะการตัดที่ R5 - R8 ร้อยละของโภชนะทั้งสองเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากธรรมชาติของเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งเป็นพืชให้น้ำมันและโปรตีน ดังนั้นเมื่อเมล็ดมีการเจริญเติบโตมากขึ้นย่อมมีการสะสม CP และ EE เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในเมล็ดสุกแก่จะมี EE มาก

โดยเฉลี่ยต้นถั่วเหลืองแห้งทั้งสองสายพันธุ์จากงานทดลองนี้มีส่วนประกอบทางเคมีดังนี้ สายพันธุ์ CM-001 มี DM 27.74 %, OM 92.05 %, CP 12.68 %, EE 4.05 % และ NDF 53.76 % และสายพันธุ์ CM-60 มี DM 30.79 %, OM 91.66 %, CP 13.94 %, EE 4.21 % และ NDF 51.91 % ตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างจากรายงานของ Close and Menke (1986) ที่พบว่า ต้นถั่วเหลืองแห้งมี DM 25.00 %, OM 88.50 %, CP 16.10 % และ EE 6.00 % นอกจากนี้เมื่อเทียบกับต้นถั่วลิสงแห้งจากรายงานของ Neumark (1970; อ้างโดย Göhl, 1981)และอิทธิพล (2528) จะเห็นว่ามีโปรตีนใกล้เคียงกัน แต่ต้นถั่วเหลืองแห้งมีไขมันสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด (CP 12.88 - 14.16 % และ EE 1.9 - 2.5 %) ทั้งนี้เนื่องมาจากต้นถั่วลิสงแห้งหลังเก็บฝักมีใบซึ่งเป็นแหล่งของโปรตีนร่วงหล่นไปเพียงเล็กน้อย ในขณะที่ต้นถั่วเหลืองแห้งมีเมล็ดถั่วซึ่งอุดมด้วยโปรตีนและไขมันมาชดเชยโปรตีนของใบที่ร่วงหล่นไปและทำให้มีไขมันเพิ่มสูงขึ้น

1.3 ค่าการย่อยได้และพลังงาน โดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส

เมื่อนำต้นถั่วเหลืองแห้งที่ระยะการตัดต่างๆไปหาค่าการย่อยได้ในห้องทดลอง(*in vitro*) โดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส เมื่อได้ค่าปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลา 24 ชม. (GP) แล้ว นำค่าดังกล่าวไปคำนวณค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD), พลังงานเมแทบอลิค (ME) และพลังงานสุทธิสำหรับการสร้างน้ำนม (NEL) โดยอาศัยสมการคำนวณของ Menke and Steingass (1988) พบว่า ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่ระยะเวลา 24 ชม.ของต้นถั่วเหลืองแห้งไม่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างระหว่างระยะการตัด ($p<0.05$) โดยไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และระยะการตัด ($p>0.05$) สำหรับค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์, ระยะการตัด และปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และระยะการตัด ดังแสดงใน ตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) พลังงานเมแทบอลิค (ME) และพลังงานสุทธิสำหรับการสร้างน้ำนม (NEL) ของต้นถั่วเหลือง2สายพันธุ์ ที่การตัด 5 ระยะซึ่งคำนวณจากปริมาตรแก๊สที่ 24 ชม.(GP)

สายพันธุ์	ระยะตัด	GP	OMD	ME	NEL
		(ml)	(%)	----------(Mcal/kgDM)----------	
CM-001	R1	37.58	61.20	2.06	1.20
	R3	46.90	63.23	2.23	1.32
	R5	48.14	63.67	2.25	1.34
	R7	48.17	63.31	2.30	1.37
	R8	35.29	53.33	1.97	1.12
	เฉลี่ย	43.22	60.95	2.16	1.27
CM-60	R1	38.55	67.86	2.20	1.29
	R3	44.72	67.48	2.26	1.34
	R5	48.02	66.70	2.29	1.36
	R7	42.40	63.06	2.14	1.26
	R8	35.15	58.00	2.11	1.21
	เฉลี่ย	41.77	64.62	2.20	1.29
SE					
สายพันธุ์		$\pm 1.65^{NS}$	$\pm 5.23^{NS}$	$\pm 0.09^{NS}$	$\pm 0.07^{NS}$
ระยะตัด		±0.50*	±0.54*	±0.02*	±0.01*
สายพันธุ์xระยะตัด		$\pm 1.13^{NS}$	$\pm 1.22^{NS}$	±0.04*	±0.03*
CV(%)		4.59	3.37	3.19	3.80

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่า GP ของต้นถั่วเหลืองสายพันธุ์ CM-001 และ CM-60 มีค่าเท่ากับ 43.22 และ 41.77 มม. ตามลำดับ ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจะเพิ่มขึ้นที่ระยะการตัด R1 - R5 แต่ที่ระยะ R5 - R8 ปริมาตรแก๊สจะลดลง นอกจากนี้ระยะการตัดที่ R3, R5 และ R7 ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ค่า OMD ของต้นถั่วเหลืองสายพันธุ์ CM-001 และ CM-60 มีค่าเท่ากับ 60.95 และ 64.62 % ตามลำดับ ระยะการตัดที่ R8 มีค่า OMD (55.67 %) ต่ำกว่าระยะการตัดอื่นๆอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ส่วนที่ระยะการตัด R1, R3, R5 และ R7 มีค่า OMD คือ 64.53, 65.36, 65.18 และ 63.19 % ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ส่วนค่าพลังงาน ME และ NEL จะเห็นว่า ค่าพลังงานทั้งสองชนิดที่ได้จากการคำนวณไม่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างระหว่างระยะการตัด ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และระยะการตัด ($p<0.05$) จึงพอสรุปได้ว่า ถั่วเหลืองสายพันธุ์ CM-001 ที่ระยะการตัด R7 จะมีค่า ME และ NEL สูงสุด (2.30 และ 1.37 Mcal/kgDM) รองลงมาคือ สายพันธุ์ CM-60 ที่ระยะการตัด R5 (ME เท่ากับ 2.29 และ NEL เท่ากับ 1.36 Mcal/kgDM ตามลำดับ)

เมื่อพิจารณาระยะการตัดที่เหมาะสมของต้นถั่วเหลืองเพื่อทำพืชแห้งทั้งในแง่ของพลังงาน NEL/ไร่และผลผลิตโปรตีน/ไร่ ดังแสดงในตารางที่ 10 ชี้ให้เห็นว่า NEL และ CP ไม่มีความแตกต่างระหว่างสายพันธุ์ ($p>0.05$) แต่มีความแตกต่างระหว่างระยะตัด ($p<0.05$) นอกจากนี้ยังไม่พบว่ามีปฏิสัมพันธ์ระหว่างสายพันธุ์และระยะการตัด ($p>0.05$) ระยะการตัดที่ R3, R5 และ R7 เป็นระยะการตัดที่ให้ผลผลิตพลังงานและโปรตีนใกล้เคียงกัน และสูงกว่าการตัดที่ระยะ R1 และ R8 แต่ในทางปฏิบัติการตัดถั่วเหลืองเพื่อทำพืชแห้งไว้เลี้ยงสัตว์ ระยะการตัดที่ R3 และ R5 มีการสูญเสียของใบในขั้นตอนการตาก จึงทำให้เกิดการสูญเสียโภชนะไปส่วนหนึ่ง ขณะที่ระยะการตัด R7 มีใบน้อยกว่า แต่มีส่วนของฝักสูงซึ่งเป็นแหล่งสะสมโภชนะที่สำคัญ จึงเกิดการสูญเสียโภชนะในขั้นตอนการตากน้อยกว่าระยะการตัดที่ R3 และ R5 นอกจากนี้ในระยะการตัดที่ R3 และ R5 ไม่เหมาะกับการอัดฟ่อนเพื่อการเก็บรักษา ในขณะที่ระยะการตัด R7 สามารถอัดฟ่อนและเก็บรักษาได้ดีกว่า ดังนั้นในการปลูกถั่วเหลืองเพื่อทำพืชแห้งไว้เลี้ยงสัตว์จึงควรพิจารณาระยะตัดที่ R7

ตารางที่ 10 ปริมาณพลังงานสุทธิสำหรับการสร้างน้ำนม (Mcal/ไร่) และโปรตีน (กก./ไร่) ของต้นถั่วเหลือง 2 สายพันธุ์ที่ระยะการตัดต่างๆ

ระยะตัด	สายพันธุ์		เฉลี่ย
	CM-001	CM-60	
	CP(กก./ไร่)		
R1	37.21	34.24	35.72[a]
R3	36.68	44.37	40.52[a]
R5	44.55	29.88	37.21[a]
R7	39.85	36.37	38.10[a]
R8	25.60	44.90	35.25[a]
เฉลี่ย	36.78[a]	37.95[a]	
	NEL(Mcal/ไร่)		
R1	203.37	200.26	201.82[b]
R3	428.56	390.64	409.60[a]
R5	602.01	419.75	510.88[a]
R7	545.11	408.15	476.63[a]
R8	283.08	468.02	375.55[a]
เฉลี่ย	412.43[a]	377.37[a]	
SE	CP	NEL	
สายพันธุ์	±5.50[NS]	±81.42[NS]	
ระยะตัด	±2.79[NS]	±31.49*	
สายพันธุ์xระยะตัด	±6.24[NS]	±70.42[NS]	
CV(%)	28.92	3.80	

ค่าเฉลี่ยในแถวนอนและแถวตั้งเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

การทดลองที่ 2 ปริมาณการกิน การย่อยได้ และค่าพลังงานของต้นถั่วเหลืองแห้ง และเปลือกฝักถั่วเหลืองในโคและแกะ

2. 1 ต้นถั่วเหลืองแห้ง

2.1.1 องค์ประกอบทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของต้นถั่วเหลืองแห้ง เปลือกฝักถั่วเหลืองและอาหารข้นที่ใช้ในการทดลอง แสดงไว้ในตารางที่ 11 ต้นถั่วเหลืองแห้งที่ใช้ในงานทดลองนี้ปลูกในแปลงเกษตรกร เป็นสายพันธุ์ CM-60 เก็บเกี่ยวที่ระยะฝักมีเมล็ดเริ่มสุกแก่ ใบล่างเหลือง (R7) จากการศึกษาครั้งก่อนพบว่า สายพันธุ์นี้ให้ผลผลิตวัตถุแห้ง 319.15 กก/ไร่ แต่เมื่อนำมาตากแดดโดยมีการพลิกกลับกองเพื่อให้แห้งเร็วขึ้น พบว่ามีใบร่วงหล่นประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ใบที่ร่วงหล่นนี้ได้เก็บรวบรวมมาใช้ร่วมกับส่วนอื่นเพื่อใช้ศึกษาครั้งนี้ จากการสุ่มแยกสัดส่วนพบว่าส่วนของใบ ลำต้น และฝัก คิดเป็นอัตราส่วนเท่ากับ 44 : 32 : 24 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 องค์ประกอบทางเคมี (% ของวัตถุแห้ง) ของต้นถั่วเหลืองแห้ง เปลือกฝักถั่วเหลือง และอาหารข้น

องค์ประกอบทางเคมี (%)	ชนิดอาหาร		
	ต้นถั่วเหลืองแห้ง	เปลือกฝักถั่วเหลือง	อาหารข้น
DM	90.54	89.19	88.47
OM	92.56	92.60	94.69
CP	17.47	4.74	32.61
EE	8.43	2.86	4.35
Ash	7.44	7.40	5.31
NDF	50.58	63.93	20.80
ADF	32.48	46.89	6.67
ADL	7.18	10.50	-
Cellulose	25.30	36.39	-
Hemi-cellulose	18.10	17.04	-
AIA	0.57	1.36	-
NFC	16.08	21.07	36.93

ต้นถั่วเหลืองแห้งในการทดลองนี้มี CP และ EE สูงกว่าการทดลองที่ 1 ซึ่งปลูกเพื่อศึกษาผลผลิตวัตถุแห้ง คือมี CP 17.47 vs. 11.25 % และ EE 8.43 vs. 4.21 % ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีปัจจัยหลายประการที่ทำให้ต้นถั่วเหลืองที่ระยะการเจริญเติบโตเดียวกันมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกัน เช่น ความหนาแน่น (Munoz, 1983) และการจัดการ (Hintz, 1982) เป็นต้น

2.1.2 ปริมาณการกิน การย่อยได้ และค่าพลังงาน

เนื่องจากต้นถั่วเหลืองแห้งเป็นอาหารหยาบและมีโปรตีนสูง (CP 17 %) จึงสามารถใช้เป็นอาหารเดี่ยวในการทดลองนี้ ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 12 พบว่า โคและแกะกินต้นถั่วเหลืองแห้งเทียบเป็นก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$ได้ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) เท่ากับ 49.15 และ 47.76 ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$ ตามลำดับ แต่เมื่อคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวแกะจะกินได้มากกว่าโคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) คือ กินได้ร้อยละ 1.95 เทียบกับ 1.06 ของน้ำหนักตัว

ตารางที่ 12 ปริมาณการกินต้นถั่วเหลืองแห้งของโคและแกะ

วัตถุแห้งที่กินได้	โค	แกะ
ก./วัน ± SD	4,906.10±1,012.80	704.40±142.10
ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$ ± SD	49.15^{a}±10.23	47.76^{a}±8.15
%น.น.ตัว ± SD	1.06^{b}±0.22	1.95^{a}±0.32

ค่าเฉลี่ยในแถวนอนเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าการย่อยได้ของโภชนะของต้นถั่วเหลืองแห้งรวมทั้งค่าพลังงานในรูป TDN และ DE แสดงไว้ในตารางที่ 13 พบว่าโคและแกะสามารถย่อยวัตถุแห้งของต้นถั่วเหลืองแห้งได้เฉลี่ย 63.86 % และมีค่าพลังงานเฉลี่ยในรูป TDN เท่ากับ 67.19 % และ DE เท่ากับ 2.71 Mcal/kgDM เมื่อเปรียบเทียบการย่อยได้ระหว่างโคและแกะ โคจะมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง และ TDN สูงกว่าแกะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้ง 65.60 vs. 62.11 % และค่า TDN 69.30 vs. 65.07 % ตามลำดับ ส่วนค่า DE ในโคและแกะไม่แตกต่างกันในทางสถิติ ($p>0.05$) คือ มีค่าเท่ากับ 2.72 vs. 2.70 Mcal/kgDM

สำหรับค่าเฉลี่ยการย่อยได้ NFC มีค่าสูง (106.06 %) อาจจะเป็นเพราะในมูลสัตว์ทดลองมีค่า EE ระหว่าง 10-14 % ซึ่งมีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ NDF ทำให้ได้ค่า NDF (58-70 %) จากมูลสัตว์สูงไปด้วย ค่า NFC เป็นค่าที่คำนวณจากการหักค่า CP, EE และ NDF ออกจากค่า OM เมื่อ NDF มีค่าสูง จะทำให้ค่า NFC มีโอกาสเป็นลบ แสดงว่าปริมาณ NFC ที่สัตว์ย่อยได้มีค่ามากกว่าปริมาณที่สัตว์กินได้

ดังนั้นควรลดผลกระทบของ EE ต่อการวิเคราะห์ NDF โดยใช้ปิโตรอีเธอร์ (petrol ether) ละลาย EE ออกจากตัวอย่างก่อนทำการการวิเคราะห์ค่า NDF ตามที่ Close and Menke (1986) เสนอไว้

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของต้นถั่วเหลืองในโคและแกะ

การย่อยได้ (%)	โค	แกะ	เฉลี่ย	การย่อยได้ (%)	โค	แกะ	เฉลี่ย
DM	65.60^{a}±1.23	62.11^{b}±1.80	63.86	ADF	43.91^{a}±4.20	38.87^{a}±4.49	41.39
OM	68.81^{a}±1.30	65.12^{b}±1.98	66.97	NFC	108.94^{a}±11.17	103.18^{a}±5.26	106.06
CP	76.77^{a}±1.09	78.60^{a}±1.31	77.69	TDN	69.30^{a}±1.53	65.07^{b}±2.16	67.19
EE	50.69^{a}±7.72	45.21^{a}±5.71	47.95	DE (Mcal/kgDM)	2.72^{a}±0.11	2.70^{a}±0.11	2.71
NDF	55.71^{a}±4.15	51.50^{b}±1.68	53.61				

ค่าเฉลี่ยในแถวนอนเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

เมื่อนำค่า DE, ME, NEL ที่คำนวณจากค่า TDN และ DE จากการศึกษานี้โดยใช้สมการ NRC (1988) มาเปรียบเทียบกันทั้งจากการศึกษาในโคและแกะ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ยพลังงานต่าง ๆ ของต้นถั่วเหลืองแห้งในโคและแกะซึ่งคำนวณจากค่า TDN และ DE ในการศึกษาการย่อยได้จากสัตว์ทดลองโดยตรง

พลังงาน	โค			แกะ			เฉลี่ยทั้งหมด
	คำนวณจาก		เฉลี่ย	คำนวณจาก		เฉลี่ย	
	TDN	DE		TDN	DE		
TDN (%)	69.30		69.30	65.07		65.07	67.19
DE (Mcal/kgDM)	3.06	2.72	2.89	2.87	2.70	2.79	2.84
ME (Mcal/kgDM)	2.69	2.30	2.50	2.50	2.28	2.39	2.45
NEL (Mcal/kgDM)	1.58	1.39	1.49	1.47	1.38	1.43	1.46

ค่า DE ที่คำนวณจากค่า TDN ในโคมีค่าเท่ากับ 3.06 Mcal/kgDM สูงกว่า ค่า DE ที่ได้จากการทดลองโดยตรง (2.72 Mcal/kgDM) ส่วน ME และ NEL ที่คำนวณจาก TDN มีค่าสูงกว่าที่คำนวณจากค่า DE (ME 2.69 vs. 2.30 Mcal/kgDM; NEL 1.58 vs. 1.39 Mcal/kgDM) ในแกะผลปรากฏในลักษณะเดียวกัน เมื่อพิจารณาค่าพลังงานเฉลี่ยที่ได้จากการศึกษาในโคและแกะ พบว่า ค่าพลังงานต่าง ๆ มีความแตกต่างกันไม่มาก ค่าเฉลี่ย DE, ME และ NEL ของต้นถั่วเหลืองแห้งมีค่าเท่ากับ 2.84, 2.45 และ 1.46 Mcal/kgDM ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาการกินวัตถุแห้งของต้นถั่วเหลืองในการศึกษานี้เปรียบเทียบกับพืชตระกูลถั่วอื่นๆซึ่งใช้แกะเป็นสัตว์ทดลองที่มีผู้รายงานไว้ ดังสรุปไว้ในตารางที่ 15 จะเห็นได้ว่า การกินได้ของต้นถั่วเหลืองแห้งต่ำกว่าพืชตระกูลถั่วแห้งชนิดอื่นมาก เป็นที่น่าสังเกตว่าต้นถั่วลิสงซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการปลูกถั่วลิสงหลังเก็บเมล็ดตามรายงานของอิทธิพล (2528) แกะกินได้สูงมากถึง 71.90 ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$ ขณะที่แกะทดลองในการศึกษานี้กินต้นถั่วเหลืองแห้งได้เพียง 47.76 ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$ การที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากต้นถั่วเหลืองแห้งได้ถูกเก็บเกี่ยวในระยะที่ต้นถั่วมีอายุมากทำให้ลำต้นแข็งไม่น่ากินและยากต่อการบดเคี้ยวให้ละเอียด สัตว์ต้องใช้เวลาในการเคี้ยวเอื้องนาน ทำให้อัตราการไหลผ่านกระเพาะรูเมนช้าสัตว์จึงกินได้น้อย อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) และค่า TDN ของต้นถั่วเหลืองแห้งและถั่วต่างๆที่แสดงในตารางที่ 15 พบว่าต้นถั่วเหลืองมีค่าดังกล่าวสูงกว่า ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากต้นถั่วเหลืองมีส่วนของเมล็ดซึ่งมีคุณค่าทางอาหารโดยเฉพาะอย่างยิ่งไขมันและโปรตีนสูง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) และพลังงานเมแทบอลิค (ME) ของต้นถั่วเหลืองแห้งในรายงานนี้สูงกว่าที่ Close and Menke (1986) ได้รายงานไว้ (66.97 vs. 64.00 % และ 2.45 vs. 2.08 Mcal/kgDM)

ตารางที่ 15 การเปรียบเทียบการกินได้ (VFI) การย่อยได้ (DMD) และโภชนะย่อยได้ทั้งหมด (TDN) ของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วในรูปแห้ง รวม 5 ชนิด

พืชตระกูลถั่ว	VFI (ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$)		DMD (%)		TDN (%)		เอกสารอ้างอิง
	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	เฉลี่ย	พิสัย	
ต้นถั่วเหลือง	47.76	55.91-39.61	62.11	63.91-60.31	65.07	62.91-67.23	ผลการทดลองครั้งนี้
ต้นถั่วลิสง	71.9	-	59.58	55.38-63.31	59.30	53.58-61.98	อิทธิพล (2528)
ถั่วแลปแลป	62.7	53.8-73.6	55.50	50.90-59.20	-	-	Milford and Minson, 1968*
ถั่วซิราโตร	59.5	-	51.60	40.30-56.8	-	-	Minson and Milford, 1968*
ถั่วแกรมสไตโล	60.7	-	58.70	-	-	-	Playne, 1969*

หมายเหตุ * อ้างโดย Minson (1988)

เมื่อนำต้นถั่วเหลืองแห้งที่ระยะตัด R7 มาเลี้ยงสัตว์ทดลอง แล้วคำนวณค่า TDN และ CP ที่โคได้รับเทียบกับความต้องการโภชนะในระดับดำรงชีพตาม NRC (1988) พบว่าโคที่กินต้นถั่วเหลืองแห้งได้รับ TDN ใกล้เคียงกับความต้องการ (3.19 vs. 3.35 กก./วัน ตามลำดับ) แต่ได้รับ CP สูงถึง 857 ก./วัน ซึ่งสูงกว่าความต้องการในการดำรงชีพที่มีเพียง 338 ก./วัน เท่านั้น โปรตีนส่วนเกิน 519 ก./วัน นี้สามารถใช้ในการสร้างน้ำนมที่มีไขมัน 4 % ได้ประมาณ 6 กก. สำหรับแกะได้รับ TDN จากต้นถั่วเหลืองแห้งในปริมาณต่ำกว่าความต้องการในการดำรงชีพที่ Kearl (1982) รายงาน (720 vs. 458 ก./วัน) แต่ได้รับ CP สูงกว่าความต้องการในระดับดำรงชีพ (123 vs. 113 ก./วัน) ซึ่งค่าดังกล่าวนี้สอดคล้องกับสมดุลของไนโตรเจน (N-balance) ที่พบว่าเป็นบวกทั้งในโคและแกะคือ 89.99 และ 18.05 ก./วัน ตามลำดับ แสดงว่าต้นถั่วเหลืองระยะการตัดที่ R7 สามารถใช้เป็นอาหารเสริมโปรตีนสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ดี โดยใช้เสริมร่วมกับอาหารพลังงานแหล่งอื่น

2.2 เปลือกฝักถั่วเหลือง

2.2.1 องค์ประกอบทางเคมี

เปลือกฝักถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองนี้ได้มาจากการรวบรวมจากแปลงเกษตรกรที่ทำการสีด้วยเครื่องจักร เมื่อนำมาแยกส่วนของฝักและลำต้น พบว่ามีสัดส่วนเท่ากับ 87 ต่อ 13 % ตามลำดับ องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกฝักถั่วเหลือง (ตารางที่ 11) คิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้งดังนี้คือ OM 92.60 %, CP 4.74 %, EE 2.86 %, NDF 63.93 %, ADF 46.89 %และ ADL10.50 % ค่าเหล่านี้แตกต่างจากรายงานของบุญล้อมและเจริญ (2529) ซึ่งรายงานว่าเปลือกฝักถั่วเหลืองมี CP, NDF, ADF และ ADL เท่ากับ 6.58, 58.02, 43.86 และ 7.93 % ตามลำดับ ความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากสัดส่วนของเปลือกฝักกับลำต้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีส่วนของลำต้นปนมาถึง 13 %

2.2.2 ปริมาณการกิน การย่อยได้ และค่าพลังงาน

ปริมาณการกิน การย่อย และค่าพลังงานของเปลือกฝักถั่วเหลืองในการศึกษาครั้งนี้ประเมินจากสมการ regression ซึ่งได้จากการทดลองให้โคและแกะได้รับเปลือกฝักถั่วเหลืองและอาหารข้น 3 อัตราส่วน คือ 80 : 20, 65 : 35 และ 50 : 50 ส่วนประกอบทางเคมีของเปลือกฝักถั่วเหลืองและอาหารข้น แสดงในตารางที่ 11 สัดส่วนของเปลือกฝักถั่วเหลืองที่สัตว์กินได้จริงและปริมาณวัตถุแห้งของอาหารแต่ละสูตรที่สัตว์กินได้ แสดงในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 สัดส่วนของเปลือกฝักถั่วเหลืองในอาหารที่สัตว์กินได้จริง และปริมาณวัตถุแห้งของสูตรอาหารที่สัตว์กินได้

	โค				แกะ			
SBP : Conc ที่ให้	80.00: 20.00	65.00:35.00	50.00:50.00	r	80.00:20.00	65.00:35.00	50.00:50.00	r
SBP : Conc ที่กินได้	75.00:25.00	62.10:37.90	45.67:54.33		75.30:24.70	59.80:40.20	41.00:59.00	
% น.น.ตัว	1.13	1.40	1.47	-0.9223	2.95	2.94	2.88	0.9442
ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$	51.73	64.32	67.21	-0.9145	68.38	68.64	67.43	0.7816

การเพิ่มสัดส่วนเปลือกฝักถั่วเหลืองในอาหารทดลองทำให้โคกินวัตถุแห้งได้น้อยลง คือ จากที่กินอาหารได้ 1.47 เหลือ 1.13 % ของน้ำหนักตัว แต่แกะกลับมีแนวโน้มตรงกันข้าม คือ มีแนวโน้มว่าการเพิ่มสัดส่วนเปลือกฝักถั่วเหลืองในอาหาร แกะจะกินอาหารได้เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 2.88 เป็น 2.95 % ของน้ำหนักตัว

จากตารางที่ 16 เมื่อนำค่าเฉลี่ยสัดส่วนเปลือกฝักถั่วเหลืองและปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้จริงมาสร้างสมการทำนายปริมาณการกินวัตถุแห้ง (%ของน้ำหนักตัว) จะได้สมการดังนี้

ในโค $y = 2.02 - 0.01x$ $R^2 = 0.8507$

ในแกะ $y = 2.80 + 0.002x$ $R^2 = 0.8915$

y = ปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กินได้(% ของน้ำหนักตัว)

x = % เปลือกฝักถั่วเหลืองในอาหารที่สัตว์กิน

จะเห็นได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (R^2) ของสมการดังกล่าวมีค่าค่อนข้างสูงคือใกล้เคียง 1.0 แสดงว่าค่า x และ y มีสหสัมพันธ์กันค่อนข้างมาก และสมการมีความแม่นยำดี จากสมการข้างต้นนี้สามารถทำนายปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองที่สัตว์กินได้ โดยแทนค่า x ด้วย 100 ได้ผลคือ ปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองที่โคกินได้คิดเป็นวัตถุแห้ง 1.02 % ของน้ำหนักตัว ส่วนแกะจะกินได้ 3.01 % ของน้ำหนักตัว (ตารางที่ 17) แสดงว่าแกะชอบกินเปลือกฝักถั่วเหลืองมาก

ปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองที่แกะทดลองกินได้ (69.39 ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$, ตารางที่ 17) สูงกว่ารายงานของ Gupta and Johnson (1978) ที่พบว่า แกะตอนกินฟางถั่วเหลืองได้ 19.9 ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากฟางถั่วเหลืองนั้นมีสัดส่วนของเปลือกฝักต่ำกว่าการศึกษาครั้งนี้ (50 vs. 87 %) แสดงว่าการเพิ่มสัดส่วนของเปลือกฝักถั่วเหลืองมีผลทำให้การกินได้เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับรายงานของบุญล้อมและเจริญ (2529) ที่พบว่า แกะกินเปลือกฝักถั่วเหลืองคิดเป็นวัตถุแห้งได้ 91 ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$ หรือ 3.8 % ของน้ำหนักตัว

ตารางที่ 17 ปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) ของเปลือกฝักถั่วเหลืองในโคและแกะที่คำนวณจากสมการทำนายโดยวิธี regression

การกินได้	โค				แกะ			
	R^2	สมการ	DMI	SD	R^2	สมการ	DMI	SD
%น.น.ตัว	0.8507	y=2.02 - 0.01x	1.02	±0.18	0.8915	y=2.80 + 0.002x	3.01	±0.04
ก./กก.น.น.ตัว$^{0.75}$	0.8363	y=92.28 - 0.51x	41.28	±8.23	0.6108	y=66.45 + 0.03x	69.35	±0.64

y = ปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้ (ก.), x = ปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองในสูตรอาหาร (%)

ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานในอาหารทดลองทั้ง 3 อัตราส่วนแสดงในตารางที่ 18 พบว่า เมื่อลดสัดส่วนของเปลือกฝักถั่วเหลืองในอาหารทดลองลง โดยเพิ่มสัดส่วนของอาหารข้นขึ้น การย่อยได้ของโภชนะต่างๆรวมทั้งค่าพลังงานของอาหารทดลองจะเพิ่มขึ้นทั้งในโคและแกะ

ตารางที่ 18 ค่าสหสัมพันธ์ (r) การย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของอาหารที่ประกอบด้วยเปลือกฝักถั่วเหลือง (SBP) ระดับต่างๆ ในโคและแกะ

สัดส่วน	โค				แกะ			
SBP:Conc	80:20	65:35	50:50	r	80:20	65:35	50:50	r
การย่อยได้ของโภชนะ (%)								
DM	64.03	67.50	71.01	-0.9948	55.70	61.51	67.53	-0.9999
OM	66.26	69.51	74.58	-0.9885	57.30	63.37	69.34	-0.9999
CP	69.87	76.92	79.74	-0.9980	65.47	73.45	79.72	-0.9962
EE	42.47	53.84	59.88	-0.9932	25.69	33.31	39.68	-0.9998
NDF	49.06	52.81	53.58	-0.9186	40.98	44.09	47.37	-0.9999
ADF	48.81	51.45	49.55	-0.2161	42.35	42.38	42.83	-0.9536
NFC	96.45	96.86	102.87	-0.8574	92.59	95.36	96.81	-0.9913
พลังงาน								
TDN (%)	53.43	53.66	57.49	-0.8366	54.79	61.88	68.15	-0.9991
DE(Mcal/kgDM)	2.69	2.90	3.37	-0.9694	2.29	2.60	2.92	-0.9999

ตารางที่ 19 สมการทำนายค่าการย่อยได้และค่าพลังงานของเปลือกฝักถั่วเหลือง (SBP) ที่คำนวณจากสัดส่วนของโภชนะนั้นในเปลือกฝักถั่วเหลืองและการย่อยได้ของอาหารทั้งสูตร

โภชนะ		โค			แกะ		
DM	% DM จาก SBP	78.93	63.43	52.45	79.13	64.18	48.80
	% การย่อยได้	64.03	67.50	71.01	55.70	61.51	67.53
	สมการ	$y = 84.46-0.26x$ (R^2=0.9897)			$y = 86.56 - 0.39x$ (R^2=0.9999)		
OM	% OM จาก SBP	78.54	62.89	48.61	78.73	63.63	48.21
	% การย่อยได้	66.26	69.51	74.58	57.30	63.37	69.34
	สมการ	$y = 87.66 - 0.28x$ (R^2=0.9771)			$y = 88.40-0.40x$ (R^2=0.9999)		
CP	% CP จาก SBP	35.14	20.07	12.18	35.60	20.72	12.21
	% การย่อยได้	69.87	76.92	79.74	65.47	73.45	79.72
	สมการ	$y = 85.28-0.44x$ (R^2=0.9959)			$y = 86.61-0.60x$ (R^2=0.9925)		
EE	% EE จาก SBP	71.30	53.32	38.64	71.88	54.58	39.08
	% การย่อยได้	42.47	53.84	59.88	25.69	33.31	39.68
	สมการ	$y = 81.27- 0.54x$ (R^2=0.9865)			$y = 56.44 - 0.43x$ (R^2=0.9996)		
NDF	% NDF จาก SBP	92.17	84.07	74.68	91.93	83.39	74.14
	% การย่อยได้	94.06	52.81	53.58	40.98	44.09	47.37
	สมการ	$y = 73.04-0.25x$ (R^2= 0.8438)			$y = 74.01 - 0.36x$ (R^2=0.9999)		
ADF	% ADF จาก SBP	96.41	92.33	87.35	96.27	92.47	85.67
	% การย่อยได้	48.81	51.45	49.55	42.35	42.38	42.83
	สมการ	$y = 55.91-0.06x$ (R^2=0.0467)			$y = 46.89 - 0.05x$ (R^2=0.9094)		
NFC	% NFC จาก SBP	68.77	50.38	36.18	69.57	51.65	36.41
	% การย่อยได้	96.45	96.86	102.87	92.59	95.36	96.81
	สมการ	$y =109.49-0.19x$ (R^2=0.7351)			$y = 101.65-0.13x$ (R^2=0.9827)		
TDN	% DMจาก SBP	79.41	63.43	52.45	79.13	64.18	48.80
	% TDN	53.43	53.66	57.49	54.79	61.88	68.15
	สมการ	$y = 64.02 - 0.14x$ (R^2=0.6998)			$y = 89.80 - 0.44x$ (R^2=0.9981)		
DE	% DEจาก SBP	77.64	61.65	47.28	77.76	62.33	46.79
	DE(Mcal/kgDM)	2.69	2.90	3.37	2.29	2.60	2.92
	สมการ	$y = 4.37 - 0.02x$ (R^2=-0.9397)			$y = 3.87 - 0.02x$ (R^2=0.9999)		

เมื่อนำผลการศึกษาการย่อยได้ของอาหารทดลองมาสร้างสมการทำนายค่าการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานของเปลือกฝักถั่วเหลืองได้ผลดังแสดงในตารางที่ 19 เปลือกฝักถั่วเหลืองมีสมการทำนายค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งและ TDN ดังนี้

	โค	แกะ
การย่อยได้ของวัตถุแห้ง	$y = 84.46 - 0.26x$ (R^2=0.9897)	$y = 86.56 - 0.39x$ (R^2=0.9999)
TDN	$y = 64.02 - 0.14x$ (R^2=0.6998)	$y = 89.80 - 0.44x$ (R^2=0.9981)

เมื่อ y = ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งหรือค่า TDN

x = % เปลือกฝักถั่วเหลืองในอาหารทดลองที่สัตว์กินได้

เมื่อแทนค่า x ด้วย 100 พบว่า ค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งในโคและแกะ เท่ากับ 58.64 % และ 47.56 % ตามลำดับ ในทำนองเดียวกันจะมีค่า TDN เท่ากับ 49.95 % และ45.80 % ตามลำดับ ผลการศึกษาสรุปไว้ในตารางที่ 20 พบว่าค่าการย่อยได้ของ DM, OM, NDF และค่าพลังงาน TDN และ DE ของเปลือกฝักถั่วเหลืองในโคสูงกว่าแกะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

ค่าการย่อยได้ของ DM ของเปลือกฝักถั่วเหลืองในโคมีค่าสูงกว่าของฟางข้าวจากรายงานของเสาวลักษณ์ (2542) คือ 58.46 vs. 50.30 % ส่วนในแกะพบว่าค่าการย่อยได้ของโภชนะและค่าพลังงานในงานทดลองนี้ต่ำกว่าฟางข้าวของเสาวลักษณ์ (2542) คือ DM 47.56 vs. 50.04 %, OM 48.40 vs. 57.77 % และ TDN 45.80 vs. 48.66 % ตามลำดับ เมื่อเทียบกับค่าการย่อยได้ของโภชนะต่างๆและค่าพลังงานของต้นถั่วเหลืองแห้งที่เฉลี่ยจากโคและแกะพบว่า เปลือกฝักถั่วเหลืองมีค่าการย่อยได้ของโภชนะส่วนใหญ่ต่ำกว่าต้นถั่วเหลืองแห้ง (ตารางที่ 13) ทั้งนี้เนื่องมาจากต้นถั่วเหลืองมีโภชนะที่ย่อยได้ง่ายสูงกว่าดังได้กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 20 ค่าเฉลี่ยการย่อยได้ของโภชนะและพลังงานของเปลือกฝักถั่วเหลืองในโคและแกะ คำนวณจากสมการทำนายการย่อยได้ของโภชนะโดยวิธีregression

การย่อยได้ (%)	โค	แกะ	เฉลี่ย	การย่อย ได้ (%)	โค	แกะ	เฉลี่ย
DM	58.46[a]	47.56[b]	53.01	ADF	49.91[a]	41.89[b]	45.76
OM	59.66[a]	48.40[b]	54.03	NFC	90.49[a]	88.65[a]	89.57
CP	41.28[a]	26.61[a]	33.95	TDN	49.95[a]	45.80[b]	47.88
EE	27.27[a]	13.44[a]	20.36	DE	2.37[a]	1.87[b]	2.12
NDF	47.66[a]	38.01[b]	42.84	(Mcal/kgDM)			

ค่าเฉลี่ยในแถวนอนเดียวกันที่มีอักษรกำกับต่างกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p< 0.05$)

ตารางที่ 21 ค่าพลังงาน DE ME และ NEL ของเปลือกฝักถั่วเหลืองที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่า TDN และ DE พบว่า มีค่าใกล้เคียงกันทั้งในโคและแกะ แต่ค่าเฉลี่ยพลังงานที่ได้จากการศึกษาในโคมีค่าสูงกว่าในแกะ (ME 1.86 vs. 1.54 Mcal/kgDM และ NEL 1.15 vs. 0.96 Mcal/kgDM ตามลำดับ) ทั้งนี้เนื่องจากการย่อยได้ในโคสูงกว่าแกะดังได้กล่าวมาแล้ว

ตารางที่21 ค่าเฉลี่ยพลังงานต่างๆของเปลือกฝักถั่วเหลือง (SBP) ในโคและแกะซึ่งคำนวณจากค่า TDN และ DE

พลังงาน	โค			แกะ			เฉลี่ยทั้งหมด
	การคำนวณ		เฉลี่ย	การคำนวณ		เฉลี่ย	
	TDN	DE		TDN	DE		
TDN (%)	49.95		49.95	45.80		45.80	47.88
DE (Mcal/kgDM)	2.20	2.37	2.29	2.02	1.87	1.95	2.12
ME (Mcal/kgDM)	1.77	1.94	1.86	1.63	1.44	1.54	1.70
NEL (Mcal/kgDM)	1.10	1.20	1.15	1.00	0.92	0.96	1.06

การทดลองที่ 3 ประเมินคุณค่าทางอาหารของต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองโดย nylon bag method และ gas production technique

3.1 ประเมินคุณค่าทางอาหารของต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองโดย nylon bag method

นำต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองใส่ถุงไนลอนแช่ในกระเพาะรูเมนของโคที่เจาะกระเพาะเอาไว้ โดยใช้ระยะเวลาแช่นาน 4, 8, 12, 24, 48, 72 และ 96 ชม. เมื่อครบกำหนดแล้วนำถุงตัวอย่างอาหารขึ้นมาล้าง อบ ชั่งและคำนวณหาการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่ระยะเวลาต่างๆ ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 22

ตารางที่ 22 ร้อยละของวัตถุแห้งที่หายไปจากถุงไนลอนของต้นถั่วเหลืองแห้ง (SBH) และเปลือกฝักถั่วเหลือง (SBP) ที่จำนวนชั่วโมงการแช่ต่างกัน

อาหาร	ระยะเวลาการแช่(ชม.)						
	4	8	12	24	48	72	96
ต้นถั่วเหลืองแห้ง	35.99	52.32	65.60	70.13	72.40	73.09	74.16
เปลือกฝักถั่วเหลือง	17.96	28.72	40.67	54.01	58.39	59.72	60.93

พบว่าต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองมีลักษณะการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนคล้ายคลึงกัน คือ เกิดการย่อยสลายได้เร็วในช่วง 12 ชม.แรก ช่วงเวลา 12 –24 ชม.ต่อมาเริ่มย่อยสลายช้าลง หลังจากนั้นตั้งแต่ชม.ที่ 24 ไปจนถึง 96 จะย่อยสลายช้ามากจนเกือบคงที่ ต้นถั่วเหลืองแห้งจะย่อยสลายได้ดีกว่าเปลือกฝักถั่วเหลืองทุกช่วงเวลา เพราะต้นถั่วเหลืองมีโภชนะที่ย่อยได้ง่ายสูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลือง เช่น CP (17.47 vs. 4.74 %) และ EE (8.43 vs. 2.86 %) นอกจากนี้ยังมีโภชนะที่ย่อยได้ยาก คือ NDF, ADF และ ADL ต่ำกว่า (NDF 50.58 vs. 63.93, ADF 32.48 vs. 46.89 และ ADL 7.18 vs. 10.50 % ตามลำดับ) เมื่อนำค่าการย่อยสลายของอาหารทดลองที่แช่เป็นระยะเวลานานต่างๆกันรวมทั้งค่า A ที่เท่ากับ washing loss หรือส่วนที่ละลายได้ง่ายไปเข้าโปรแกรมสำเร็จรูป NEWAY เพื่อคำนวณค่า a, b และ c จากสมการ exponential ; $P = a+b(1-e^{-ct})$ เมื่อ P = ค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้งที่เวลา t (%) , a = ค่าที่เส้นกราฟตัดแกน y และ b = (A+B) – a, c = อัตราการย่อยสลาย (degradation rate, %/ชม.) ในโปรแกรมสำเร็จรูปนี้จะสามารถคำนวณค่าอื่นได้ด้วย คือ B = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถถูกหมักย่อยได้ (%), A + B = ค่าการย่อยสลายสูงสุด (%) และ L =ระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายอาหาร (lag time) ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 ลักษณะการย่อยสลายของต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองที่ได้จากการศึกษาโดยวิธีถุงไนลอน และค่าคำนวณ โดยสมการ exponential ; $P = a+b\ (1-e^{-ct})$

อาหาร	A	B	A+B	a	b	c	L
	---------- (%) ----------			------- (%) ------		(%/ชม.)	(ชม.)
ต้นถั่วเหลืองแห้ง	29.1	43.9	73.0	-0.6	73.6	0.170	3.0
เปลือกฝักถั่วเหลือง	15.6	44.6	60.2	-1.9	62.0	0.092	3.6

ผลการศึกษาพบว่า ต้นถั่วเหลืองแห้งมีค่าการละลายได้ (A) เท่ากับ 29.1% สูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลือง (15.6%) แต่โภชนะที่ไม่ละลายแต่ย่อยสลายได้ (B) ของอาหารสองชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน เท่ากับ 43.9 และ 44.6 % ตามลำดับ จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าโภชนะส่วนที่ละลายได้ เช่น CP ต้นถั่วเหลืองแห้งมีค่าสูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลือง (17.47 vs. 4.74 %) ส่วนค่า NFC ในอาหารทั้งสองชนิดมีค่าแตกต่างกันไม่มากนัก (16.08 vs. 21.07 %) ดังนั้นความแตกต่างของค่า A ในอาหารทั้งสองชนิดน่าจะเกิดจากปริมาณโปรตีนที่สามารถละลายได้ สำหรับค่าการย่อยสลายสูงสุด (A+B) ของต้นถั่วเหลืองแห้งมีค่าสูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลือง (73.0 vs. 60.2 %) นอกจากนี้ยังพบว่าค่าอัตราการย่อยสลาย (c) ของต้นถั่วเหลืองแห้งสูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลืองประมาณ 2 เท่า(0.17 vs. 0.092 %/ชม.) ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นเพราะต้นถั่วเหลืองแห้งมีโภชนะที่ย่อยได้ง่ายสูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลืองดังได้กล่าว

มาแล้ว เมื่อเทียบกับฟางข้าวซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือที่ใช้กันอย่างแพร่หลายจากรายงานของเสาวลักษณ์ (2542) ต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองจะมีอัตราการย่อยสลายดีกว่าฟางข้าว (0.17 และ 0.092 %/ชม. vs. 0.031 %/ชม. ตามลำดับ)

ตารางที่ 24 ร้อยละของวัตถุแห้งที่ถูกย่อยสลายของต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองที่อัตราการไหลผ่านระดับต่างๆ (ส่วน/ชม.)

อาหาร	อัตราการไหลผ่าน(ส่วน/ชม.)		
	0.02	0.05	0.08
ต้นถั่วเหลืองแห้ง	66.3	58.4	52.7
เปลือกฝักถั่วเหลือง	49.6	39.7	33.4

ความสามารถในการย่อยสลายของต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองที่อัตราการไหลผ่านระดับต่างๆ แสดงในตารางที่ 24 จะเห็นได้ว่าที่อัตราการไหลผ่านเร็ว เช่น 0.08 %/ชม. ซึ่งเป็นค่าที่ประมาณไว้ในกรณีของโคที่ให้นมสูง อาหารจะถูกย่อยสลายได้น้อยเนื่องจากจุลินทรีย์มีเวลาย่อยสลายอาหารไม่มากนัก ดังนั้นในกรณีของโคที่ให้นมสูงจึงต้องการอาหารที่มีคุณภาพดีย่อยได้ง่าย เพื่อให้โคได้รับโภชนะเพียงพอกับความต้องการของร่างกาย ในทางตรงกันข้ามถ้าอาหารมีอัตราการไหลผ่านช้าอาหารจะถูกย่อยสลายเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาหารทั้งสองชนิดจะเห็นว่ายิ่งอัตราการไหลผ่านเร็วขึ้นต้นถั่วเหลืองแห้งจะย่อยสลายดีกว่าเปลือกฝักถั่วเหลืองมากขึ้นตามลำดับ แสดงว่าต้นถั่วเหลืองแห้งสามารถใช้เป็นอาหารโคนมได้ดี

3.2 ประเมินคุณค่าทางอาหารของต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองโดย gas production technique

เมื่อนำต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองมาบ่มกับของเหลวจากกระเพาะรูเมนในหลอดทดลอง วัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่เวลาการบ่ม 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 และ96 ชม. ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ปริมาตรแก๊ส (มล.) จากกระบวนการย่อยสลายต้นถั่วเหลืองแห้ง (SBH) และเปลือกฝักถั่วเหลือง (SBP) ที่ชั่วโมงต่างๆ

	ระยะการบ่ม (ชม.)								
	2	4	6	8	12	24	48	72	96
SBH	10.80	14.56	20.16	24.16	32.48	41.52	44.64	45.84	46.44
SBP	2.63	3.40	5.63	7.63	12.53	18.27	18.73	19.17	19.43

ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นของอาหารทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลการย่อยสลายของอาหารทดลองในกระเพาะรูเมนโดยวิธี nylon bag กล่าวคืออัตราการเกิดแก๊สในช่วง 24 ชม.แรกจะเพิ่มขึ้นค่อนข้างเร็ว แล้วจะลดลงตามลำดับในช่วง 24 ถึง 48 ชม. จากนั้นจะค่อนข้างคงที่ ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจากการหมักบ่มต้นถั่วเหลืองแห้งจะสูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลืองทุกช่วงเวลา เมื่อนำค่าปริมาตรแก๊สที่ชั่วโมงต่างๆเข้าสมการ exponential โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Graph Pad InPlot (GPIP), Universitaet Hohenheim (1990) พบว่า ต้นถั่วเหลืองแห้งมีค่าปริมาตรแก๊สที่เส้นกราฟตัดแกน y (a) เท่ากับ 3.84 มล. สูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลือง (-2.18 มล.) เนื่องจากต้นถั่วเหลืองแห้งมีโภชนะที่ละลายได้ (CP และ NFC) สูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลือง จึงทำให้เกิดแก๊สจากกระบวนการหมักบ่มเร็วกว่า ในขณะที่ a ของเปลือกฝักถั่วเหลืองมีค่าเป็นลบชี้ให้เห็นว่าเปลือกฝักถั่วเหลืองต้องใช้ระยะเวลาในการให้จุลินทรีย์เข้าสลายอาหารค่อนข้างนาน จึงทำให้เมื่อนำมา plot graph แล้ว ค่าที่ตัดแกน y ติดลบ สำหรับปริมาตรแก๊สสูงสุด (a+b) ของต้นถั่วเหลืองแห้งมีค่าสูงกว่าเปลือกฝักถั่วเหลือง (49.26 vs. 19.54 มล.) (ตารางที่26) ทั้งนี้เนื่องมาจากต้นถั่วเหลืองแห้งมีโภชนะที่ถูกหมักย่อยได้ง่ายในปริมาณที่สูงกว่านั้นเอง

ตารางที่ 26 ปริมาตรแก๊สที่เกิดจากส่วนที่ละลาย (a) ส่วนที่ไม่ละลายแต่หมักบ่มได้ (b) และอัตราการเกิดแก๊ส (c) ของต้นถั่วเหลืองแห้ง (SBH) และเปลือกฝักถั่วเหลือง (SBP) จากโปรแกรมสำเร็จรูปGraph Pad InPlot

	a	b	a+b	c
	---------- (มล.) ----------			(มล./ชม)
SBH	3.84	45.42	49.26	0.075
SBP	-2.18	21.72	19.54	0.086

ค่าปริมาตรแก๊สที่ 24 ชม.ของต้นถั่วเหลืองแห้งเท่ากับ 41.52 มล. ส่วนเปลือกฝักถั่วเหลืองเท่ากับ 18.27 มล. เมื่อนำมาคำนวณหาค่า OMD, ME และ NEL โดยใช้สมการของ Menke and Steingass (1988) ผลแสดงในตารางที่ 27 จะเห็นว่าค่า OMD ของต้นถั่วเหลืองแห้งที่ได้จากสมการคำนวณมีค่าใกล้เคียงกับที่เฉลี่ยจากตัวสัตว์ (67.59 vs. 66.97 %) แต่ของเปลือกฝักถั่วเหลืองพบว่าจากวิธีวัดปริมาตรแก๊สมีค่าต่ำกว่าเฉลี่ยจากตัวสัตว์มาก (39.66 vs. 54.03 %) สำหรับค่าพลังงาน ME และ NEL ที่ได้จากสมการคำนวณของต้นถั่วเหลืองแห้งมีค่าสูงกว่าเฉลี่ยของสัตว์ทั้งสองชนิด (ME 2.66 vs. 2.45 Mcal/kgDM และ NEL 1.58 vs. 1.46 Mcal/kgDM ตามลำดับ) แต่ของเปลือกฝักถั่วเหลืองนั้นค่าที่ได้จากการวัดปริมาตรแก๊สกลับต่ำกว่าค่าเฉลี่ยจากตัวสัตว์ (1.39 vs. 1.70 Mcal/kgDM และ 0.72 vs. 1.06 Mcal/kgDM ตามลำดับ)

ตารางที่ 27 การเปรียบเทียบค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) ค่าพลังงานเมแทบอลิค (ME) และพลังงานสุทธิสำหรับการสร้างน้ำนม (NEL) ของต้นถั่วเหลืองแห้งและเปลือกฝักถั่วเหลืองที่ได้จากการศึกษาด้วยวิธีต่างๆ

อาหาร	วิธีศึกษา	OMD	ME	NEL
		(%)	------- (Mcal/kgDM) -------	
ต้นถั่วเหลืองแห้ง	วัดปริมาตรแก๊ส	67.59	2.66	1.58
	การย่อยได้จากตัวสัตว์			
	-โค	68.81	2.50	1.49
	-แกะ	65.12	2.39	1.43
	เฉลี่ยโค-แกะ	66.97	2.45	1.46
เปลือกฝักถั่วเหลือง	วัดปริมาตรแก๊ส	39.66	1.39	0.72
	การใช้สมการregression			
	-โค	59.66	1.86	1.15
	-แกะ	48.40	1.54	0.96
	เฉลี่ยโค-แกะ	54.03	1.70	1.06