

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

ปัญหาที่สำคัญของการผลิตอาหารสัตว์คือการขาดแคลนอาหารในฤดูแล้ง (Peters *et al.*, 1997; Suttie, 2000; Reiber *et al.*, 2010) ทำให้นักวิจัยได้พยายามศึกษาหาแหล่งอาหารสัตว์อื่นๆ เพื่อมาเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตสัตว์ (Norris and Thomas, 1982; Kemp and Culvenor, 1994)

มีนักวิจัยหลายท่านได้นำพืชตระกูลถั่วมาใช้เป็นอาหารสัตว์ ทั้งการให้ในรูปแบบของการให้สด การทำแห้ง หรือการหมัก เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางทางโภชนาการของพืชอาหารสัตว์ (Harricharan *et al.*, 1988; Shelton *et al.*, 1991; Argel *et al.*, 2000) นอกจากนั้นยังมีการปรับใช้เศษเหลือของพืชตระกูลถั่วในการปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ (Hendricksen and Minson, 1985; Poppi and McLennan, 1995) รวมทั้งการนำส่วนของใบ ดอก และฝักในพืชอื่น ๆ ที่ไม่ใช่พืชตระกูลถั่วเพื่อการเลี้ยงสัตว์อีกด้วย (Everist, 1986; Lowry and Wilson, 1999; Kennedy *et al.*, 2000)

หากพิจารณาเฉพาะเศษเหลือของพืช พบว่าฟางข้าวเป็นเศษเหลือของพืชที่มีการนำมาใช้เป็นอาหารสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องที่สำคัญและมีมากในประเทศไทย (Devendra, 1980; FAO, 1981) อย่างไรก็ตามฟางข้าวอย่างเดียวยังมีโปรตีนต่ำ (Milford and Minson, 1960; Jackson, 1977)

เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น การเสริมฟางข้าวด้วยพืชอาหารสัตว์ที่ยังสดอยู่จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง โดยพืชสด เช่น ใบป่าน ใบมันสำปะหลัง และซังของพืชตระกูลถั่ว เพื่อปรับปรุงคุณค่าทางโภชนาการ (Tawinprawat *et al.*, 1971; Devendra, 1976; Intramongkol *et al.*, 1978; Devendra, 1982) สำหรับถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* L.) และถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) ที่มีการปลูกกว้างขวางในทวีปเอเชีย (Barrett, 1990) รวมทั้งในประเทศไทย (Sukharomana and Dobkuntod, 2003) โดยเศษเหลือของพืชเหล่านี้สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ตลอดทั้งปี

ถึงแม้ว่าจะมีการศึกษามากมายเกี่ยวกับคุณค่าทางโภชนาการของสิ่งที่นำมาเติมในอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Evaldson, 1970; Preston and Leng, 1987; Heuzé, 2013) อย่างไรก็ตามการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณคอนเดนส์แทนนินยังมีค่อนข้างจำกัด โดยคอนเดนส์แทนนินเป็นสารลำดับที่สอง (second metabolite) ในพืชอาหารสัตว์ซึ่งระดับของแทนนินมีบทบาทต่อการกำหนดสถานะคุณค่าทางโภชนาการของอาหารสัตว์ (roughage) มีรายงานว่ามีความอยู่ระหว่าง 3-4 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแห้ง (Robbins *et al.*, 1998) การมีระดับคอนเดนส์แทนนินปริมาณสูงในพืชอาหารสัตว์และอาหารแห้ง จะทำให้ความเป็นประโยชน์ของพืชอาหารสัตว์เหล่านั้นมีค่าลดลง (Mueller-Harvey and McAllan, 1992; Robbins *et al.*, 1998)

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการวัดปริมาณคอนเดนส์แทนนินสามชนิด ได้แก่ คอนเดนส์แทนนินที่ละลายได้ (soluble condensed tannin) คอนเดนส์แทนนินที่ถูกจับ (bound condensed tannin) โดยโปรตีนหรือเยื่อใยของพืชนั้นๆ และคอนเดนส์แทนนินทั้งหมด (total condensed tannin) และคุณค่าทางโภชนาการอื่นๆ ได้แก่ โปรตีนหยาบ เเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และเถ้า รวมทั้งความสามารถในการย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วในกระเพาะรูเมน โดยในถั่วพุ่มและถั่วลิสงจะใช้ส่วนที่เหลือภายหลังการเก็บฝักแล้ว ซึ่งความสามารถในการย่อยได้ของพืชในกระเพาะรูเมนนี้ สามารถนำไปทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กิน ปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยสลายได้ที่สัตว์ได้รับ และอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ (Khazaal *et al.*, 1993; Orskov *et al.*, 1988 and Shem *et al.*, 1995) โดยค่าเหล่านี้เป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้ทราบว่าสัตว์ได้รับปริมาณโภชนาการเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่ภายใต้พืชที่มีปริมาณคอนเดนส์แทนนินต่างๆ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. วิเคราะห์หาปริมาณ condensed tannins ในพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วที่นิยมใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ในประเทศไทย ได้แก่ ถั่วคาวาลเคด (Cavalcade) เปรียบเทียบกับพืชอาหารสัตว์ที่นิยมปลูกในต่างประเทศ ได้แก่ *Vigna aconitifolia* (moth bean) และ *Vigna unguiculata* (cowpea) และถั่วลิสงซึ่งเป็น grain legume ซึ่งนิยมปลูกในประเทศและขณะเก็บเกี่ยวผลผลิตลักษณะของต้นยังมีใบสดอยู่ โดยศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ condensed tannins ใน 2 ฤดูปลูกคือ ในฤดูแล้ง และฤดูฝน เพื่อศึกษาผลของฤดูกาลปลูกต่อปริมาณ condensed tannins

2. นำผลการวิเคราะห์ไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการใช้ประโยชน์เป็นพืชอาหารสัตว์ และในพันธุ์ที่มีระดับ condensed tannins สูงเกินค่าที่กำหนดไว้ในพืช จำเป็นต้องหาวิธีการปรับลด หรือเพิ่มความสามารถในการนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

คัดเลือกพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่นิยมปลูกในประเทศไทยที่มีลักษณะการเจริญเติบโตคล้ายคลึงกัน และเป็นพืชฤดูเดียว (annual crop) จำนวน 4 ชนิด ศึกษาเปรียบเทียบปริมาณ condensed tannins ใน 2 ฤดูปลูกคือ ฤดูแล้งและฤดูฝน เพื่อศึกษาผลของฤดูปลูกต่อปริมาณ condensed tannins ในพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่ว

ประโยชน์ที่ได้รับ

ปัจจุบันประเทศไทยการเลี้ยงสัตว์ประเภทเคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ มีแนวโน้มจะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งระบุเป้าหมายของการพัฒนาปศุสัตว์อย่างชัดเจน ประกอบกับความตื่นตัวของกสิกรและเอกชนในเรื่องโคเนื้อและนม ทำให้อัตราการเพิ่มของจำนวนสัตว์โดยเฉพาะโคนม เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในสภาพปัจจุบันอาหารสัตว์ของสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่ได้จากอาหารชั้น พืชอาหารสัตว์ หญ้าธรรมชาติที่ขึ้นในพื้นที่รกร้างว่างเปล่าและพื้นที่ข้างถนน หรือได้จากเศษเหลือของพืชปลูก เช่น ตอซังข้าว ต้นข้าวโพด ข้าวฟ่าง กากสับปะรด ยอดอ้อย และเถามันเทศ ดังนั้นจึงมีการใช้พืชอาหารสัตว์ หรืออาหารหยาบทดแทนอาหารชั้นให้มากขึ้นเพื่อที่จะลดต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบและโคขุนลงได้อย่างมาก ในที่นี้แหล่งโปรตีนที่สำคัญของอาหารสัตว์ ส่วนหนึ่งมาจากพืชตระกูลถั่ว แต่มีการศึกษาพบว่าในพืชตระกูลถั่วมี condensed tannins ซึ่งปริมาณของ condensed tannins มีผลต่อการนำเอาประโยชน์ของสารอาหารโปรตีนไปใช้ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาหาปริมาณของ condensed tannins ในพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิด ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เพื่อดูว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดใดมีปริมาณ condensed tannins ในระดับที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องหรือไม่ และหากพบว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดใดมีปริมาณ condensed tannins สูงเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ จะใช้เป็นข้อมูลในการปรับลดเพื่อการใช้ประโยชน์ต่อไป

คำสำคัญ

ภาษาไทย : วัสดุเหลือทางการเกษตร การย่อยสลายได้ อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง คุณค่าทางโภชนาการ พืชอาหารสัตว์เขตร้อน

ภาษาอังกฤษ : crop residue, degradability, ruminant feed, nutritional value, tropical forage

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อที่ใช้ในการวิจัย (List of Symbols and Abbreviations)

ADF	Acid Detergent Fiber
ADL	Acid Detergent Lignin
ANOVA	Analysis of variance
CP	Crude Protein
CRD	Completely Randomized Design
CT	Condense tannin
DMRT	Duncan's New Multiple Range Test
NDF	Neutral Detergent Fiber
OM	Organic Matter
PA	Proanthocyanine
RCBD	Randomized Complete Block Design

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

1. แทนนิน

แทนนิน (Tannins) เป็นสารประกอบจำพวกฟีนอลที่ละลายน้ำ (Water-soluble phenolics) มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นจำนวนมาก และโมเลกุลมีโครงสร้างที่ซับซ้อน น้ำหนักโมเลกุลอยู่ระหว่าง 500–3000 ดาลตัน ละลายได้ในแอลกอฮอล์ และอะซิโตน นอกจากนั้นสารกลุ่มนี้ยังสามารถแสดงคุณสมบัติของการเกิดปฏิกิริยาที่เฉพาะเจาะจงของฟีนอลได้ เช่น สามารถตกตะกอนกับโปรตีนต่างๆ (Gelatin, หนังกัดต่างๆ) อัลคาลอยด์ รวมทั้ง macromolecules เช่น cellulose และ pectin ได้ มีสถานะเป็นกรดอ่อนรสฝาด (พริศศักดิ์ วรสุนทรโรสถ, 2544)

1.1 การปรากฏของแทนนิน

สารประกอบกลุ่มแทนนินมีการกระจายทั่วไปในอาณาจักรพืช เป็นองค์ประกอบของพืชชั้นสูง โดยเฉพาะพืชใบเลี้ยงคู่ วงศ์พืชที่มีสารประกอบแทนนินค่อนข้างสูง ได้แก่ Combretaceae, Fagaceae, Hamamelidaceae, Leguminosae, Myrtaceae, Polygonaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Guttifera และ Salicaceae แต่อาจพบในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวได้บ้าง จากการสำรวจของ Bate-Smith and Lerner (1954) แสดงการกระจายของคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) ในพืชมากกว่า 500 ชนิด เช่นเดียวกับ Bate-Smith and Matcalf (1957) พบว่ามีแทนนินในไม้ยืนต้น 80 เพอร์เซ็นต์และอีก 15 เพอร์เซ็นต์เป็นไม้ล้มลุก และสมุนไพร การสำรวจการกระจายของแทนนินอื่นๆ แสดงให้เห็นว่า โดยทั่วไปแทนนินจะปรากฏในพืชตระกูลถั่ว (legume) (Bate-Smith 1973, 1977, 1978, 1981, Jones *et al.*, 1973, Marshell *et al.*, 1979 และ Foo *et al.*, 1982) จากการศึกษาของ Kumar and Vaithiyanathan (1990) รายงานการมีแทนนินในใบไม้ของพืช 46 ชนิด

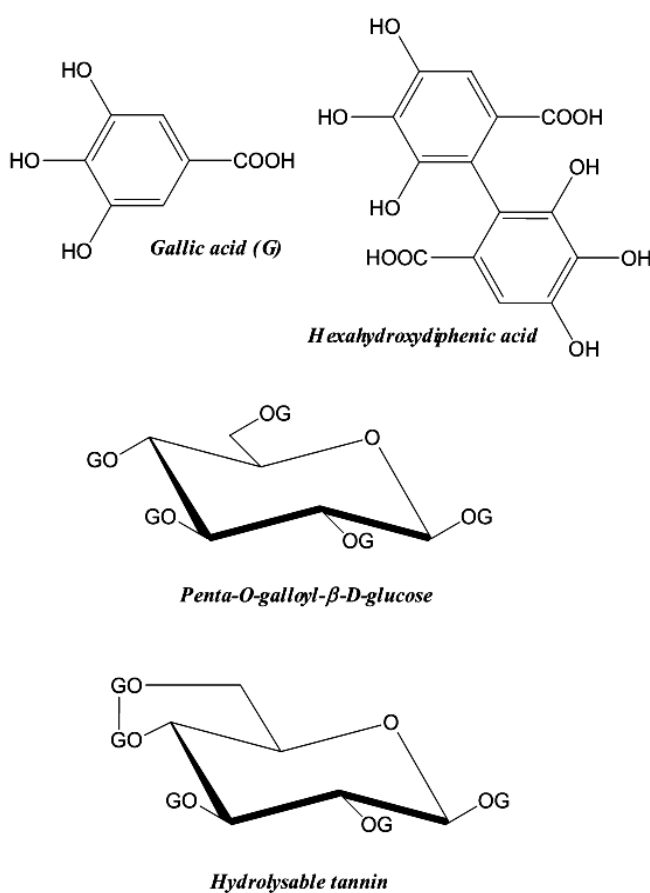
ในการค้นหาว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการสังเคราะห์แทนนินขึ้นในไม้พุ่ม และไม้ยืนต้นเขตร้อน Rittner and Reed (1992) รายงานการมี condensed tannins ในพืชตระกูลหญ้าของแอฟริกาใต้ 72 ชนิด Perdomo (1991) และ Jackson *et al.* (1996) เสนอว่าการที่พบ condensed tannins ในพืชตระกูลถั่วเขตร้อน และการที่มีแทนนินมากในพืชตระกูลถั่วเพื่อปรับตัวให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม carulla (1994) รายงานว่าแทนนินส่วนใหญ่ที่มีในพืชตระกูลถั่วเขตร้อน จากการเก็บรวบรวมของ CIAT; Centro International de Agricultural Tropical (1981) เป็นแทนนินชนิด condensed tannins การที่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินมากในพืชตระกูลถั่วเป็นการส่งผลให้มีผลกระทบต่อการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นอาหารสัตว์

1.2 การแบ่งกลุ่มของสารประกอบ Tannins

สารประกอบแทนนินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือสารกลุ่มไฮโดรไลซ์เซเบิลแทนนิน (hydrolysable tannins) คือแบบที่สามารถแยกออกเป็นโมเลกุลเล็กๆ ได้ หรือถูกไฮโดรไลซ์ได้ง่าย พบมากในส่วนใบ ผัก และส่วนที่ปูดออกมาจากปกติเมื่อต้นไม้ได้รับอันตราย และคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) หรือเรียกอีกอย่างว่า โปรแอนโทไซยานิดิน (poanthocyanidins) พบได้ในส่วนเปลือกต้น และแก่นไม้เป็นส่วนใหญ่ (ขวลิต สิทธิสมบัติ, 2539)

1.2.1 Hydrolyzable tannins

เป็นสารประกอบที่มีโครงสร้างประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่ๆ คือส่วนที่หนึ่งเป็นส่วนของน้ำตาล ส่วนใหญ่มักเป็นน้ำตาลกลูโคสหรือสารประกอบ polyols อื่นๆ ส่วนที่สองเป็น phenolic acid เช่น gallic acid หรือ hexahydroxydiphenic acid (HHDP) หรืออนุพันธ์ของ HHDP ที่มักอยู่ในรูปออกซิไดซ์ โดยส่วนนี้จะมากกว่าส่วนของน้ำตาลหรือ polyols มาเชื่อมโยงกันด้วยพันธะเอสเทอร์ (ester linkage) ที่เรียกว่า glycoside linkage (ภาพที่ 1) ซึ่งพันธะเอสเทอร์จะถูก hydrolyzed ได้ในสภาวะที่มีน้ำ และถูกเร่งปฏิกิริยาด้วยกรด ด่าง หรือเอนไซม์ tannase ให้ผลผลิตเป็น phenolic acids และน้ำตาลหรือ polyols เมื่อนำไปกลั่นแบบ dry distillation สารประกอบ phenolic acid จะเปลี่ยนเป็น pyrogallol ดังนั้น hydrolyzable tannins จึงเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า pyrogallol tannins มี free hydroxy group จำนวน 3 หมู่ เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย ferric chloride จะให้สีน้ำเงิน (ชาวลิต สิทธิสมบัติ, 2539)



ภาพที่ 1 โครงสร้างของไฮโดรไลเซเบิลแทนนิน (hydrolysable tannins)

ที่มา : Mangan (1988) และ Mueller – Harvey and McAllan (1992)

1.2.2 Condensed tannins (Proanthocyanidins; PA)

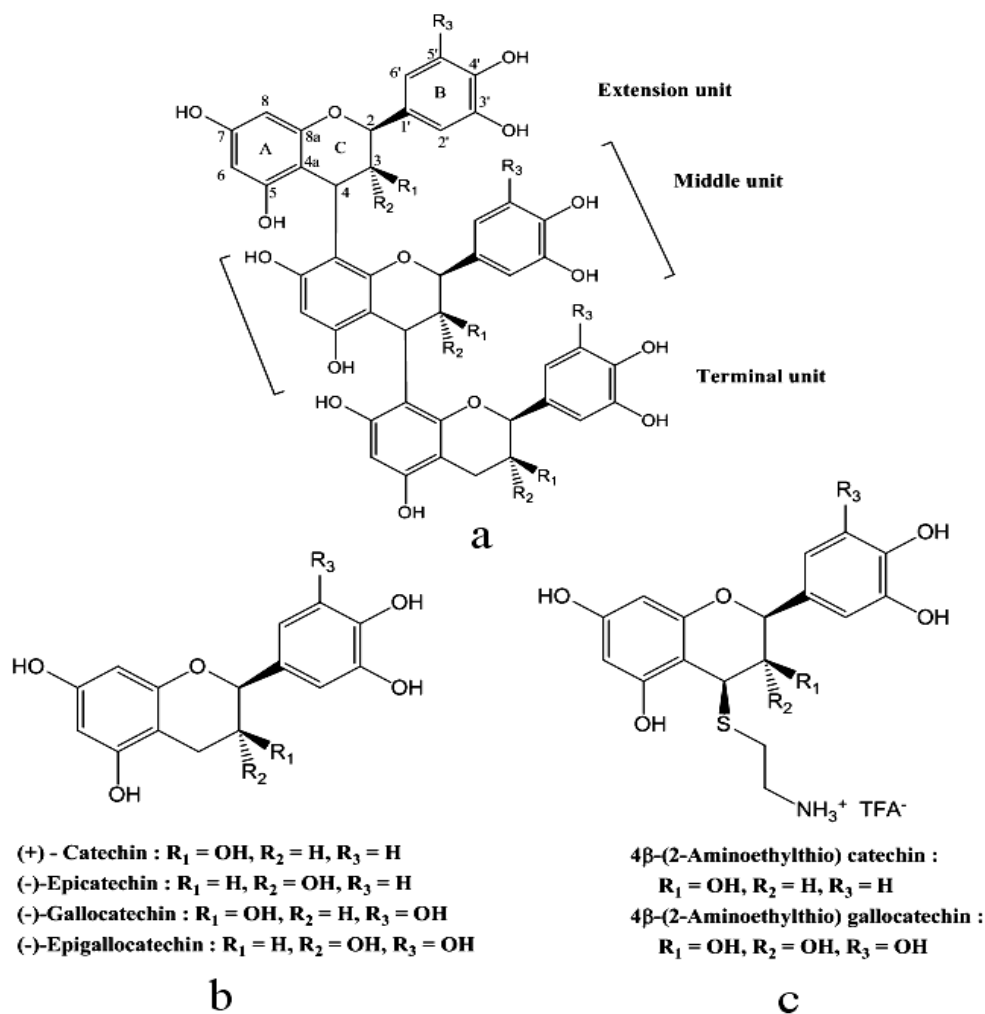
condensed tannins หรือ proanthocyanidins (ภาพที่ 2) เป็นโพลีเมอร์ของฟลาโวนอยด์ (flavonoids) เป็นสารประกอบโพลีฟีนอลที่มีความซับซ้อน สลายตัวด้วยน้ำยาก (hydrolysis) กว่ากลุ่ม hydrolyzable tannins โครงสร้างโพลีฟีนอลนั้นเป็นอนุพันธ์ของสารประกอบกลุ่ม Flavonoids พืชที่เป็นแหล่งของคอนเดนซ์แทนนิน ได้แก่ เปลือกอบเชย เปลือกชินโคนา เปลือกหลิวง เปลือกไอ้ค เปลือกและใบของ Hamamelis ราก Krameria ราก Male fern เปลือกโกโก้ ใบชา ส่วนสกัดด้วยน้ำของ Catechu และ Acacia cuth (black catechu)

เมื่อต้มสารประกอบกลุ่มนี้กับกรดเจือจางหรือนำมาทำปฏิกิริยากับเอ็นไซม์ จะได้สารประกอบที่เป็น polymer รูปอสัณฐานสีแดงไม่ละลายน้ำซึ่งเรียกว่า phobaphenes หรือ tannin red จึงเรียกรวมกันว่า phobatanins เมื่อนำสารประกอบกลุ่มนี้มากลั่นแบบ dry distillation จะได้สารประกอบที่เป็น catechol tannins สารประกอบกลุ่มนี้จึงถูกเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า condensed tannins ทั้ง catechol tannins หรือ condensed tannins มีหมู่ไฮดรอกซีอิสระ (free hydroxy groupX อยู่ 2 หมู่) เมื่อทำปฏิกิริยากับสารละลาย ferric chloride จะให้สีเขียว (ขวลิต สิทธิสมบัติ, 2539)

ตารางที่ 1 ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Butanol-HCl ในพืชตระกูลถั่ว หญ้า และสมุนไพรต่างๆ

Species	Condensed tannins (g/kg DM)		
	Soluble	Bound	Total
Legumes			
Cassia (<i>Cassia javanica</i>) ¹	12.9	16.6	29.5
Lablab (<i>Lablab purpureus</i>) ¹	3.7	13.2	16.9
Siratro (<i>Macroptilium atropurpureum</i>) ¹	1.5	10.9	12.4
Cicer milkvetch (<i>Astragalus cicer</i>) ²	0.4	1.2	1.6
Crownvetch (<i>Coronilla varia</i>) ²	15	15	30
Sulla (<i>Hedysarum coronarium</i>) ²	33	11	44
Birdsfoot trefoil (<i>Lotus corniculatus</i>) ²	7	14	21
Big trefoil (<i>Lotus pedunculatus</i>) ²	62	15	77
Narrow leaf birdsfoot trefoil (<i>Lotus tenuis</i>) ²	2	4	6
Perennial lupin (<i>Lupinus polyphyllus</i>) ²	1.1	0.6	1.7
Serradella (<i>Ornithopus sativus</i>) ²	4	20	24
Lucerne (<i>Medicago sativa</i>) ³	0	0.5	0.5
Sainfoin (<i>Onobrychis vicifolia</i>) ³	29	0	29
Red clover (<i>Trifolium pratense</i>) ³	0.4	1.3	1.7
Grasses			
Yorkshire fog (<i>Holcus lanatus</i>) ²	1.4	0.2	1.6
Perennial ryegrass (<i>Lolium perenne</i>) ²	1.1	0	1.1
Herbs			
Chicory (<i>Chichorium intybus</i>) ²	1.4	2.8	4.2
Sheeps burnet (<i>Sanguisorba minor</i>) ³	1	2.4	3.4

^{1, 2, 3} ดัดแปลงมาจาก Mupangwa *et al.* (2000), Aerts *et al.* (1999) และ Barry and McNabb (1998) ตามลำดับ



ภาพที่ 2 โครงสร้างของคอนเดนซ์แทนนิน (condensed tannins) (a), monomeric flavan – 3 – ol (b) และอนุพันธ์ของ aminomethylthio (c)
 ที่มา : Zhang and Lin (2008)

คอนเดนซ์แทนนิน ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของ flavonoids ซึ่ง flavonoids เป็นโครงสร้างที่มีวงแหวนแบบ heterocyclic ring system ถูกชีวสังเคราะห์มาจาก phenylalanine (ring B, ภาพที่ 2a) และ polyketide ที่สำคัญคือ shikimic acid (ring A, ภาพที่ 2a) โครงสร้างของ flavonoids ที่เป็นหน่วยย่อยของ คอนเดนซ์แทนนิน ที่มีการศึกษากันอย่างกว้างขวางอยู่ในรูป Flavan-3-ols เช่น (-)-epicatechin, (+)-catechin, (-)-gallocatechin, (-)-epigallocatechin (ภาพที่ 2) ลักษณะที่เด่นชัดที่สุดของ คอนเดนซ์แทนนิน คือการเชื่อมต่อกันระหว่างโมเลกุลของ flavonoids ด้วยพันธะ carbon-carbon ระหว่างคาร์บอนตำแหน่งที่ 8 ของ flavonoids unit ส่วนปลาย (terminal unit) และ คาร์บอนตำแหน่งที่ 4 ของ flavonoids ตัวที่มาต่อ (extension unit) (ภาพที่ 2a) (Aerts *et al.*, 1999)

คอนเดนซ์แทนนินสามารถเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับสารชีวโมเลกุลได้แก่โปรตีน polysaccharides, nucleic acids, steroids, alkaloids และ saponins (Haslam, 1986) รวมทั้งไอออนของแร่ธาตุ (Reed, 1995) เนื่องจากการที่โครงสร้างของคอนเดนซ์แทนนินประกอบด้วยหมู่ phenolic hydroxyl group จำนวนมากซึ่งนำไปสู่การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีน ไอออนของโลหะ รวมทั้งสารโมเลกุลใหญ่ๆ เช่น polysaccharide ได้โดยการเกิดพันธะไฮโดรเจน (hydrogen bonding) แรงหนึ่ง

(hydrophobic interaction) รวมทั้งสามารถเกิดพันธะไอออนิก (ionic bonding) หรือพันธะโคเวเลนต์ (covalent binding) ได้ทั้งที่ไม่มีประจุในโมเลกุล (Gustavson, 1956; Haslam, 1966) เมื่อคอนเดนซ์แทนนินอยู่ในสภาวะที่มี pH สูง จะมีการแตกตัวของ phenolic hydroxyl groups เกิดเป็น phenoxide ions (Oh *et al.* 1980) แทนนินสามารถเกิดพันธะโคเวเลนต์กับโปรตีนโดยผ่านปฏิกิริยา oxidative polymerization จากการได้รับความร้อน ภายใต้รังสียูวี โดยมี polyphenol oxidase เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา (Reed, 1995). การเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ไม่สามารถผันกลับได้ ซึ่งมักเกิดขึ้นเมื่ออยู่ในสภาวะที่มี pH สูง (Oh *et al.* 1980) ในขณะที่ tannin-protein complexes ที่เกิดผ่าน hydrophobic และ hydrogen bonds สามารถผันกลับได้ในธรรมชาติ (Loomis and Battaile, 1966; Oh *et al.* 1980).

การเกิดสารประกอบเชิงซ้อนดังกล่าวส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะทำให้เกิดทั้งผลบวกและผลลบต่อการย่อยอาหาร และสมรรถนะการผลิตสัตว์กระเพาะรวม (ruminant) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับทั้งปริมาณและฤทธิ์ทางชีวภาพของคอนเดนซ์แทนนิน (Schofield *et al.*, 2001) เมื่อสารประกอบเชิงซ้อนเคลื่อนย้ายออกจากรูเมน (pH 5 ถึง 7) ไปแล้วโปรตีนที่อยู่ใน tannin-protein complex จะถูก degrade ด้วยน้ำย่อยในกระเพาะจริง (pH ประมาณ 2.5) และน้ำย่อยจากตับอ่อน (pH ประมาณ 8-9) (Mangan, 1988). การตกตะกอนของโปรตีนโดยการเกิด tannin-protein complex ซึ่งไม่สามารถละลายได้นี้ ช่วยปกป้องการสูญเสียโปรตีนจากการกระบวนกรหมักในกระเพาะรูเมนการที่ช่วยปกป้องโปรตีนให้อยู่ในรูป tannin-protein complexes ซึ่งต้านการเกิด deamination จากเอนไซม์ของจุลินทรีย์ได้นั้นนับว่าเป็นข้อดีของแทนนิน (Barry and Duncan, 1984; Barry, 1989)

มีการแบ่งคอนเดนซ์แทนนินเป็น 2 กลุ่มคือ คอนเดนซ์แทนนินกลุ่มที่ยังไม่มีการถูกจับยึดกับสารชีวโมเลกุลอื่น ซึ่งสามารถละลายและถูกสกัดได้ด้วยตัวทำละลาย (soluble condensed tannins: soluble CT) และกลุ่มที่ไม่ละลายในตัวทำละลายหรือคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึด (bound condensed tannins: bound CT) ซึ่งส่วนนี้จะเป็นส่วนที่ไปเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับโปรตีน หรือคาร์โบไฮเดรตกลุ่มเยื่อใย (Zhang and Lin, 2008) พบได้ในข้าวโพด ข้าวฟ่าง ถั่ว หรือเปลือกของลำต้นพืชยืนต้น เป็นต้น

1.3 ความสัมพันธ์ของคอนเดนซ์แทนนินกับลิคินิน

ทั้งแทนนินและลิคินินเกิดขึ้นจากกระบวนการชีวสังเคราะห์ (biosynthesis) ซึ่งแต่ละอย่างไม่ว่าจะทั้งหมดหรือบางส่วนนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดมาจากการสังเคราะห์จากกรดชิคิมิก (shikimic acid) เป็นสารตั้งต้น (Van, 1982) ดังนั้นไม่ใช่เรื่องบังเอิญที่ในพืชจะมีระดับแทนนินสูงและมีแนวโน้มที่จะเปลี่ยนเป็นเนื้อไม้ภายหลัง โดยที่จะมีระดับลิคินินเพิ่มขึ้นแทน (Barry, 1998) การเพิ่มขึ้นของธาตุอาหารและสภาพอากาศเป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มขึ้นของแทนนินและลิคินิน (Barry and Manley, 1986) ตามหลักฐานความสัมพันธ์ของลิคินินทั้งที่มี soluble CT และ bound CT ในรายงานของพืชสายพันธุ์แอฟริกาตะวันออก (Reed, 1986) และพืชสายพันธุ์แอฟริกาตะวันตก (Rittner and Reed, 1992) จากการรายงานส่วนใหญ่กล่าวถึงความสัมพันธ์ของแทนนินกับลิคินินในแง่ที่มีสารตั้งต้นตัวเดียวกัน แต่ยังไม่มีการกล่าวถึงความสัมพันธ์ของคอนเดนซ์แทนนินกับลิคินิน อย่างชัดเจน

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพืชตระกูลถั่ว

2.1 ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra (Tha pra stylo))

ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra (Tha pra stylo)) เป็นถั่วที่มีอายุ 2-3 ปี ทรงพุ่มตั้งตรง สูงประมาณ 1 เมตร มีกิ่งแขนงหนาแน่น มีลำต้นและระบบรากแข็งแรง ลำต้นมีขน ใบประกอบด้วย 3 ใบย่อย ลักษณะยาวและแคบ ปลายใบแหลม ช่อดอกอยู่รวมกันเป็นกระจุก มีขนกลีบดอกมีสีเหลือง ใน 1 ฝักมีเมล็ด 1 เมล็ด เมล็ดแก่มีสีน้ำตาล (ภาพที่ 3) สามารถเจริญเติบโตได้ในดินหลายชนิด ปรับตัวได้ดีในดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และค่อนข้างเป็นกรด ทนต่อความแห้งแล้งได้ดี ให้ผลผลิตได้ในช่วงฤดูแล้ง แต่ไม่ทนต่อน้ำท่วมขัง เป็นถั่วที่ให้ผลผลิตพืชอาหารสัตว์สูงและติดเมล็ดได้ดี (กรมปศุสัตว์, 2545ก)



ภาพที่ 3 ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra (Tha pra stylo))

คุณค่าทางโภชนาการของถั่วท่าพระสไตโลเมื่ออายุ 45 วันจะมีปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein ; CP) เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกลาง (neutral detergent fiber ; NDF) และ เยื่อใยที่ละลายได้ในสารละลายที่เป็นกรด (acid detergent fiber ; ADF) เท่ากับ 16.35, 48.67 และ 34.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อตัดที่อายุ 60 วันจะมี CP NDF และ ADF เท่ากับ 15.50, 51.56 และ 36.28 เปอร์เซ็นต์ และตัดที่อายุ 90 วัน มีค่าเท่ากับ 16.17, 51.09, 37.46 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (กรมปศุสัตว์, 2547) ต่างจากการศึกษาของวิทยา สุมามัลย์ และคณะ (2547) รายงานว่าถั่วท่าพระสไตโลแห้งตัดที่อายุ 90 วัน มีวัตถุแห้ง (dry matter ; DM) 87.9 เปอร์เซ็นต์ มี CP เท่ากับ 11.5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณเยื่อใยหยาบ (crude fiber ; CF) NDF และ ADF คือ 44.2, 62.4 และ 46.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาของวิทยา สุมามัลย์ และคณะ (2547) รายงานว่าถั่วท่าพระสไตโลแห้งตัดที่อายุ 90 วันมีปริมาณการย่อยสลายของวัตถุดิบ (dry matter digestibility, DMD) ที่ช่วงโม่งต่างๆ ดังนี้ ช่วงโม่งที่ 24, 48 และ 72 มีค่าเท่ากับ 46.4, 53.5 และ 56.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่า effective degradability (ED,%) ที่ 0.02 ยูนิต์ต่อช่วงโม่ง เท่ากับ 44.5 เปอร์เซ็นต์ และค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบ (organic matter digestible ; OMD) เท่ากับ 6.2 เปอร์เซ็นต์

2.2 ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade)

ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) เป็นพืชตระกูลถั่วพื้นเมืองของประเทศออสเตรเลีย คุณสมบัติที่ดีของถั่วชนิดนี้ คือ มีการเจริญเติบโตของลำต้นเป็นเถาเลื้อย เมื่อโต

เต็มทีเถาอาจยาวถึง 2 เมตร มีใบดก รูปร่างใบเรียวยาว (ภาพที่ 4) เมื่อตากให้แห้งใบจะไม่ร่วงหล่น ส่วนของใบมีมากกว่าลำต้นเมื่อนำไปใช้เลี้ยงสัตว์จึงมีความน่ากินสูง นอกจากนั้นยังมีข้อดีอีกอย่างหนึ่ง คือ ปลูกขยายพันธุ์ง่ายโดยใช้เมล็ด ผลิตเมล็ดพันธุ์ง่ายขึ้น ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ และความงอกสูง ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งประมาณ 1.0 ตัน/ไร่/ปี โปรตีน 16-20 เปอร์เซ็นต์ (กรมปศุสัตว์, 2545ข)



ภาพที่ 4 ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade)

กรมปศุสัตว์ (2545ข) รายงานว่าถั่วคาวาลเคดแห้งที่ตัดอายุประมาณ 45 วัน มี CP ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ส่วน NDF และ ADF มีค่าประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กรมปศุสัตว์ (2547) ได้รายงานว่าถั่วคาวาลเคดเมื่อตัดอายุ 60 วัน CP, NDF และ ADF เท่ากับ 15.6, 49.22 และ 33.39 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อตัดที่อายุ 90 วัน จะมีค่าเท่ากับ 15.53, 50.34 และ 34.91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และตัดเมื่ออายุ 120-150 วัน มีค่าเท่ากับ 13.34, 55.05 และ 35.79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่จินดา สนิทวงศ์ และคณะ (2546) ได้ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของถั่วคาวาลเคดแห้งที่ตัดอายุ 90 วันปรากฏว่า ถั่วคาวาลเคดแห้งมีวัตถุแห้ง 87.96 เปอร์เซ็นต์ CP, NDF และ ADF เท่ากับ 17.07, 59.03 และ 39.09 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งตามลำดับ ซึ่งมีค่าแตกต่างกับการศึกษาของ Pholsen *et al.* (2000) ซึ่งถั่วคาวาลเคดอายุ 90 วัน มี DM 87.2 เปอร์เซ็นต์ CP, NDF และ ADF เท่ากับ 14.4, 54.0 และ 37.4 เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง ตามลำดับ

2.3 ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

ถั่วพุ่ม *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (cowpea) สายพันธุ์ KVC7 จัดอยู่ใน Family : Papilionaceae Genus : *Vigna* และ Species : *unguiculata* โดยเป็นพืชที่มีถิ่นกำเนิดในแอฟริกา สามารถเจริญเติบโตได้ในภูมิอากาศร้อนและแห้งแล้ง เป็นพืชตระกูลถั่วที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น ทนแล้ง และปลูกง่าย สามารถปลูกได้ทั้งในสภาพไร่และสภาพนา (หลังเก็บเกี่ยวข้าว) เป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ได้เอนกประสงค์ ใช้บริโภคทั้งในรูปผักสดและเมล็ดแห้ง (ภาพที่ 5) เมล็ดถั่วพุ่มมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต 50-67 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีน 23-25 เปอร์เซ็นต์ (Bressani, 1985) สามารถใช้ทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ได้ ส่วนต้นและใบของถั่วพุ่มหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว จะยังคงมีสีเขียวสด และมีโปรตีนค่อนข้างสูง สามารถใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ดี โดยเฉพาะสัตว์เคี้ยวเอื้อง (เมธา วรรณพัฒน์, 2529) หรือใช้ถลกเป็นปุ๋ยพืชสดบำรุงดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับพืชที่ปลูกตามถั่วพุ่ม ถั่วพุ่มมีทั้งพันธุ์ที่ใช้เพื่อบริโภคผักสดและเมล็ดแห้ง



ภาพที่ 5 ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

เนื่องจากถั่วพุ่ม เป็นพืชตระกูลถั่วที่ยังไม่พบการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย จึงไม่พบการรายงานด้านคุณค่าทางโภชนา

2.4 ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.)

ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) พันธุ์ มข. 60 (ภาพที่ 6) เป็นพืชไร่ที่สำคัญทางเศรษฐกิจ ชนิดหนึ่งของประเทศไทย พันธุ์ถั่วลิสงที่เกษตรกรใช้ปลูกแบ่งตามการใช้ประโยชน์ได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มพันธุ์ ฝักต้ม และกลุ่มพันธุ์ที่ผลิตเป็นฝักแห้งเพื่อนำเมล็ดมาใช้ประโยชน์ ซึ่งในกลุ่มนี้ได้แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อยคือ กลุ่มพันธุ์เมล็ดขนาดเล็ก และกลุ่มพันธุ์เมล็ดขนาดใหญ่ การปรับปรุงพันธุ์ มข. 60 เริ่มดำเนินการในปี พ.ศ. 2541 โดยการทำการผสมพันธุ์ถั่วลิสงเมล็ดโต 6 สายพันธุ์คือ มข 72-1, (NC.17090 × B1)-25, Singburi, KK60-3, China 97-2 และ Luhua 11 แบบ half diallel จากนั้นทำการคัดเลือกแบบเก็บเกี่ยวรวม (bulk) ในแต่ละคู่ผสม 15 คู่ ผสมตั้งแต่ชั่วที่ 1-5 ตามด้วยการคัดเลือกแบบรายต้น (single plant selection) ลักษณะเด่นของถั่วลิสงพันธุ์ มข.60 การมีขนาดของเมล็ดและผลผลิตสูงกว่าพันธุ์ขอนแก่น 60-3 มีทรงต้นเป็นพุ่มตั้ง ฝักเกิดเป็นกระจุกบริเวณโคนต้น เมล็ดไม่มีการพอกตัว และมีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพันธุ์ขอนแก่น 60-3 ประมาณ 15 วัน โดยถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 98-115 วัน (สนั่น จอกลอย และ อารันต์ พัฒโนทัย, 2550)



ภาพที่ 6 ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) พันธุ์ มข. 60

เนื่องจากถั่วลันเตาพันธุ์ มข. 60 เป็นพืชตระกูลถั่วที่ยังไม่พบการนำมาใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย จึงไม่พบการรายงานด้านคุณค่าทางโภชนา

2.5 ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano)

ถั่วฮามาต้าเป็นพืชตระกูลถั่วที่เกษตรกรนิยมปลูก และเรียกชื่อดังกล่าวโดยทั่วไป แต่ในทางราชการแล้วถั่วฮามาต้า คือ ถั่วเวอร์นาโนสโตโลธินกำเนิดมาจากประเทศอเมริกากลาง บริเวณทะเลแคริบเบียน แต่ชนิดที่นำมาปลูกในประเทศไทยมาจากประเทศออสเตรเลีย ถั่วฮามาต้าเป็นพืชโตเร็ว ทรงพุ่มเตี้ย แตกกิ่งก้านมาก ติดเมล็ดมาก ทนต่อการแทะเล็มและเหยียบย่ำของสัตว์ มีคุณค่าทางอาหารสูง สามารถใช้ปลูกปนกับหญ้าได้หลายชนิดทั้งสำหรับตัดหรือปล่อยให้สัตว์แทะเล็ม ถั่วฮามาต้าจะมีโปรตีนสูงเมื่ออายุน้อยๆ อายุที่เหมาะสมสำหรับการตัดทำหญ้าแห้งหรือตัดให้สัตว์กิน อยู่ระหว่าง 45-60 วัน โดยให้โปรตีนในช่วงดังกล่าวสูงถึง 17-18 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการย่อยได้ของถั่วฮามาต้าในช่วงอายุดังกล่าวนี้มีค่าอยู่ประมาณ 50-55 เปอร์เซ็นต์ และย่อยเอาส่วนโปรตีนไปใช้ได้ร้อยละ 65-69 เปอร์เซ็นต์ (กองอาหารสัตว์, 2530; จินดา สนิทวงศ์ และคณะ, 2525; ฉายแสง ไผ่แก้ว และคณะ, 2527)

3 คุณค่าทางโภชนาหลักที่ได้จากถั่ว

3.1 โปรตีน

โปรตีนเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีโมเลกุลใหญ่ มีน้ำหนักมากประกอบด้วยกรดอะมิโนมาเรียงตัวกันด้วยพันธะเปปไทด์ เกิดเป็นสายเปปไทด์ที่ประกอบด้วยธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยมีไนโตรเจน (N) ประมาณ 16 เปอร์เซ็นต์ โดยคาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) เป็นหลัก อาจมีฟอสฟอรัส (P) และกำมะถัน (S) เล็กน้อย (กฤตพล สมมาตย์, 2546) โดยโปรตีนมีความสำคัญเป็นส่วนประกอบของเลือด เนื้อ หนัง อวัยวะต่าง ๆ แล้วยังทำหน้าที่เป็นเอนไซม์ ภูมิคุ้มกัน และฮอร์โมนของร่างกายสัตว์อีกด้วย (พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ, 2543) โดยเฉพาะสัตว์ที่อยู่ในระยะเจริญเติบโต ระยะอ้วน ท้อง ระยะให้นม จะต้องมีความต้องการโปรตีนมากเป็นพิเศษ (เมธา วรณพัฒน์, 2533)

การย่อยสลายและการใช้ประโยชน์จากอาหารโปรตีน

การย่อยสลายอาหารโปรตีนโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (rumen)

กระบวนการย่อยและเมธาบอลิซึมของโปรตีนในสัตว์เคี้ยวเอื้องนั้นอาหารจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์หลายกลุ่มโดยอาศัยเอนไซม์ภายนอกเซลล์ (extra cellular enzymes) (กฤตพล สมมาตย์, 2546; ทวีพร พูลดุษิต, 2544) เริ่มต้นจากการที่เชื้อราทำการย่อยสลายอนุภาคอาหารจากด้านในของอาหาร ทำให้อนุภาคของอาหารมีการจับตัวอย่างหลวมๆ ซึ่งมีผลโดยอ้อมในการช่วยให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในกลุ่มอื่นๆ สามารถเข้าไปย่อยสลายโปรตีนต่อไป (Hungate, 1966) แบคทีเรียที่ทำหน้าที่ในการสลายโปรตีนในอาหาร ได้แก่ *Bacteroides amylophilus*, *Clostridium sporogens* และ *Bacillus inchefermis* เป็นต้น จะมีการผลิตเอนไซม์เปปติเดส (peptidase) โดยเอนไซม์เหล่านี้จะถูกผลิตขึ้นภายในเซลล์ (endopeptidase) จะถูกขับออกมาภายนอกเซลล์ (exopeptidase) และทำการย่อยโปรตีนให้เป็นเปปไทด์ หรือ อะมิโน ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าไปในตับเพื่อไฮโดรไลซ์ (hydrolyzed) ให้เป็นกรดอะมิโนให้หมด กรดอะมิโนที่เกิดขึ้นส่วนหนึ่งนำไปสร้างโปรตีนของแบคทีเรียเอง หรือถูกเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนีย (NH₃) กรดไขมันที่ระเหยได้ (volatile fatty acid ; VFA) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และก๊าซมีเทน (CH₄) ซึ่งผลผลิตเหล่านี้จะถูกขับออกนอกตัวแบคทีเรียมาอยู่ในของเหลวในรูเมน (NRC, 2001) ส่วนโปรโตซัว ได้แก่ *Entodinium caudatum* จะมีเอนไซม์อะมิเนส (aminase) ที่สามารถย่อยโปรตีน (Hungate, 1966) กระบวนการย่อยสลายนี้มีหลาย

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องทั้งความสามารถในการละลาย และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ภายในกระเพาะรูเมน (NRC, 2001) ซึ่งเป็นสภาพปกติภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2541; กฤตพล สมมาตย์, 2546) โดยค่าที่เหมาะสม สมอยู่ระหว่างค่าของความเป็นกรด - ด่างมีค่าเท่ากับ 6.0-7.0 และเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์โปรตีน และการไบโอไฮโดรต์โดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน (ทวีพร พูลดุษิต, 2544) (ภาพที่ 5)

การนำโปรตีนที่ถูกย่อยสลายไปใช้ประโยชน์เพื่อสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน

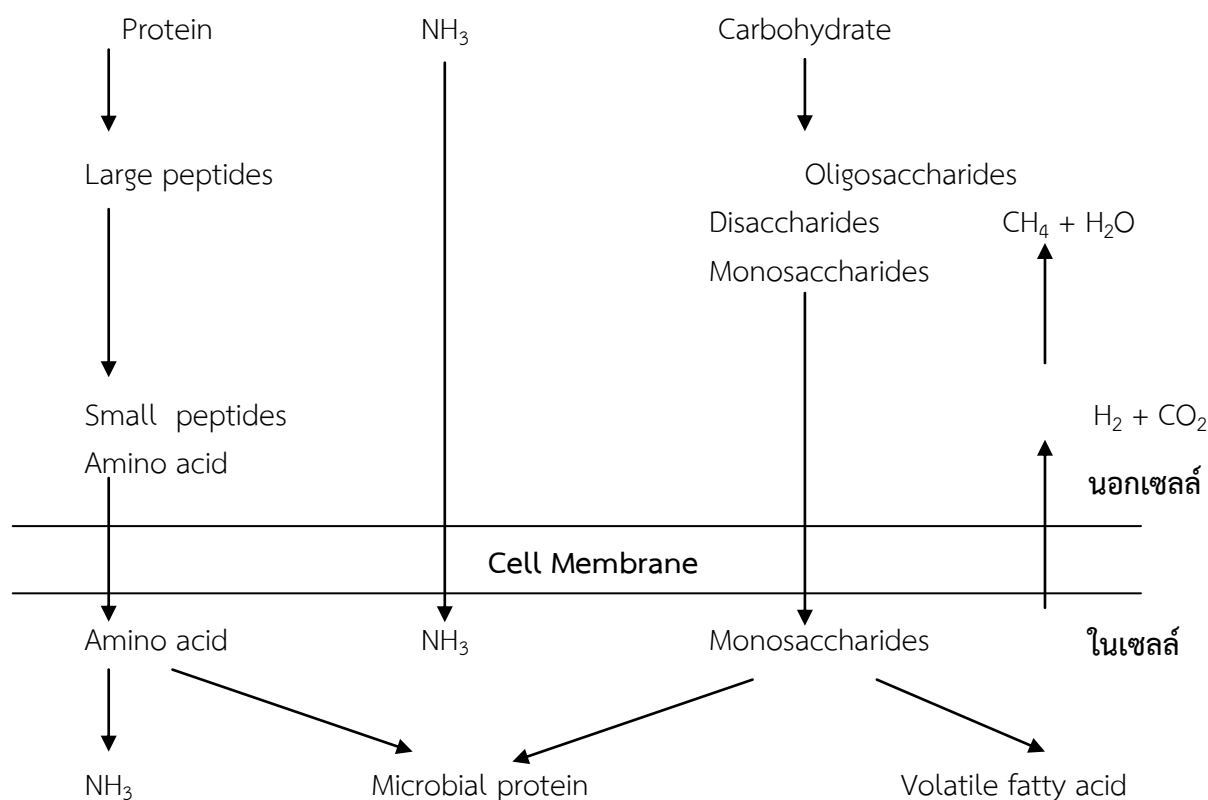
ภายในกระเพาะรูเมนจุลินทรีย์จะทำการย่อยสลายสารอาหารที่มีโปรตีนจนได้แอมโมเนีย (NH_3) ซึ่งแอมโมเนียที่ละลายของเหลวในสภาพร่างกายสัตว์จะอยู่ในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) รวมทั้งกรดอะมิโนอิสระและเปปไทด์บางส่วนจะถูกจุลินทรีย์หลายกลุ่มนำไปใช้ประโยชน์ เพื่อสังเคราะห์เป็นโปรตีน (microbial protein synthesis) และถูกเก็บสะสมไว้ในเซลล์ของจุลินทรีย์ต่อไป (กฤตพล สมมาตย์, 2546)

การควบคุมระดับแอมโมเนียไนโตรเจน (NH_3) และการนำไนโตรเจนกลับเข้าสู่กระเพาะรูเมน (N-recycling in rumen)

ความเข้มข้นของแอมโมเนียไนโตรเจนในกระเพาะรูเมนสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ข้อมูลทั้งการย่อยและการสังเคราะห์โปรตีน (ฉลอง วชิราภากร, 2541) โดยระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมของแอมโมเนียสำหรับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ต่อการกินได้และการย่อยได้อยู่ในช่วงประมาณ 85-300 mg/L และถ้าความเข้มข้นต่ำกว่า 50 mg/L จะมีผลทำให้การเจริญเติบโตและการเพิ่มจำนวนจุลินทรีย์ลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์โปรตีนต่ำลง ทั้งนี้จะเกิดขึ้นในกรณีอาหารมีโปรตีนต่ำ หรือโปรตีนนั้นเป็นโปรตีนไหลผ่าน (by-pass หรือ escape protein) สูงเกินไป (กฤตพล สมมาตย์, 2546) หรือการที่สัตว์กินพืชตระกูลถั่วปริมาณมากเกินไป แต่ถ้าย่อยอาหารโปรตีนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเกินกว่าอัตราการนำเอาแอมโมเนียไปสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ แอมโมเนียที่มากเกินไปจะถูกดูดซึมผ่านผนังของกระเพาะรูเมน รวมทั้งส่วนของโปรตีนไหลผ่านจะถูกส่งไปที่ลำไส้เล็กและดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดก่อนถูกส่งไปยังตับเพื่อเปลี่ยนเป็นยูเรียกำจัดออกจากร่างกายต่อไป (ภาพที่ 7) (Van Soest, 1994 อ้างโดย วรณา อ่างทอง และคณะ, 2548)

การย่อยสลายอาหารโปรตีนในกระเพาะส่วนหลัง (lower gut)

สัตว์เคี้ยวเอื้องจะได้รับโปรตีนจากจุลินทรีย์โปรตีนและโปรตีนจากอาหารที่ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะรูเมนหรือโปรตีนไหลผ่าน รวมทั้งโปรตีนที่ถูกขับออกจากแหล่งต่างๆ ภายในร่างกายผ่านมาถึงกระเพาะจริง (abomasum) (NRC, 2001) โดยการทำงานและการผลิตน้ำย่อยออกมาจากกระเพาะส่วนนี้มีความคล้ายคลึงกับสัตว์ไม่เคี้ยวเอื้องทั่วไปโดยอาหารจะถูกย่อยด้วยกรดเกลือ (hydrochloric acid; HCl) และ เอนไซม์ pepsin จากนั้นจึงผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็ก แล้วคลุกเคล้าให้เข้ากับน้ำย่อยที่หลั่งออกมาจากลำไส้เล็กส่วนต้น (duodenum) ตับ (liver) และตับอ่อน (pancreas) อาหารกลุ่มโปรตีนจะถูกย่อยโดยเอนไซม์โปรตีเอส (protease) ทำให้ได้เป็นกรดอะมิโนอิสระและเปปไทด์ (Chalupa, 1975; Van Soest, 1994) แล้วกรดอะมิโนอิสระจะถูกดูดซึมเข้าไปใน epithelial cell ของลำไส้เล็กส่วนกลาง (jejunum) ต่อไป ส่วนเปปไทด์เกือบทั้งหมดถูกไฮโดรไลซ์ไปเป็นกรดอะมิโนโดยเอนไซม์เปปติเดส (peptidase) ส่วนอาหารที่ไม่ถูกย่อยและไม่ถูกดูดซึมจะผ่านลงไปยังไส้ติ่ง (ceacum) และลำไส้ใหญ่ (large intestine) ซึ่งที่ลำไส้ใหญ่จะเกิดกระบวนการหมัก และส่วนที่เหลือจากการหมักจะถูกขับออกทางมูล (ฉลอง วชิราภากร, 2541)



ภาพที่ 7 การย่อยสลายและการใช้โปรตีนและคาร์โบไฮเดรตโดยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน
ที่มา : ดัดแปลงจาก Nocek and Russell (1988)

การใช้ประโยชน์จากไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมในสัตว์เคี้ยวเอื้อง

กรดอะมิโนอิสระที่ได้จากการย่อยสลายโปรตีนในลำไส้เล็กจะถูกดูดซึมเข้าไปใน epithelial cell ของลำไส้เล็กแล้วถูกส่งผ่านเข้าสู่ระบบเลือด (portal blood) เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป (กฤตพล สมมาตรย์, 2546) โดยมีการขนถ่ายไปในรูปพลาสมาโปรตีน (plasma protein) หรือในรูปกรดอะมิโนอิสระและเมทาบอลิซึม (metabolized) ที่ตับ ไต และอวัยวะส่วนอื่นๆ โดยอาศัยกระบวนการทรานสอะมิเนชัน (transamination) ซึ่งเป็นหลักในการสังเคราะห์กรดอะมิโน (บุญล้อม ชีวะอิสระกุล, 2541) โดยกรดอะมิโนจะเป็นหน่วยย่อยในการสร้างโปรตีนของเนื้อเยื่อต่างๆ หรือสังเคราะห์สารประกอบไนโตรเจนหลายชนิด (พจน์ ศรีบุญลือ และคณะ, 2543)

ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น วัตถุดิบอาหารสัตว์แต่ละชนิดมีความสามารถในการละลาย และถูกย่อยสลายในกระเพาะหมักได้แตกต่างกัน เนื่องมาจากลักษณะโครงสร้างเฉพาะตัวของวัตถุดิบอาหารโปรตีนชนิดนั้นๆ แตกต่างกันและอาจเป็นผลมาจากกระบวนการแปรรูปอาหารสัตว์ (Chalupa, 1974) จึงได้มีการวิเคราะห์อาหารเพื่อให้ทราบค่าโปรตีนเพราะโปรตีนมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์

วิธีการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพโปรตีนในกระเพาะของอาหารสัตว์ เคี้ยวเอื้อง

เทคนิคการวิเคราะห์และประเมินคุณภาพโปรตีนในกระเพาะของอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องมีหลายวิธี ได้แก่ เทคนิค *in sacco* (nylon bag technique; NB) (Orskov and McDonald, 1979) และเทคนิค *in situ* (Dacron bag technique) (Nocek, 1985) ซึ่งทั้งสองวิธีเป็นเทคนิคมาตรฐานที่ใช้ประเมินหาโปรตีนที่

ไม่ถูกย่อยสลายในกระเพาะหมัก สำหรับวิธี *in sacco* เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเพราะทำได้อย่างรวดเร็วและประหยัดกว่าวิธี *in situ*

วิธี *in sacco* ทำได้โดยนำตัวอย่างอาหารใส่ในถุงไนลอนที่มีรู (pore size) ขนาดพอเหมาะ (20-40 μm) (เพื่อให้จุลินทรีย์เข้าไปย่อยอาหารในถุงได้ แต่ชิ้นอาหารไม่หลุดออกมานอกถุง) ต่อมานำไปแช่ในกระเพาะของสัตว์ที่เจาะกระเพาะไว้แล้วในระยะเวลาต่างๆ กัน หลังจากนั้นนำโภชนะที่เหลือในถุงมาคำนวณค่าการย่อยสลาย ซึ่งสามารถนำไปทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่สัตว์กิน ปริมาณวัตถุแห้งย่อยสลายได้ที่สัตว์ได้รับ และอัตราการเจริญเติบโตของสัตว์ (Khazaal *et al.*, 1993; Orskov *et al.*, 1988 and Shem *et al.*, 1995) ซึ่งค่าเหล่านี้เป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้ทราบว่าสัตว์ได้รับปริมาณโภชนะเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่

3.2 คาร์โบไฮเดรต

สัตว์เคี้ยวเอื้องเป็นสัตว์กินพืช ซึ่งถือว่าเป็นอาหารพื้นฐานสำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้อง ในพืชจะมีเยื่อใยอยู่สูง องค์ประกอบส่วนใหญ่ของพืชจะเป็นคาร์โบไฮเดรตประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ของทั้งหมด และส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharides) เช่น เซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เพคติน (pectin) ฟรุคโตแซน (fructosan) และแป้ง (starch) มีส่วนน้อยที่อยู่ในรูปไดแซคคาไรด์ (disaccharides) หรือ โมโนแซคคาไรด์ (monosaccharide) ในแง่อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องอาจจะแบ่งแยกคาร์โบไฮเดรตออกตามลักษณะโครงสร้าง (ฉลอง วชิราภกร, 2541) อาหารคาร์โบไฮเดรตแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate ; NSC) และ คาร์โบไฮเดรตชนิดที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate; SC) (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

คาร์โบไฮเดรตที่ไม่เป็นโครงสร้าง (non-structural carbohydrate; NSC)

NSC คือส่วนประกอบของพืชที่ไม่ได้อยู่ในโครงสร้างค้ำจุนต้นพืช (non cell wall) ได้แก่ ส่วนที่เป็นน้ำตาล แป้ง และกรดอินทรีย์ต่าง ๆ (Smith, 1981) แต่ NRC (2001) ได้แยกส่วน NSC ส่วนนี้ออกเป็น คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เยื่อใย (non fibrous carbohydrate, NFC) ได้แก่ น้ำตาล แป้ง กรดอินทรีย์ต่างๆ และเพคติน

ค่าที่ได้ของ NFC มีค่าใกล้เคียงกับ NSC และ NSC ถือได้ว่าเป็นแหล่งพลังงานสำคัญ ของโคนมที่ให้ผลผลิตสูงๆ เพราะมีการย่อยสลายได้ง่ายในกระเพาะรูเมน และมีสัดส่วนตามปริมาณของ NDF หมายความว่า ถ้าอาหารสัตว์มีค่า NDF สูงปริมาณ NSC จะแตกต่างกันไปตามชนิดอาหารสัตว์ เช่น พืชอาหารสัตว์จะมีองค์ประกอบหลักเป็นน้ำตาล fructans (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

คาร์โบไฮเดรตชนิดที่เป็นโครงสร้าง (structural carbohydrate; SC)

SC เป็นส่วนโครงสร้างหลักที่ค้ำจุนต้นพืช ได้แก่ ส่วนเปลือกและแกนลำต้นหรือเรียก ว่า ส่วนผนังเซลล์ (cell wall) SC จะมีการย่อยสลายตัวได้ช้าหรือมีการย่อยได้ต่ำเมื่อเทียบกับ NSC ถ้าโคได้กินส่วน SC เข้าไปมาก ทำให้โคได้รับส่วนเยื่อใยมากเกินไป ส่งผลให้อาหารตกค้างอยู่ในกระเพาะได้นาน ยังส่งผลให้โคอาจได้รับพลังงานรวมลดลง ในปัจจุบันนิยมใช้ตัววัดเยื่อใยของอาหาร 2 ตัว คือ ADF กับ NDF ซึ่ง ADF ประกอบด้วยส่วนเซลลูโลสและลิกนิน (lignin) เป็นหลัก ส่วน NDF ประกอบด้วยเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินเป็นหลัก ไม่นิยมใช้ค่า CF ในการวัดเยื่อใย (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

ค่า CF เดิมเป็นค่าที่ใช้ศึกษาในสัตว์กระเพาะเดี่ยว คำนี้นี้เป็นการหาปริมาณเยื่อใยรวม ซึ่งทำให้ไม่ทราบค่าที่แท้จริงของเฮมิเซลลูโลส และ ลิกนิน ซึ่งเป็นค่าที่จำเป็นที่ต้องทราบ ในการคำนวณสูตรอาหารโค นอกจากนี้ค่า CF เป็นค่าที่มีความคลาดเคลื่อนได้สูงเมื่อใช้ประเมินคุณภาพเยื่อใยในสัตว์กระเพาะรวม จึงได้มีการพัฒนาการหาค่า ADF และ NDF ขึ้นมาแทนค่า CF (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

ค่า NDF คาร์โบไฮเดรตที่ประกอบด้วยส่วนที่ละลายง่าย (non cell wall) กับส่วนที่ละลายยาก (cell wall) ซึ่ง NDF จะเป็นส่วนคาร์โบไฮเดรตที่สกัดได้หรือเหลืออยู่หลังจากเอาคาร์โบไฮเดรต (พืชอาหารสัตว์หรือเมล็ดธัญพืช) ดังกล่าวละลายในสารทำละลายที่เป็นกลาง (pH 6.9-7.1) สารทำละลายจะละลายคาร์โบไฮเดรตที่ละลายง่ายออกไป คาร์โบไฮเดรตหรือเยื่อใยที่เหลือตกค้างจะได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน (Mertens, 1973) ค่า NDF มีความสัมพันธ์กับอัตราการกินสิ่งแห้งของโค เช่น โคจะกินหญ้าที่มีค่า NDF ต่ำได้มากกว่าหญ้าที่มีค่า NDF สูง (หญ้าแก่) หรือในหญ้าหมักจะมีค่า NDF ต่ำกว่าหญ้าที่ไม่ได้หมัก เพราะคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยยากบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นกรดจากการหมักในหลุมหมักค่า NDF ของหญ้าคุณภาพดีควรมีค่าเท่ากับ 500 g NDF/kg DM ขณะที่หญ้าหมักควรมีค่า 650 g NDF/kg DM

ADF คือส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ละลายยากที่นำมาละลายในสารตัวทำละลายที่เป็นกรด 1 N H_2SO_4 ส่วนเหลือที่ตกค้างอยู่คือเยื่อใยกลุ่มเซลลูโลส และ ลิกนิน ADF จะมีความสัมพันธ์กับการย่อยได้สารอาหารมากกว่าสัมพันธ์กับการกินได้ ค่า ADF ของหญ้าหมักคุณภาพดีอยู่ที่ 350 g ADF/kg DM และยังมีส่วนย่อยได้คือ acid detergent insoluble nitrogen (ADIN) เป็นส่วนไนโตรเจนหรือโปรตีนที่อยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนกับคาร์โบไฮเดรตซึ่งเกิดจากการให้ความร้อนแก่โปรตีน การเกิดปฏิกิริยา Maillard ซึ่งจะทำให้โปรตีนดังกล่าวไม่ละลายในตัวทำละลาย acid detergent จะเป็นค่าทำนายของไนโตรเจนที่ไม่สามารถย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์

จากผลการวิจัยของหลายสถาบันชี้ว่าค่า NDF จะเป็นค่าบ่งชี้ที่สำคัญมากในการใช้ค่า NDF ไปปรับระดับการกินสิ่งแห้งของโค ถ้า NDF ในสูตรอาหารอยู่ในระดับเหมาะสม โคจะกินสิ่งแห้งได้สูงสุด ค่า NDF ใช้ประเมินความฟามของอาหารได้ดี ค่า NDF/ADF จะไม่คงที่ในแต่ละวัตถุดิบ โดยทั่วไปใช้ค่า NDF อยู่ในช่วงแนะนำคือ 32-44 เปอร์เซ็นต์ เรามีเกณฑ์การพิจารณาระดับ NDF คือเราใช้ค่าต่ำสุดเมื่อคำนึงถึงสมดุลของกระเพาะรูเมนที่ยังคงอยู่ได้เมื่อเราพิจารณาเพิ่มระดับพลังงานขึ้นโดยเฉพาะในโคให้น้ำนมมาก แต่เราใช้ค่า NDF ในระดับสูงขึ้นเมื่อเราพิจารณาว่าโคยังได้พลังงานเพียงพอ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณคาร์โบไฮเดรต มีด้วยกันหลายปัจจัย ซึ่งแต่ละปัจจัยก็จะส่งผลให้คาร์โบไฮเดรตแตกต่างกันออกไป (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

1. อายุพืช (maturity) พืชโดยทั่วไปยิ่งมีอายุมาก ยิ่งมีปริมาณ lignin สูง ทำให้อัตราการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตช้าลง ดังนั้นทำให้ ระดับพลังงานที่ใช้ได้ และสิ่งแห้งที่กินได้ลดลง เมล็ดธัญพืชทั่วไปเมล็ดที่โตเต็มที่แล้วจะมีปริมาณของคาร์โบไฮเดรต (น้ำตาล) จะเก็บเป็นส่วนของคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนใหญ่ ทำให้มีความหนาแน่นของพลังงานมาก แต่อัตราการย่อยสลายลดลง

2. สิ่งแวดล้อม สภาพฝนตก อุณหภูมิดิน ความสมบูรณ์มีผลต่อธาตุอาหารในพืชและเมล็ดพืช

3. *กระบวนการแปรรูป* เมื่อมีการแปรรูป เช่น การบดเมล็ดข้าวโพด เท่ากับว่าเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าย่อยแบ่งได้มากขึ้นเป็นการเพิ่มอัตราการสลายตัวของคาร์โบไฮเดรตยิ่งขึ้น การหมักพืชในระหว่างกระบวนการหมัก สารพวกน้ำตาลจะถูกหมักสลายตัวเป็นกรดไขมันระเหยได้ เหลือไว้แต่พวกแป้งกับ cell wall แต่ถ้าปล่อยให้กระบวนการหมักยืดยาวออกไปมาก เช่น การทำพืชหมักที่อัดบดไม่แน่นจะมีผลทำให้ บางส่วนของ hemicellulose สลายตัวไปด้วยพืชหมักที่มีความชื้นมาก จะสลายตัวเร็วทำให้เหลือแต่คาร์โบไฮเดรตที่เป็นประโยชน์อยู่น้อย ส่วนใหญ่จะเหลืออยู่ในรูป crystallized ส่วนพืชหมักที่มีความชื้นอยู่น้อย เมื่อหมักตัวจะเกิดความร้อนขึ้นสูง ทำให้เกิดสภาพ Maillard reaction คือน้ำตาลและ lignin จะหลอมรวมกับโปรตีนทำให้ใช้ประโยชน์ได้น้อย ส่วนพวกเมล็ดธัญพืชแห้งที่ใช้เป็นอาหารโค (ควรเป็นลักษณะบดแตกเป็นชิ้น ไม่ควรใช้เครื่องจักรชนิดปั่นตีให้แตกจะทำให้ชิ้นละเอียดจนเกินไป) ถ้าให้ในรูปบดจะเป็นการเพิ่มการย่อยได้ เพราะเป็นการเพิ่มพื้นที่ในการเข้าย่อยสลายของจุลินทรีย์ และเป็นการป้องกันไม่ให้เมล็ดธัญพืชไหลผ่านไปลำไส้เร็วเกินไป เช่น เมล็ดข้าวโพดก่อนใช้ควรนำมาบดก่อน อย่างไรก็ตามให้คำนึงว่า ถ้าใช้เมล็ดธัญพืชในลักษณะที่มีความชื้นสูง ซึ่งเนื้อแป้งในเมล็ดธัญพืชแบบนี้ จะสลายได้เร็วกว่าแบบเมล็ดแห้งอยู่แล้ว จึงควรใช้ในลักษณะให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อเป็นการรักษาสสมดุลในกระเพาะอาหารไม่ให้ pH เปลี่ยนเร็วเกินไป

4. *ชนิดพืช* พืชอาหารสัตว์ (forage) กลุ่มพืชตระกูลถั่ว (legumes) ทำให้คาร์โบไฮเดรต เหลืออยู่น้อยส่วน lignin จะไม่ถูกย่อยสลาย และจะสามารถสลาย NDF ได้เร็วในอัตราเท่ากับ pectin และน้ำตาล ที่เหลือจะเป็นส่วนของ lignin ส่วนคาร์โบไฮเดรตจะเหลือน้อย ในขณะที่ใช้พืชอาหารสัตว์ จำพวกพืชตระกูลหญ้าพบว่า จะมีการย่อย NDF ได้ช้า (ใช้ได้ดี) ส่วนเนื้อแป้งและน้ำตาลจะสลายได้ตัวเร็วในกระเพาะรูเมน ส่วนเมล็ดธัญพืชคาร์โบไฮเดรตในเมล็ดธัญพืชมีความแปรปรวนในเรื่องการให้ประโยชน์ได้มากน้อยต่างกัน และย่อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมนโดยทั่วไปกลุ่มที่ย่อยได้ยากไปถึงย่อยได้ง่ายในกระเพาะรูเมน คือ เมล็ดข้าวฟ่าง เมล็ดข้าวโพด เมล็ดข้าว ตามลำดับ

5. *แหล่งของแป้ง* เมล็ดธัญพืชต่างชนิด เช่น ข้าวโพด มันสำปะหลัง มีความสามารถในการย่อยสลายได้ต่างกัน และยิ่งหากนำมาผ่านกระบวนการอบ นึ่ง จะเป็นการเพิ่มการย่อยได้ ดังนั้นในกรณีที่ใช้แหล่งอาหารหยาบจากเศษเหลือโรงงาน ควรพิจารณาแหล่งแป้งที่เหมาะสมเพื่อกระตุ้นการหมักให้สมดุล หรือเมื่อใช้แป้งที่ย่อยได้ง่ายในอาหารโคก็ควรเพิ่ม NDF ให้มีค่าสูงกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ หรือ (non-forage fiber; NFF) ให้มีค่าสูงกว่า 43 เปอร์เซ็นต์

6. *ขนาดความยาวของพืชอาหารสัตว์* การใช้หญ้าสับที่มีขนาดชิ้นเล็กทดแทนหญ้ายาวจะลดการหลังหรือการสกร้าน้ำลายลง 5 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าปริมาณน้ำลายและการเคี้ยวเอื้องจะสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิด ดังนั้นอาหารสูตรรวมต้องมีขนาดชิ้นส่วนอาหารยาวประมาณ 1 เซนติเมตร หรือพืชอาหารสัตว์ชนิดเส้นใยยาวเป็นองค์ประกอบอยู่อย่างน้อย 10 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้งของอาหาร (Allen, 2000) นอกจากนี้ Chamberlain and Wilkinson (2000) ยังแนะนำให้โคกิน อย่างน้อย 2 kg (DM) ต่อวันจากพืชอาหารสัตว์หรือหญ้าที่มีความยาวอย่างน้อย 10 cm จึงจะเพียงพอกระตุ้นให้น้ำลายและสารละลายอูออนที่เป็นกลางหลั่งออกมา เพื่อให้สภาพกระเพาะมีความสมดุลของ pH ประมาณ 6.2-6.5 ซึ่ง pH ระดับนี้ช่วยให้จุลินทรีย์ที่ย่อยเยื่อใย และโปรโตซัวดำรงชีวิตอยู่ได้ในกระเพาะรูเมน แต่ปัญหาของเมืองไทยคือเราไม่เคยสับพืชอาหารสัตว์ให้มีชิ้นเล็ก การให้แบบเส้นใยยาวจึงกระทบการกินได้และสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น

7. ใช้แหล่งเยื่อใยที่กระตุ้นการเคี้ยวเอื้อง (*effective fiber*) Mertens (1997) ได้พัฒนาและเปรียบเทียบผลของอาหารเยื่อใยต่อการกระตุ้นการเคี้ยวเอื้องว่า ถ้าหญ้าแห้งชนิดยาวมีค่าเท่ากับ 1 หญ้าสับและข้าวโพดหมักมีค่าเท่ากับ 0.9-0.95 และถ้าสับแบบละเอียด มีค่าเท่ากับ 0.7-0.85 เทียบเท่าหญ้าแห้ง ดังนั้นการเสริมแหล่งเยื่อใยจึงไม่จำเป็นเสมอไปที่โคจะได้รับ NDF อย่างเพียงพอหรือมีผลต่อการเคี้ยวเอื้อง การสร้างน้ำลาย ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสัดส่วนของกรดไขมันระเหยง่ายต่อไป

8. การใช้สารปรับสภาพกรด-ด่าง (*buffer*) การใช้สารปรับสภาพกรด-ด่าง มุ่งเน้นเพื่อรักษาให้ระดับ pH ในกระเพาะหมักอยู่ที่ pH 6.5 ซึ่งจะช่วยให้จุลินทรีย์ที่ย่อยสลายสารอาหารเยื่อใยดำรงชีพอยู่ได้ การผลิตกรดไขมันโดยเฉพาะ acetic acid (C_2) อยู่ในระดับปกติ ซึ่งช่วยให้เปอร์เซ็นต์ไขมันน้ำนมอยู่ในเกณฑ์ปกติ สารเคมีที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ โซเดียมคาร์บอเนต (*sodium carbonate*) โซเดียมไบคาร์บอเนต (*sodium bicarbonate*) แคลเซียมคาร์บอเนต (*calcium carbonate*) และแคลเซียมออกไซด์ (*calcium oxide*) โดยใช้ที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ การใช้สารกลุ่มนี้จะทำให้รสชาติของอาหารมีความน่ากินน้อยลง ซึ่งอาจมีผลต่อการกินได้ของโคด้วย มีการใช้สารเสริมนี้ในกรณีที่อาหารข้นมากหรือกรณีค่า NDF ในสูตรอาหารต่ำกว่าเกณฑ์ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

9. วิธีการจ่ายอาหาร เป็นที่ยอมรับกันว่าวิธีที่ดีที่สุดที่จะรักษาให้มีการเปลี่ยนแปลง pH ในกระเพาะน้อยที่สุด ทำให้การจ่ายอาหารแบบสูตรรวม (*total mix ration; TMR*) ทำให้โคสามารถย่อยสลายอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่มีการจ่ายอาหารแบบแยกส่วนอาหารข้นกับอาหารหยาบออกจากกัน ซึ่งปกติจะมีการจ่ายอาหารวันละ 2 ครั้ง (เช้า-เย็น) หากผู้เลี้ยงมีปัญหาไขมันนมต่ำ ควรเพิ่มความถี่ในการจ่ายอาหาร เช่น จากเดิมจ่าย 2 ครั้ง ๆ ละ 4 kg ให้แบ่งการให้อาหารเป็นวันละ 4 ครั้ง ๆ ละ 2 kg จะช่วยรักษาสภาพ pH ในกระเพาะรูเมนได้ ส่วนอาหารหยาบในกรณีให้วันละ 2 ครั้ง นั้นควรเพิ่มความถี่ในการให้อาหารเช่นกัน รวมถึงอาจช่วยสับอาหารเป็นชิ้นเล็กช่วย หากโคมีปัญหากินได้ไม่ครบตามต้องการ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) อย่างไรก็ตามโคที่เลี้ยงอยู่ในแปลงหญ้าก็มีปัญหาไขมันนมต่ำได้เช่นกัน เพราะโคมีนิสัยชอบกินหญ้าอ่อน และหญ้าอ่อนก็มีการย่อยสลายตัวได้เร็วมีอัตราการผ่านออกจากกระเพาะรูเมนได้เร็ว ทำให้มีการผลิต C_2 ได้น้อย อาหารข้นที่เสริมในกลุ่มโคประเภทนี้ควรมีระดับ (*non-fiber carbohydrates; NFC*) ต่ำลงกว่าเกณฑ์ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) ลำดับของการให้อาหาร ในกรณีที่ให้อาหารแบบแยกส่วน อาหารหยาบกับอาหารข้น ควรมีจังหวะการให้ที่สม่ำเสมอ สลับกันไปตลอดทั้งวันโดยเริ่มจากการให้หญังก่อนแล้วตามด้วยการให้อาหารข้น ไม่ควรให้อาหารอย่างใดอย่างหนึ่งมากเกินไป หรือให้จนหมดไปก่อน ในกรณีที่ให้อาหารสูตรรวม TMR ให้แบ่งการให้ครั้งละน้อย ๆ แต่ให้ตลอดวัน ช่วงจังหวะการให้สม่ำเสมอ ลำดับการให้อาหารดังกล่าวนี้ จะช่วยให้โคสามารถควบคุมสมดุลภายในกระเพาะรูเมน เช่น pH จำนวนจุลินทรีย์โปรโตซัว และปริมาณน้ำลายที่หลั่งออกมาได้ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

10. ตรวจสอบสัดส่วนอาหาร R:C ratio หรือสัดส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้น (คิดเป็นน้ำหนักแห้ง) ตามเกณฑ์ปกติ ควรอยู่ที่ 40:60 ถึง 60:40 โดยโคให้น้ำนมมากควรมีอัตราส่วนอาหารหยาบต่ออาหารข้นแห้งไม่เกิน 40:60 (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

3.3 คาร์โบไฮเดรตที่เป็นเยื่อใย (Fiber)

อาหารเยื่อใยเป็นอาหารหลักหรืออาหารพื้นฐานในการเลี้ยงโคนม ซึ่งโคนมจำเป็น ต้องได้รับอย่างเพียงพอทั้งปริมาณและคุณภาพ เพื่อจะนำไปใช้โดยจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมน เนื่องจากอาหาร

เยื่อใยมีลักษณะทางกายภาพที่มีความฟุ้งสูง (bulk density) มีความสามารถในการกระตุ้นและส่งเสริมการบดเคี้ยวอาหาร การหลั่งน้ำลาย การเคี้ยวเอื้อง และการพัฒนากระบวนการหมักในรูเมน รวมทั้งการดูดซึมผลผลิตสุดท้ายจากกระบวนการหมักได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดความสมดุล และนิเวศวิทยาที่เหมาะสมในรูเมน โดยเมธา วรณพัฒน์ (2538) ได้รายงานไว้ว่า ลักษณะของอาหารเยื่อใยที่นำมาใช้เลี้ยงสัตว์นั้นจำเป็นต้องมีขนาดที่เหมาะสม และคงคุณสมบัติของเยื่อใยที่มีประสิทธิภาพและสามารถเกิดการสลายตัวในกระเพาะรูเมนได้เป็นอย่างดี

ส่วนองค์ประกอบทางเคมีของสารเยื่อใยมีความสำคัญต่อความต้องการของโคนม เพื่อการดำรงชีพ และการผลิตน้ำนม องค์ประกอบทางเคมีของอาหารเยื่อใย และการใช้ประโยชน์มีความสัมพันธ์กันซับซ้อนประกอบด้วยปริมาณความชื้นปริมาณโปรตีน พลังงาน เยื่อใยในอาหาร (NDF และ ADF) ซึ่งมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของจุลินทรีย์ในรูเมนในการหมัก (ปีน จันจุฬา และ เมธา วรณพัฒน์, 2545)

อาหารเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ (non-forage NDF; nNDF)

อาหารเยื่อใยที่ไม่ได้มาจากพืชอาหารสัตว์ ได้แก่ เปลือกถั่วต่าง ๆ เมล็ดฝ้าย เปลือกสับปะรด เป็นต้น อย่างไรก็ตาม nNDF จะมีคุณสมบัติในการกระตุ้นการหลั่งน้ำลาย การเคี้ยวเอื้อง รักษาสมดุลในกระเพาะรูเมน และรักษาระดับไขมันน้ำนมได้ดีกว่าแหล่งอาหารหยาบที่มาจากหญ้า (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) ซึ่ง Mertens (1997) และ Allen (1997) ได้สรุปว่า ถ้าให้คุณสมบัติเยื่อใยจากหญ้าหรือพืชอาหารสัตว์มีค่าเท่ากับ 1 แล้ว อาหารเศษเหลือจากการเกษตรมีค่าเท่ากับ 0.4 เท่าของหญ้า อาหารขี้มีค่า 0.3-0.8 เท่า หรือโดยเฉลี่ยแหล่งอาหารหยาบชนิด nNDF จะมีค่า 0.5 หรือ 50 เปอร์เซ็นต์ ของหญ้าเท่านั้น ดังนั้นถ้าลด NDF จากหญ้าลง 1 เปอร์เซ็นต์ จะต้องเพิ่มค่า NDF รวมขึ้น 2 เปอร์เซ็นต์ จากค่ามาตรฐานดังกล่าวยกเว้นในกรณีใช้เมล็ดฝ้ายเสริมในอาหาร เมล็ดฝ้ายจะมีคุณสมบัติพิเศษในด้านให้ทั้งระดับพลังงานเพิ่มขึ้นและเป็นแหล่งเยื่อใยที่ดีจึงรักษาระดับการให้ผลผลิตน้ำนมและเปอร์เซ็นต์ไขมันน้ำนมได้ดี

ในการทำให้จุลินทรีย์ในกระเพาะเกิดความสมดุลและเจริญเติบโตเร็วได้ดี ทำได้โดยการรักษาจำนวนเยื่อใยที่โคต้องการใช้ให้เพียงพอไม่ต่ำกว่าระดับต่ำสุด และสามารถประเมินความต้องการ NDF โดยใช้ความสัมพันธ์กับน้ำหนักร่างกายซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับขนาดความจุของกระเพาะรูเมน (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) ซึ่ง Mertens (1987) ได้แนะนำว่าไม่ควรให้ NDF เกิน 1.2 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักร่างกายหรือโคที่กำลังโตและโคให้นมช่วงปีที่ 1-2 ควรให้ NDF ได้ในระดับ 1.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักร่างกาย ส่วนในโคพักรีดนมและโคที่กำลังให้นมในช่วงต้นควรให้ NDF ได้ 0.8 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักร่างกาย ดังนั้นจึงควรจัดให้มีอาหารคุณภาพดีและการแบ่งโคให้มีความรูปร่างใกล้เคียงกันอยู่ด้วย นอกเหนือจากการแบ่งกลุ่มตามระดับผลผลิตน้ำนมอย่างเดียว โดยเฉพาะโคนมที่ให้นมในปีแรก หรือเมื่อคลอดลูกตัวแรก ขณะที่ตัวเองมีน้ำหนักต่ำ (under size) ควรเพิ่มระดับการกิน NDF อีกเล็กน้อย อยู่ในเกณฑ์ 0.9 – 1.1 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักตัว การคำนวณสูตรอาหารโคสาวมีความสำคัญคือ ถ้าจะให้โคสาวถึงขนาดตัวตามพันธุ์กรรม จะต้องคำนวณให้ปริมาณ NDF อยู่ในระดับสูงที่กินได้ ถ้าเราจะควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ 0.8 – 1.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักร่างกายนั้น เราต้องจัดหาอาหารหยาบที่มีคุณภาพดีมาให้ ส่วนโครีดนมในช่วงแรกให้ประเมินน้ำหนักร่างกายให้ถูกต้อง จะทำให้ NDF ค่าไม่คลาดเคลื่อน จากที่โคต้องการจริง (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

องค์ประกอบและลักษณะของเยื่อใย

วัตถุดิบอาหารสัตว์ทุกชนิดมีปริมาณของเยื่อใยทั้งนั้น จะแตกต่างกันเพียงปริมาณที่พบ เยื่อใยจะต่างจากโภชนะที่กล่าวมาก่อนหน้านี้ทั้งหมดคือ เยื่อใยไม่ใช่สารประกอบเดี่ยว แต่เยื่อใยประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิดและมีส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่ซับซ้อนในสัดส่วนมากกว่า ที่สามารถดูความแตกต่างของเยื่อใยได้จากสายตา โดยทั่วไปพืชอาหารสัตว์ที่อยู่ในระยะออกดอก จะมีส่วนของลำต้นมากและปริมาณของเยื่อใยเป็นองค์ประกอบมากด้วย ถ้าดูในกล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่าเยื่อใยคือส่วนของผนังเซลล์พืช ที่จะช่วยป้องกันส่วนของพืชไม่ให้ถูกทำลายจากสภาพแวดล้อมได้ง่าย รวมทั้งจากการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ต่างๆ ด้วยเหตุนี้ความแตกต่างของเยื่อใยพืช นอกจากแตกต่างระหว่างชนิดพืชแล้ว ในพืชชนิดเดียวกันแต่อายุต่างกันก็จะมีสัดส่วนของเยื่อใยต่างกัน (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

3.4 การย่อยเยื่อใยในกระเพาะรูเมน

อาหารเยื่อใยที่มาจากพืชอาหารสัตว์ต่างๆ ที่โคกินเข้าไปจะได้รับการย่อยด้วยจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน ทำให้สามารถใช้เยื่อใยเป็นแหล่งพลังงานได้ ดังนั้นรูปแบบของเยื่อใยที่ได้รับจึงมีผลต่อการย่อยได้ พืชอายุอ่อนจะย่อยได้ง่ายกว่าพืชที่มีอายุแก่ เพราะมีส่วนประกอบของลิกนิน ซิลิกาและคิวตินน้อยกว่า รวมทั้งใช้เวลาในการหมักตัวอยู่ในกระเพาะน้อยกว่าพืชแก่ ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การย่อยได้มีได้ตั้งแต่ 0-90 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับลักษณะของเยื่อใยว่ามีอะไรประกอบอยู่บ้าง แต่เราใช้เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใยบ่งบอกคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ (NDF, ADF) (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

3.5 การวัดคุณภาพของอาหารเยื่อใย

ในปัจจุบันการประเมินคุณค่าทางอาหารของอาหารหยาบที่ใช้กับสัตว์เคี้ยวเอื้อง จะนิยมใช้ค่า NDF และ ADF มากกว่าการใช้ค่า CF ในระบบระบบเดิม ซึ่งใช้กันในการคำนวณอาหารสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่ NDF และ ADF จะสัมพันธ์กับความต้องการอาหารเยื่อใยของโคนมที่สุด ดังเช่นที่กล่าวไว้ในเรื่องคาร์โบไฮเดรต แต่ที่ต้องเน้นมีดังนี้ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

1. NDF จะมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับอัตราการกินได้ของโค ถ้าค่า NDF สูงจะมีสัดส่วนกับคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยได้มากขึ้นและอาหารจะมีความฟ้ามมากขึ้น หรืออาหารจะใช้พื้นที่ความจุในกระเพาะรูเมนมากและอาหารมีระยะเวลาหมักในกระเพาะนานขึ้น ค่า NDF ยังมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตน้ำนม เปอร์เซ็นต์ไขมันน้ำนมและสุขภาพของโค
2. ADF ค่า ADF จะบ่งบอกถึงการย่อยได้ของอาหารสัตว์ ถ้าค่า ADF สูง แสดงว่าพืชอาหารสัตว์นั้นจะมีสัดส่วนของลิกนิน ซึ่งโคย่อยไม่ได้อยู่สูง เช่นกัน ค่า ADF ที่ต่ำ แสดงว่าอาหารหรือพืชอาหารสัตว์มีการย่อยได้สูง
3. ADL (Acid detergent lignin) เป็นการใช้อครดซัลฟูริก (sulfuric acid; H_2SO_4) ในการแยกส่วนของเซลลูโลสกับลิกนินออกจากส่วนที่ย่อยไม่ได้คือ ADL เป็นส่วนเฉพาะของลิกนิน ผลผลิตจากการย่อยได้ของอาหาร

3.6 ผลผลิตจากการย่อยได้ของอาหาร

ถึงแม้ว่าบางส่วน of อาหารเยื่อใยคือ ลิกนินและซิลิกาจะย่อยไม่ได้ แต่องค์ประกอบอื่น ๆ ได้แก่ เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจะสามารถย่อยได้โดยย่อยจุลินทรีย์ให้เป็น คาร์โบไฮเดรตอย่างง่าย เช่น VFA (acetic acid, propionic acid, butyric acid) และ ก๊าซมีเทน คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) น้ำ ความร้อน และกรดแลกติกอีก แต่เป็นส่วนน้อย บางส่วนของ VFA เหล่านี้ จุลินทรีย์จะนำไปสร้างเป็นองค์ประกอบของ

ตัวจุลินทรีย์เอง บางส่วนโคกจะดูดซึมนำไปใช้ได้เลย ก๊าซ CO_2 และ CH_4 ที่จุลินทรีย์ผลิตออกมาจะถูกขับออกโดยการเรอ แต่ในกรณีที่ขับออกไม่ทันจะเกิดอาการท้องอืด (bloat) (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

VFA เป็นแหล่งให้พลังงานหลักแก่โคมนที่ระบบกระเพาะรูเมนทำงานเต็มที่ทุกวันในลูกโค ซึ่ง acetic acid, propionic acid และ butyric acid ถือเป็นแหล่งพลังงานถึง 2 ใน 3 ของพลังงานที่โคย่อยได้จากอาหารทั้งหมด ถ้าโคได้รับอาหารหยาบคุณภาพดี ปริมาณของ acetic acid จะผลิตได้มากกว่า propionic acid หรือ butyric acid ปริมาณของ VFA จะแสดงออกมาในรูปอัตราส่วนหรือ “molar ratio” โดยทั่วไปในอาหารที่ปกติ จะมีอัตราส่วนของ acetate 65 เปอร์เซ็นต์ propionate 20 เปอร์เซ็นต์ และ butyrate 15 เปอร์เซ็นต์ (VFA จะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสภาพของเกลือในสภาพร่างกาย เช่น acetic acid เป็น acetate เป็นต้น) อัตราส่วนดังกล่าว อาจเปลี่ยนแปลงได้ขึ้นอยู่กับให้อาหาร สัดส่วนของอาหาร แต่ปริมาณขึ้นอยู่กับขนาดความยาวของเยื่อใยและปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยง่ายจะมีอิทธิพลต่ออัตราส่วน VFA มากที่สุด ถ้าให้อาหารที่มีแหล่งคาร์โบไฮเดรตย่อยง่ายมาก และมีปริมาณเยื่อไຍน้อย จะทำให้ acetate ผลิตน้อยลงและ propionate จะเพิ่มขึ้น (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

4. สัตว์เคี้ยวเอื้อง (Ruminant)

สัตว์เคี้ยวเอื้องจัดอยู่ใน Order Artiodactyla ใน Suborder ruminantia คำว่า ruminant มาจากภาษาละตินว่า ruminare ซึ่งแปลว่า การนำอาหารออกมาเคี้ยวใหม่ (chew over again) จึงเรียกสัตว์พวกนี้ว่า สัตว์เคี้ยวเอื้อง (ฉลอง วชิราภากร, 2541)

กระเพาะอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ กระเพาะหมักหรือผ้าชีวี่ (rumen) รังผึ้ง (reticulum) สามสิบกลีบ (omasum) และกระเพาะจริง (abomasum) ส่วนของกระเพาะรังผึ้งและกระเพาะรูเมนจะเชื่อมติดต่อกัน เรียกรวมกันว่า กระเพาะส่วนเรติคิวโล-รูเมน (reticulo - rumen) ซึ่งกระเพาะส่วนนี้มีความสำคัญในการเอื้ออำนวยต่อสภาวะการเจริญเติบโตและการทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายอาหารโดยเฉพาะเยื่อใย สำหรับจุลินทรีย์ที่พบอยู่ภายในกระเพาะหมักประกอบด้วยจุลินทรีย์หลายชนิด ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว เชื้อรา ยีสต์ จุลินทรีย์เหล่านี้มีผลต่อความต้องการโภชนะและเมตาโบลิซึมของสัตว์ เมื่อสัตว์กินอาหารเข้าไปอาหารจะถูกหมักโดยเอนไซม์ของจุลินทรีย์ที่กระเพาะรูเมนก่อนจะถูกย่อยสลายตามปกติในส่วนลำไส้เล็ก ซึ่งเป็นความแตกต่างจากสัตว์ประเภทอื่นๆ (กฤตพล สมมาตย์, 2546) นอกจากนี้แล้วจุลินทรีย์ยังสามารถใช้ประโยชน์จากสารประกอบไนโตรเจนที่มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน เช่น แอมโมเนีย เพื่อสังเคราะห์เป็นจุลินทรีย์โปรตีน (microbial protein) ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญของสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Orskov, 1992; Taylor and Field, 2001)

ลักษณะพิเศษของกระเพาะรูเมนและความสามารถของจุลินทรีย์ภายในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ทำให้สัตว์เคี้ยวเอื้องมีความสามารถพิเศษต่างจากที่พบในสัตว์ประเภทอื่นทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ประโยชน์จากอาหารหยาบ อาหารที่ได้จากเศษเหลือ และผลพลอยได้จากการเกษตร อีกทั้งยังสามารถใช้อาหารโปรตีนที่มีคุณภาพต่ำและใช้ยูเรียเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนในอาหารได้ (กฤตพล สมมาตย์, 2546) ปัจจุบันได้มีการนำเทคนิคถุงในลอนมาใช้ทดสอบการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่ทำให้ทราบการย่อยได้และสามารถเลือกใช้พืชที่อยู่ในท้องถื่น เช่น กระถิน ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม ถั่วลิสง เป็นต้น ก่อนนำมาใช้เป็นอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้องได้อย่างเหมาะสม

4.1 การย่อยและการดูดซึมในทางเดินอาหารของสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การย่อยและการดูดซึมในกระเพาะส่วนหน้า หลังจากการกินอาหาร มีการบดเคี้ยวอาหาร และหลังน้ำลายเข้ามาในรูเมน อาหารที่ถูกกินจะเกิดการย่อยโดยกระบวนการหมักของจุลินทรีย์ในรูเมน อาหารคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยได้ผลผลิตสุดท้าย เช่น กรดแลคติก กรดไขมันที่ระเหยได้ เป็นต้น อาหารโปรตีนจะถูกย่อยได้ผลผลิตสุดท้าย คือ แอมโมเนีย กรดอะมิโน เป็นต้น ซึ่งแต่เดิมนั้นเชื่อกันว่าเนื้อเยื่อของผนังรูเมนเรติคูลัม และโอมาซัมไม่สามารถที่จะดูดซึมสารต่าง ๆ กันได้เพราะเป็นเนื้อเยื่อพวก เซลล์ผิวชั้นบนสุดของเนื้อเยื่อบุผิวรูปร่างแบนบางเรียงตัวหลายชั้น (cornified stratified squamous epithelial cells) ไม่มีพื้นผิวสำหรับการดูดซึมหุ้มอยู่ แต่ Barcoft (1974) (อ้างโดย Czerkawski, 1986) พบว่า stratified epithelial cells จะมีเยื่อบาง ๆ ของเซลล์ผิวชั้นบนสุด (cornified) อยู่ประมาณ 3-4 เซลล์ ที่สามารถจะทำให้เกิดการดูดซึมของสารต่าง ๆ ที่เกิดจากกระบวนการหมักในรูเมน นอกจากนี้ยังพบว่าเนื้อเยื่อส่วนนี้ยังมีเส้นเลือดมาหล่อเลี้ยงจำนวนมาก (ฉลอง วชิราภากร, 2541)

4.2 การศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนโดยใช้ถุงไนลอน (Nylon bag technique)

เทคนิคการใช้ถุงไนลอนเป็นเทคนิคที่สามารถศึกษาการย่อยสลายได้ของอาหารในสัตว์คือการ ใช้ถุงไนลอน (Nylon bag technique) โดยการใช้ถุงไนลอนบรรจุอาหารที่ใช้ทดสอบสอดเข้าไปไว้ในกระเพาะรูเมนของสัตว์ที่เจาะกระเพาะ และปล่อยให้ถูกย่อยสลายอยู่ในกระเพาะรูเมนในระยะเวลาต่าง ๆ กัน จากนั้นจึงนำถุงออกมาล้าง อบแห้ง และประเมินการย่อยสลายได้โดยมีกรรมวิธีที่เป็นมาตรฐานในแต่ละขั้นตอนของการทดสอบ เช่น การเตรียมอาหารบรรจุถุง การล้างถุง อบแห้ง เป็นต้น วิธีการนี้จัดเป็นการวิเคราะห์แบบ *in sacco* สามารถวัดได้ทั้งอัตราและปริมาณการย่อยสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน โดยประเมินจากน้ำหนักของอาหารที่หายไปในช่วงระยะเวลาต่าง ๆ นับว่าเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกเหมาะสำหรับการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความสามารถและลักษณะการย่อยสลายของอาหารในกระเพาะรูเมนวิธีหนึ่ง เทคนิคการใช้ถุงไนลอน ตามวิธีของ Orskov *et al.* (1980) มัดปากถุงด้วยเชือกไนลอน ผูกรวมกันเป็นพวง แล้วนำไปผูกที่ปลายโซ่ถ่วง ซึ่งมีสายยาวประมาณ 20 – 30 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำไปสอดเข้าไปในกระเพาะรูเมนส่วนล่างของโคที่เจาะกระเพาะ (Rumen cannulated steers) และปล่อยให้ถุงไนลอนอยู่ในกระเพาะรูเมนเป็นเวลานาน 0, 4, 8, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จึงนำถุง (อย่างต่ำ 3 ถุง/ตัวอย่าง/ช่วงเวลา) ออกมาล้างด้วยน้ำประปาจนน้ำที่ล้างมีลักษณะใส บีบน้ำออกจากถุงเบาๆ แล้วนำเข้าอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท (48 ชั่วโมง) จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักของถุงและอาหารที่เหลือ คำนวณค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และเยื่อใย NDF ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน โดยใช้สูตร

$$\% \text{ การย่อยสลายได้ของโภชนะในกระเพาะรูเมน} = (\text{น้ำหนักที่หายไป} / \text{น้ำหนักที่เริ่มต้น}) \times 100$$

เทคนิคการใช้ถุงไนลอนนี้เป็นเทคนิคที่ง่ายและสะดวก เหมาะสำหรับการศึกษาถึงข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความสามารถในการย่อยสลายได้ (degradability) ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และ เยื่อใย NDF ในรูเมน ซึ่งจัดว่าเป็นวิธีวิเคราะห์แบบ *in vivo* วิธีหนึ่ง เทคนิคนี้จำเป็นต้องทดสอบให้ได้มาตรฐานในกรรมวิธีการเตรียมอาหารใส่ถุงตลอดจนการล้างและการอบ ถุงไนลอนที่ใช้จะต้องมีความสม่ำเสมอในด้านน้ำหนักและขนาดของความห่างของถุงโดยใช้ขนาด 40-60 ไมโครเมตร

4.2.1 การเตรียมตัวอย่างใส่ถุงไนลอน

การเตรียมตัวอย่างใส่ถุงในลอนนั้นจะต้องใช้ตัวอย่างที่เหมือนกันกับตัวอย่างอาหารที่ควรจะตกเข้าสู่รูเมนโดยการกินของสัตว์เอง บดตัวอย่างให้ได้มาตรฐาน โดยบดผ่านตะแกรงขนาด 1 mm หรือ 30 mesh ถ้าใช้ตัวอย่างสดให้บดให้ละเอียดก่อน และวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (DM) และอินทรีย์วัตถุ (OM) แยกต่างหาก ถ้าเป็นตัวอย่างอาหารหยาบ ใช้ขนาด 3 g ถ้าเป็นโปรตีนหรือเมล็ดธัญพืชให้ใช้ขนาด 5 g ต่อถุง ทำเครื่องหมายใส่ถุงให้เรียบร้อยและเป็นระบบที่ดี เมื่อซังตัวอย่างเสร็จให้มัดด้วยเชือกในลอนให้เรียบร้อย โดยใช้เทคนิคในการผูกแบบมาตรฐาน รวมถุงให้เป็นพวง เพื่อนำไปใส่ในรูเมน ซึ่งจะสามารถนำออกมาในแต่ละช่วงเวลาได้สะดวก โดยให้สายผูกพวงยาวประมาณ 20-30 cm ให้นำถุงชุดหนึ่งออกมาล้างน้ำ เพื่อวิเคราะห์หาการละลายออกของสารละลายที่มีในตัวอย่าง

4.2.2 การใส่ถุงแขวนในกระเพาะรูเมน

ค่อยๆ ใส่ถุงทั้งหมดลงไปในกระเพาะรูเมน และผูกสายให้ติดกับฝาปิดของกระบอกปิดรูเมน ถุงที่ผูกติดนี้สามารถเคลื่อนตัวได้อย่างอิสระในรูเมน ทั้งในระดับของของเหลว และในระดับของของแข็ง อาจล้างถุงอาหารทั้งหมดก่อนนำไปผูกใส่รูเมน จัดอาหารในถุงให้กระจายในถุงให้สม่ำเสมอก่อนนำไปใส่ในรูเมน ตรวจสอบให้แน่ใจว่าถุงทุกถุงแช่ลงไปในของเหลวในรูเมน โดยอยู่ในส่วนของรูเมนส่วนล่าง

4.2.3 ช่วงระยะเวลาของการจุ่มในรูเมน

ระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดของการจุ่มถุงไว้ในรูเมนเพื่อให้ได้ค่าอธิบายถึงอัตราการย่อยสลายนั้น ขึ้นอยู่กับลักษณะรูปแบบการย่อยสลายในช่วงเวลาต่างๆ ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะเสนอแนะระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อใช้กับแหล่งอาหารทุกชนิด สำหรับการทดสอบแหล่งโปรตีนนั้นควรใช้ช่วงเวลาที่ 2, 6, 24 และ 36 ชั่วโมง ส่วนในหญ้าเฮย์ ฟาง และแหล่งอาหารเยื่อใยต่างๆ นั้น ให้ใช้ช่วงการจุ่มยาวนานกว่า อาจจะมียืดออกไปจนถึง 48, 72 และ 96 ชั่วโมง แต่ถ้าอาหารนั้นอวบน้ำ ระยะเวลาก็น่าจะสั้นลง พวกพืชหัวอาจจะสลายตัวในรูเมนภายในระยะเวลา 3-6 ชั่วโมง

4.2.4 การล้างและการอบถุง

หลังจากที่นำถุงออกจากกระเพาะรูเมนแล้วให้นำไปล้างน้ำ โดยค่อยๆ ล้างเอาเศษอาหารจากรูเมนที่ติดมากับถุงออกให้หมด ค่อยๆ บีบล้างถุงให้สะอาดโดยสังเกตจากการล้างจนกระทั่งน้ำใส ปกติจะใช้การล้างแต่ละถุงประมาณ 3-4 ครั้ง โดยแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 2-3 นาที หลังจากค่อยๆ บีบน้ำออกจากถุงจนหมดแล้ว ให้นำถุงไปอบในตู้อบ (incubator) โดยใช้อุณหภูมิที่ 60-70 องศาเซลเซียส เซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ ตัดเชือกที่มัดถุงออก แล้วนำถุงไปชั่งน้ำหนัก

5. ผลของคอนเดนส์แทนนินในพืชตระกูลถั่วที่นำมาเป็นอาหารสัตว์

การที่มีปริมาณคอนเดนส์แทนนิน มากในพืชตระกูลถั่วเป็นการส่งผลให้มีผลกระทบต่อการใช้พืชตระกูลถั่วเป็นอาหารสัตว์ เนื่องจากคอนเดนส์แทนนินที่พบสามารถทำให้เกิดทั้งผลดีและผลเสียต่อตัวสัตว์ ดังรายงานของ Barry (1998) รายงานว่าคอนเดนส์แทนนินที่ 5 g/kg DM สามารถลดอาการท้องอืดในแกะได้ และพันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2547) พบว่าคอนเดนส์แทนนินที่ 5-20 g/kg DM ลดอัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของไก่ ส่วนการรายงานของ Reed (1995), Makker (1997) และ Guimaraes-Beelen *et al.* (2006) พบว่าในพืชอาหารสัตว์ที่มีคอนเดนส์แทนนิน 20 - 40 g/kg DM จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องโดยช่วยป้องกันการสลาย (degradation) ของโปรตีนภายใน

กระเพาะรูเมนโดยจุลินทรีย์ (ruminal microorganisms) ซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนไหลผ่าน (By pass protein) มีผลทำให้ไปเพิ่มการดูดซึมโปรตีนในรูปกรดอะมิโนที่บริเวณลำไส้เล็กมากขึ้น ทั้งนี้ Reed (1982) และ Barry (1984) รายงานว่าพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินสูงกว่า 50 g/kg DM จะส่งผลเสียต่อสัตว์คือทำให้ความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องลดลง เนื่องจากคอนเดนซ์แทนนินไปขัดขวางการย่อยอาหารของจุลินทรีย์ในกระเพาะรูเมน และยังทำให้การกินได้ของสัตว์ลดลงอีกด้วย สอดคล้องกับรายงานของ Barry (1998) ศึกษาปริมาณคอนเดนซ์แทนนินใน *Lotus pedunculatus* (75–100 g/kg DM) มีผลทำให้ย่อย cellulose และ hemicellulose ในกระเพาะรูเมนได้น้อยกว่ากะที่ได้รับถั่วอาหารสัตว์ที่มีคอนเดนซ์แทนนินต่ำกว่า ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตของชนแกะลดลง และพบว่าสัตว์กินพืชตระกูลถั่วที่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินสูงถึง 90 g/kg DM สามารถทำให้สัตว์ตายได้ และพันทิพา พงษ์เพียจันทร์ (2547) พบว่าถ้าไก่ได้รับอาหารที่มีคอนเดนซ์แทนนินสูงกว่า 50 g/kg DM ทำให้ไก่มีอัตราการตาย 70 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาของ Tanner *et al.* (1994) พบว่า CT จากพืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์สามารถยับยั้งขบวนการ proteolysis ของโปรตีนกลุ่มที่ปกติที่สามารถเกิดได้ง่าย (susceptible proteins) เช่น casein และ Large subunit (LSU) ของ Rubisco (Ribulose biphosphate carboxylase/oxygenase; เอนไซม์ที่สำคัญในพืช) จาก rumen microflora ในการศึกษา *in vitro* ที่ pH 6.8 การเกิด interaction อาจเกิดระหว่าง PA และ proteolytic enzymes หรือ dietary protein และอาจจะมีผลไปยังขบวนการ proteolysis เนื่องจากไปขัดขวางการ binding ของเอนไซม์ protease กับ susceptible sites บน dietary protein (McManus *et al.*, 1981) หรือขัดขวางโดยตรงต่อการทำงานของ proteolytic enzymes (Kumar and Singh, 1984) ระดับของการเกิดพันธะระหว่าง PA และโปรตีนขึ้นกับชนิดของโปรตีนเช่นเดียวกับชนิดของ PA (Martin and Martin, 1983; Zucker, 1983; Asquith and Butler, 1986; Horigome *et al.*, 1988)

การรายงาน CT จากถั่วอาหารสัตว์ ชนิดที่แตกต่างมีความแตกต่างของน้ำหนักโมเลกุลและองค์ประกอบทางเคมี (Jones *et al.*, 1976) ซึ่งสามารถคาดการณ์การเกิด interaction ระหว่าง CT และโปรตีนได้ ในการศึกษาของ Tanner *et al.* (1994) ที่มีการแยก CT จากถั่วอาหารสัตว์ หลายชนิดต่อการเกิด proteolysis ของ LSU ใน *in vitro* ของ rumen digestions พบว่า CT จากทุกชนิดของถั่วอาหารสัตว์ มีผลในการยับยั้งการเกิด hydrolysis ของ LSU อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตามแต่ละชนิดของ CT ที่แยกได้ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งการที่พืชอาหารสัตว์มี CT อยู่อาจมีผลต่อการใช้โภชนะในสัตว์เคี้ยวเอื้อง โดยจะไปลดอัตราการเกิด proteolysis ดังที่มีการศึกษาใน *in vitro* โดยพบว่าอาจทำให้โปรตีนที่มีในอาหารมีประสิทธิภาพในการใช้ลดลงได้ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ โดยการเปลี่ยนไปอยู่ในรูป ammonia ใน rumen และ excrete ออกมา (Barry and Manley, 1984; Barry *et al.*, 1986b) ขณะที่ในอาหารที่มี PA ระดับปานกลาง (<50 g/kg Dry matter) จะไปเพิ่มการดูดซึมของ non-ammonia nitrogen ในส่วนของ small intestine โดยที่ไม่เป็นอันตรายต่อการ intake และ digestibility ของสัตว์ปิก (voluntary) (Purchas and Keogh, 1984) อาหารที่มีระดับ PA สูง (100-180 g/kg DM) จะมีผลตรงข้ามกันในสัตว์เคี้ยวเอื้อง รวมทั้งไปลดการ intake ความสามารถในการย่อย (digestibility) การเกิด metabolizable energy intake และ fat deposition (Barry and Duncan, 1984; Barry *et al.*, 1986a; Chiqette *et al.* 1988; Kumar and Vaithyanathan, 1990) ในสัตว์ปิกด้วย

6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยการเลี้ยงสัตว์ประเภทเคี้ยวเอื้อง เช่น โค กระบือ แพะ และแกะ มีแนวโน้มจะเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ซึ่งระบุเป้าหมายของการพัฒนาปศุสัตว์อย่างชัดเจน ประกอบกับความตื่นตัวของกสิกรและเอกชนในเรื่องโคเนื้อและนม ทำให้อัตราการเพิ่มของจำนวนสัตว์โดยเฉพาะโคนม เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในสภาพปัจจุบันอาหารสัตว์ของสัตว์เคี้ยวเอื้องส่วนใหญ่ได้จากอาหารชั้น พืชอาหารสัตว์ หญ้าธรรมชาติที่ขึ้นในพื้นที่กว้างเปล่าและพื้นที่ข้างถนน หรือได้จากเศษเหลือของพืชปลูก เช่น ตอซังข้าว ตันข้าวโพด ข้าวฟ่าง กากสับประรด ยอดอ้อย และเถามันเทศ ดังนั้นจึงมีการใช้พืชอาหารสัตว์ หรืออาหารหยาบทดแทนอาหารชั้นให้มากขึ้นเพื่อที่จะลดต้นทุนการผลิตน้ำนมดิบและโคขุนลงได้อย่างมาก ในที่นี้แหล่งโปรตีนที่สำคัญของอาหารสัตว์ ส่วนหนึ่งมาจากพืชตระกูลถั่ว แต่มีการศึกษาพบว่าในพืชตระกูลถั่วมีคอนเดนซ์แทนนิน ซึ่งปริมาณของคอนเดนซ์แทนนิน มีผลต่อการนำเอาประโยชน์ของสารอาหารโปรตีนไปใช้ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ต้องการศึกษาหาปริมาณของคอนเดนซ์แทนนิน ในพืชตระกูลถั่วแต่ละชนิด ที่นิยมปลูกในประเทศไทย เพื่อดูว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดใดมีปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน ในระดับที่เป็นประโยชน์ต่อสัตว์เคี้ยวเอื้องหรือไม่ และหากพบว่าถั่วอาหารสัตว์ชนิดใดมีปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน สูงเกินมาตรฐานที่กำหนดไว้ จะใช้เป็นข้อมูลในการปรับลดเพื่อการใช้ประโยชน์ต่อไป

จากรายงานข้างต้นสังเกตได้ว่าการที่พืชตระกูลถั่วที่เป็นอาหารสัตว์มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินในระดับที่แตกต่างกันนั้นส่งผลต่อสัตว์แต่ละชนิดซึ่งมีทั้งข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งศึกษาอิทธิพลของฤดูกาลปลูกที่มีผลต่อปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน ทั้งในพืชตระกูลถั่วอาหารสัตว์ที่เกษตรกรนิยมปลูก ร่วมกับเศษเหลือหลังการเก็บเกี่ยวที่เป็นส่วนต้นและใบของพืชตระกูลถั่ว 2 ชนิด คือถั่วลิสง และถั่วพุ่ม นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาที่สำคัญได้แก่โปรตีนหยาบและอื่นๆ ร่วมด้วย และเพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ครบถ้วนจึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของพืชตระกูลถั่วเหล่านี้ในกระเพาะรูเมนของสัตว์เคี้ยวเอื้องไปพร้อมกัน

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาแบ่งการทดลองเป็น 2 การทดลอง ดังนี้

- การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาและวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน ในพืชตระกูลถั่ว ภายใต้สภาพแปลงปลูก 2 ถั่ว ได้แก่ ถั่วแฉะและถั่วฝักยาว
- การทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยได้ของพืชตระกูลถั่วในกระเพาะรูเมนของโคทดลอง

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาและวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน ในพืชตระกูลถั่วภายใต้สภาพแปลงปลูก 2 ถั่ว ได้แก่ ถั่วแฉะและถั่วฝักยาว

การปลูกถั่วพืชอาหารสัตว์

วิธีการดำเนินการทดลอง

วางแผนการทดลอง Randomized complete block (RCBD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธี คือ ถั่ว 5

ชนิด ได้แก่	ถั่วพุ่มพันธุ์ KVC7; <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	ตัดที่อายุ	55 วัน
	ถั่วคาวาลเคด; <i>Centrosema pascuorum</i> CV. Cavalcade	ตัดที่อายุ	90 วัน
	ถั่วท่าพระสไตโล; <i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184	ตัดที่อายุ	90 วัน*
	ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60; <i>Arachis hypogaea</i>	ตัดที่อายุ	107 วัน
	ถั่วฮามาต้า; <i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano	ตัดที่อายุ	80 วัน

โดยเมล็ดพันธุ์ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata*) สายพันธุ์ KVC7 ได้รับความอนุเคราะห์จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

การทดลองนี้สามารถทำการวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินในถั่วฮามาต้าได้เฉพาะในถั่วฝักยาว ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาวิเคราะห์รวม (combined analysis) สำหรับ 2 ถั่วปลูกได้ ด้วยเหตุนี้ในการทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในโคทดลองสำหรับพืชปลูกเฉพาะในถั่วฝักยาวที่ได้น้ำตัวอย่างถั่ว ฮามาต้าไปใช้ในการศึกษารวมอยู่ด้วย

ใช้การทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ Randomized Block Design; (RCBD) โดยแบ่งกลุ่มการทดลองเป็นพืชตระกูลถั่ว 5 ชนิด ถั่วแต่ละชนิดปลูกซ้ำกัน 4 แปลง ขนาดแปลง 2 × 5 เมตร ระยะปลูกระหว่างหลุมคือ 20 เซนติเมตร ปลูก 2 ต้นต่อหลุม ปลูกถั่วให้มีระยะห่างระหว่างขอบ 10 เซนติเมตร มีการใส่ปุ๋ยหลังออก มีการกำจัดวัชพืชด้วยมือตามความเหมาะสม ในการให้น้ำในปริมาณที่เหมาะสม มีการจัดการน้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ (ให้น้ำวันละ 1 ครั้ง ในระยะที่เป็นต้นอ่อนอายุ 7 วันแรกและต่อจากนั้นมีการให้น้ำเมื่อต้นอ่อนเริ่มมีการแตกใบเพิ่ม โดยทำการให้น้ำทุก 2 วัน) (ภาพที่ 8-10) โดยการเก็บข้อมูลคุณค่าทางโภชนาของถั่วในถั่วแฉะและถั่วฝักยาวนั้นเกิดจากการปลูกและเก็บเกี่ยวในช่วงเดือนต่าง ๆ ดังนี้

ปลูกถั่วถั่วแฉะในช่วงเดือน มกราคม 2552– ต้นเดือนพฤษภาคม 2552

ปลูกถั่วถั่วฝักยาวในช่วงเดือน มิถุนายน 2552– ตุลาคม 2552

ระยะเวลาที่เริ่มรับทุน อยู่ในเดือนกันยายน เป็นระยะกลางฤดูฝน หากปลูกถั่วเพื่อทำการทดลองที่เวลานี้ จะมีปัญหาเกี่ยวกับผลผลิตไม่ทันฤดูฝน ผู้ทำวิจัยจึงต้องเริ่มศึกษาถั่วที่ปลูกในฤดูแล้งก่อน โดยเริ่มปลูกพืชทดลองต้นเดือนมกราคม-ต้นเดือนพฤษภาคม 2552 โดยทำการปลูก ณ ศูนย์วิจัยพืชอาหารสัตว์เพชรบุรี พื้นที่ปลูกมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 0.4 เมตร ที่ $12^{\circ} 39' 10''$ N, $99^{\circ} 52' 18''$ E.



ภาพที่ 8 การเตรียมแปลงปลูกพืชตระกูลถั่ว



ภาพที่ 9 แปลงถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60



ก.



ข.



ค.

ภาพที่ 10 แปลงถั่ว (ก) คาวาลเคด (ข) ถั่วท่าพระสไตโล และ (ค) ถั่วพุ่ม 'KVC7'

การบันทึกข้อมูล ลักษณะต่างๆ ในแปลงปลูก

- วันปลูก
- อายุเก็บตัวอย่าง อายุตัดที่เก็บตัวอย่างพืชแต่ละชนิด โดยตัดพืชแต่ละชนิดที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 10 เซนติเมตร
- สัดส่วนน้ำหนักสดต่อน้ำหนักแห้ง

*ถั่วท่าพระสไตโลที่ตัดศึกษาในฤดูฝนเป็นถั่วที่ตัดครั้งที่ 2 จากตอเก่าที่ผ่านการตัดครั้งที่ 1 มาแล้วในฤดูแล้ง โดยนับอายุตัดถั่วที่ศึกษาในฤดูฝนห่างจากวันที่ตัดครั้งที่ 1 อายุ 90 วัน

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาในพืชตระกูลถั่ว

วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของถั่ว โดยนำถั่วตัดสดมาอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง นำมาบดละเอียด นำส่วนหนึ่งมาวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (dry matter, DM) เปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมด (ash) เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (organic Matter; OM) ปริมาณโปรตีนหยาบ (crude Protein; CP) เปอร์เซ็นต์เยื่อใย ชนิดผนังเซลล์ (neutral detergent fiber; NDF) ลิกโนเซลลูโลส (acid detergent fiber; ADF) และเปอร์เซ็นต์ลิกนิน (acid detergent lignin; ADL) และนำถั่วส่วนที่เหลือมาวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน และศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินในพืชตระกูลถั่ว

ในการศึกษาต้องสกัดแยกคอนเดนซ์แทนนินและเตรียมคอนเดนซ์แทนนินให้บริสุทธิ์เพื่อนำมาเป็นสารมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน (Jackson *et al.*, 1996)

การสกัดและเตรียมคอนเดนซ์แทนนินให้บริสุทธิ์: เพื่อนำมาเป็นสารมาตรฐาน (Jackson *et al.*, 1996)

1. นำใบถั่วสด 200 – 300 g มาบดละเอียด สกัด 2 ครั้งด้วยสารละลาย acetone/H₂O (70: 30, v/v) ที่มี ascorbic acid อยู่ 1 g/l
2. นำสารสกัดมาระเหย acetone ออกด้วยเครื่องระเหยสารแบบลดความดันที่ 40 °C ให้เหลือเฉพาะส่วนสกัดน้ำ
3. สกัดส่วนสกัดน้ำด้วย methylene chloride (3 ครั้ง) เพื่อกำจัด pigment และ lipid
4. ระเหยน้ำชั้นน้ำที่กำจัด pigment และ lipid ได้ crude condensed tannin เป็นของแข็งสีน้ำตาลเข้ม
5. ละลาย crude condensed tannin 5 g ใน methanol/H₂O (1:1, v/v) 50 ml
6. นำสารละลาย crude condensed tannin มา load บน column chromatography ที่มี sephadex LH-20 200 ml บรรจุอยู่
7. ล้าง column ด้วยสารละลาย methanol/H₂O (1:1, v/v) 1000 ml แล้วตามด้วย อะซีโตนด้วยสารละลาย acetone/H₂O (7:3, v/v) 200 ml เก็บสารละลายส่วนนี้ซึ่งมี condensed tannin อยู่
8. ระเหยสารละลายที่ชะจากคอลัมน์ไประเหยตัวทำละลายออกได้ condensed tannin ซึ่งต้องเก็บที่มืดและที่ -20°C จนกว่านำมาใช้

การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน โดยวิธี butanol-HCl method ตามวิธีดัดแปลงของ Guimarães-Beelen *et al.* (2006)

เนื่องจากคอนเดนซ์แทนนินที่พบในพืชแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ตามความสามารถในการสกัดด้วยตัวทำละลายคือ

1. extractable condensed tannin หรือ soluble condensed tannin (soluble CT)
2. bound condensed tannin (bound CT) เป็นคอนเดนซ์แทนนินที่มีการจับตัวแน่นกับโปรตีน (protein-bound CT) หรือเยื่อใย (fiber-bound CT) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้วิเคราะห์ผลรวมทั้งส่วน protein-bound CT และ fiber-bound CT รายงานเป็น bound CT

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงทำการวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน 2 ส่วนคือ Soluble CT และ bound CT และ ผลรวมของคอนเดนซ์แทนนินทั้ง 2 ค่าคือปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวม (total condensed tannin, total CT)

ขั้นตอนการวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน

Soluble condensed tannin

1. ชั่งตัวอย่างถั่วบดละเอียด 10-50 mg ใส่ลงใน duplicate tube
2. ปิเปตสารละลาย acetone/H₂O (7:3, v/v) ซึ่งมี ascorbic acid อยู่ 0.1% ลงไป 2.5 ml ตามด้วย diethyl ether 2.5 ml
3. แยกสารละลายชั้นบนออก และระเหย trace solvent ออก แล้วปรับปริมาตรใหม่ให้ได้ 5 ml ด้วยน้ำกลั่น
4. นำสารที่ได้มา centrifuge และแยก supernatant ออกจาก residue
5. ปิเปต supernatant มา 1.0 ml ใส่ลงใน duplicate test tube แล้วปิเปต สารละลาย Butanol/HCl (5%, v/v) ลงไป 6.0 ml
6. ปิดฝา วาง tube ไว้ใน water bath ที่ 95 °C นาน 70 นาที
7. นำของผสมออกทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 550 nm

Bound condensed tannin

1. นำ residue ที่เหลือจากการสกัดมาเติมน้ำกลั่น 1.0 ml และสารละลาย Butanol/HCl (5%, v/v) 6.0 ml
2. ปิดฝา tube วางไว้ใน water bath ที่ 95 °C นาน 70 นาที
3. นำสารผสมออก ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำไปปั่นเหวี่ยงที่ 3000 g 15 นาที นำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสง supernatant ที่ได้ที่ 550 nm

การทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยสลายได้ของพืชตระกูลถั่วในกระเพาะรูเมนของโคทดลอง

2.1 การวัดปริมาณการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน

ทำการทดลองโดยใช้เทคนิค *in sacco* ในโคลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesien) เพศผู้ จำนวน 3 ตัว (3 ซ้ำ) ที่ผ่านการเจาะกระเพาะรูเมนและใส่ท่อแบบถาวร ออกแบบการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยแบ่งกลุ่มทดลอง ออกเป็น 5 กลุ่ม

กลุ่มอาหารทดลองที่ 1 ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra (Tha pra stylo)) (อายุการตัด 90 วัน)

กลุ่มอาหารทดลองที่ 2 ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) (อายุการตัด 90 วัน)

กลุ่มอาหารทดลองที่ 3 ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Cowpea) สายพันธุ์ KVC7 (อายุการตัด 55 วัน)

กลุ่มอาหารทดลองที่ 4 ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) พันธุ์ มข. 60 (อายุตัด 107 วัน)

กลุ่มอาหารทดลองที่ 5 ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) (อายุตัด 80 วัน)
 เนื่องจากสามารถเก็บตัวอย่างถั่วฮามาต้าได้เฉพาะในฤดูฝน ด้วยเหตุนี้การทดลองที่ 2 เฉพาะถั่วที่
 ตัดได้ในฤดูฝนเท่านั้นที่มีการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างจากถั่วฮามาต้ารวมอยู่ด้วย

2.2 สัตว์ทดลอง

โคลูกผสมพันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian) เพศผู้ จำนวน 3 ตัว น้ำหนักเฉลี่ย
 230 ± 250 กิโลกรัม แต่ละตัวทำการเจาะกระเพาะรูเมนและใส่ท่อแบบถาวร (permanent rumen
 fietulae) ซึ่งก่อนทดลองโคทุกตัวได้รับอาหารชั้นโปรตีนหยาบ 16 เปอร์เซ็นต์ ในปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์
 ของน้ำหนักตัวต่อวัน ให้ฟางข้าวแบบไม่จำกัด และหญ้ากินนีสีม่วงอายุ 45 วันเป็นแหล่งอาหารหยาบใน
 ปริมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักตัวต่อวัน มีน้ำให้ดื่มตลอดเวลาเป็นเวลา 30 วัน

2.3 เทคนิคการใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique)

เทคนิค *in sacco* ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ใช้เทคนิคการใช้ถุงไนลอน สำหรับศึกษาการย่อยสลายได้
 ในกระเพาะรูเมน ดังรายละเอียดดังนี้

วิธีการทดลอง วิธีใช้ถุงไนลอน (nylon bag technique) ตามวิธีของ Orskov *et al.*, (1988)
 โดยการชั่งตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วปริมาณ 3 – 4 กรัมใส่ในถุงไนลอน ขนาด 8x13 เซนติเมตร
 (ขนาดของรู 58 ไมโครเมตร) โดยใส่ตัวอย่างพืชอาหารสัตว์ทุกชนิด ชนิดละ 3 ถุงไนลอน แล้วนำไปจุ่มใน
 กระเพาะรูเมนของโคเจาะกระเพาะ ใช้เวลานาน 0, 4, 8, 12, 24, 48 และ 72 ชั่วโมง จากนั้นนำถุงตัวอย่าง
 ออกจากกระเพาะรูเมน ล้างด้วยน้ำสะอาดจนน้ำใส บีบน้ำออกจากถุงเบาๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศา
 เซลเซียส จนแห้งสนิท ชั่งน้ำหนักถุงและอาหารที่เหลือแล้วนำตัวอย่างในถุงที่เหลือมาหาค่าการย่อยสลาย
 ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และเยื่อใย NDF ที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน แล้วนำค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง
 อินทรีย์วัตถุ และเยื่อใย NDF ที่ชั่วโมงต่าง ๆ เพื่อศึกษาความสามารถในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งใน
 กระเพาะรูเมน อินทรีย์วัตถุ และเยื่อใย NDF

2.4 การวิเคราะห์หาการย่อยสลายได้

การวิเคราะห์หาการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง ตามวิธีของ Orskov *et al.* (1980)

วิเคราะห์หาการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง โดยชั่งน้ำหนักอาหารตัวอย่างประมาณ 3-5 กรัม ใส่ใน
 ถ้วยกระเบื้องที่ทราบน้ำหนัก และนำไปอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ 1 คืน หลังจากนั้นนำมาชั่ง
 น้ำหนัก และนำมาคำนวณหาการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง ดังสูตร

$$\text{การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (\%)} = 100 - \frac{[(\text{น้ำหนักถุงพร้อมเศษเหลือ} - \text{น้ำหนักถุง})]}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ของโภชนะ ตามวิธีของ Orskov *et al.* (1980)

การวิเคราะห์การย่อยสลายได้ของโภชนะ โดยการวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใย เล้า และอินทรีย์วัตถุ
 ของตัวอย่าง และนำมาคำนวณหาการย่อยสลายได้ของโภชนะ ดังสูตร

$$\text{การย่อยสลายได้ของโภชนะ (\%)} = 100 - \frac{[(\text{โภชนะที่เหลืออยู่ในถุง})]}{\text{โภชนะเริ่มต้น}} \times 100$$

2.5 การคำนวณค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายได้

นำค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง และการย่อยสลายได้ของโภชนะที่คำนวณได้ตามระยะเวลาที่แช่บ่มในกระเพาะรูเมน เพื่อคำนวณค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ตามสมการเอ็กซ์โปเนนเชียล ตามวิธีของ Orskov and McDonald (1979) ส่วนค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ และค่าคงที่ของอัตราการย่อยสลายของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และ เยื่อใย NDF โดยใช้ Fit Curve Procedure ตามวิธีของ Chen (1996) ดังสมการ

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

- เมื่อ P แทน ปริมาณที่ถูกย่อยสลายเมื่อเวลา t
 a แทน ส่วนที่ถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว หรือ ค่าอัตราการชะล้างโดยน้ำ
 b แทน ปริมาณของส่วนที่ถูกย่อยสลายที่เวลา t
 c แทน ค่าคงที่ที่ทำให้ส่วน b จะถูกย่อยสลายต่อหน่วยชั่วโมง หรืออัตราการย่อยสลาย
 t แทน เวลา

ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ (effective degradability, ED) ของวัตถุแห้ง อินทรีย์วัตถุ และ เยื่อใย NDF คำนวณได้จากสมการข้างล่างดังนี้

$$ED = a + [(b)(c)/(c+k)]$$

- เมื่อ k แทน ค่าอัตราการไหลผ่านของอาหารออกจากกระเพาะรูเมน (rumen turnover rate) ซึ่งใช้ค่า 0.02, 0.05 และ 0.08 ยูนิต ต่อชั่วโมง

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลอง RCBD และ CRD จากการทดลองที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance; ANOVA) เมื่อพบความแตกต่างอันเนื่องมาจากกรรมวิธีที่ศึกษา จึงทำการเปรียบเทียบกรรมวิธีโดยวิธีการของดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test; DMRT)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการและวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกในแปลงปลูกภายใต้ 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้งและฤดูฝน

ผลการศึกษาปริมาณและเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินสำหรับถั่วที่ปลูกในฤดูแล้งและฤดูฝน โดยศึกษาจากถั่วทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วฮามาต้า (เฉพาะฤดูฝน) ได้แสดงในตารางที่ 2-3

ผลการศึกษาในฤดูแล้ง

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวมของถั่วทั้ง 4 ชนิดแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุด คือ 15.33 g/kg DM รองลงมาคือถั่วท่าพระสไตโล และถั่วอีกสองชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วคาวาลเคด โดยมีค่าเท่ากับ 9.89 6.47 และ 5.95 g/kg DM ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์แยกส่วนระหว่างปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่สามารถละลายได้ (soluble CT) และปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึด (bound CT) พบว่าทั้งสองลักษณะมีค่าแตกต่างกันระหว่างชนิดของถั่วที่ทำการศึกษาเช่นเดียวกัน

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้มีค่าแตกต่างระหว่างชนิดของถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วท่าพระสไตโลมีค่าต่ำที่สุด (0.99 g/kg DM) เมื่อเทียบกับถั่วอีก 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วพุ่ม KVC7 (1.74 g/kg DM) ถั่วลิสง มข. 60 (1.64 g/kg DM) และถั่วคาวาลเคด (1.50 g/kg DM) (ตารางที่ 2)

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดมีค่าแตกต่างระหว่างชนิดของถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุด (13.68 g/kg DM) รองลงมาคือถั่วท่าพระสไตโล (8.90 g/kg DM) ถั่วพุ่ม KVC7 (4.73 g/kg DM) และถั่วคาวาลเคด (4.46 g/kg DM) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

สำหรับเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับคอนเดนซ์แทนนินทั้งหมดสำหรับค่าคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และคอนเดนซ์ที่ถูกจับยึดของถั่วที่ปลูกในฤดูแล้งแสดงในตารางที่ 3

เปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้ของถั่วทั้ง 4 ชนิดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วพุ่ม KVC7 และถั่วคาวาลเคดมีค่าสูงสุด (27.10 และ 25.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สำหรับถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วท่าพระสไตโลมีค่ารองลงมา (10.84 และ 9.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ขณะที่เปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดจะมีค่าผกผันกับเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และแสดงความแตกต่างระหว่างชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยถั่วท่าพระสไตโลและถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุด (90.18 และ 89.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) รองลงมาคือถั่วคาวาลเคดและถั่วพุ่ม KVC7 (74.70 และ 72.90 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 3)

ผลการศึกษาในฤดูฝน

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวมของถั่วทั้ง 5 ชนิดแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วท่าพระสไตโล มีค่าสูงสุด (19.99 g/kg DM) รองลงมาได้แก่ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (15.61 g/kg DM) ขณะที่ถั่วอีกสามชนิด ได้แก่ ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วคาวาลเคด มีค่าต่ำสุด (8.96, 6.00 และ 5.52 g/kg DM ตามลำดับ) (ตารางที่ 2)

เมื่อทำการวิเคราะห์แยกส่วนระหว่างปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่สามารถละลายได้ (soluble CT) และปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึด (bound CT) พบว่าทั้งสองลักษณะมีค่าแตกต่างกันระหว่างชนิดของถั่วที่ทำการศึกษาเช่นเดียวกัน

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้มีค่าแตกต่างระหว่างชนิดของถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยถั่วท่าพระสไตโลมีค่าสูงสุด (10.09 g/kg DM) เมื่อเทียบกับถั่วอีก 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วฮามาต้า (2.40 g/kg DM) ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (2.14 g/kg DM) ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 (2.11 g/kg DM) และถั่วคาวาลเคด (1.90 g/kg DM) (ตารางที่ 2)

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดมีค่าแตกต่างระหว่างชนิดของถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2) โดยถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุด (13.47 g/kg DM) รองลงมาคือถั่วท่าพระสไตโล (9.90 g/kg DM) และต่ำสุดพบในถั่วฮามาต้า (6.57 g/kg DM) ถั่วพุ่ม KVC7 (4.05 g/kg DM) และถั่วคาวาลเคด (3.62 g/kg DM) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

สำหรับเปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับคอนเดนซ์แทนนินรวมสำหรับค่าคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และคอนเดนซ์ที่ถูกจับยึดของถั่วที่ปลูกในฤดูฝนแสดงในตารางที่ 3

เปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้ของถั่วทั้ง 5 ชนิดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วท่าพระสไตโล มีค่าสูงสุด คือ 49.41 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วฮามาต้า (34.48, 34.33 และ 28.42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) สำหรับถั่วลิสง พันธุ์ พันธุ์ มข. 60 มีค่าต่ำที่สุด คือ 13.83 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดจะมีค่าผกผันกับเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และแสดงความแตกต่างระหว่างชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน โดยถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุด (86.17 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือถั่วฮามาต้า (71.59 เปอร์เซ็นต์) ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วคาวาลเคด (67.38 และ 65.52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ขณะที่ถั่วท่าพระสไตโลมีค่าต่ำสุด (50.59 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3)

การพบความแตกต่างของค่าคอนเดนซ์แทนนินรวม คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดแตกต่างกันระหว่างถั่วทั้ง 5 ชนิด ในสองฤดูปลูก บ่งชี้ได้ว่าพันธุกรรมมีผลต่อความเข้มข้นของคอนเดนซ์แทนนิน (Terrill *et al.*, 1992) ซึ่งความแตกต่างที่พบเหล่านี้ทำให้ต้องพิจารณาพืชแต่ละชนิดก่อนการนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง การพบปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวมในถั่วมีค่าไม่เกิน 15.33 g/kg DM (สูงสุดพบในถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่า 15.33 g/kg DM) ในฤดูแล้ง และไม่เกิน 19.99 g/kg DM ในฤดูฝน (ถั่วท่าพระสไตโล มีค่าสูงสุด คือ 19.99 g/kg DM รองลงมา คือ ถั่วลิสง มข. 60 มีค่า 15.61 g/kg DM) เป็นสิ่งที่ยืนยันความเป็นประโยชน์ของถั่วทั้ง 5 ชนิดในการนำมาเป็นพืชอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง เนื่องจากมีรายงานว่าปริมาณคอนเดนซ์แทนนินยังมีค่าไม่สูงเกิน 50 g/kg DM (Barry, 1984) ทำให้สามารถ

นำมาเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องได้รวมทั้งสามารถป้องกันบวมในลำไส้ (bloat) เมื่อมีสัตว์กินพืชเข้าไป (Li *et al.*, 1996) รวมทั้งการได้โปรตีนจากการย่อยของจุลินทรีย์ (Aerts *et al.*, 1999) ช่วยในการสร้างไข่ เพิ่มน้ำหนัก นม และสร้างขนสัตว์ (Wang *et al.*, 1996; Min *et al.*, 2000; Min and Hart, 2003) อย่างไรก็ตามอาจมีผลต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโตของไก่ เพราะในการศึกษาครั้งนี้พบว่าถั่วทุกชนิดที่มีการปลูกในทั้งสองฤดูปลูกมีค่าปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่สูงเกิน 5 g/kg DM (พันทิพา พงษ์เพียจันทร์, 2547) ซึ่งถั่วที่มีค่าต่ำสุดในฤดูปลูกฤดูแล้งและฤดูฝนคือถั่วควาลเคต โดยมีค่าปริมาณคอนเดนซ์แทนนินเท่ากับ 5.95 และ 5.52 g/kg DM ตามลำดับ

ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 แม้จะพบว่ามีค่าปริมาณคอนเดนซ์แทนนินสูงที่สุดในการศึกษานี้ แต่พบว่ามีค่าต่ำกว่าที่มีรายงานมาก่อนหน้านี้ที่พบปริมาณคอนเดนซ์แทนนินมีค่าเกิน 80-90 g/kg DM ซึ่งจะส่งผลกระทบต่ออาหารและการผลิตสัตว์เนื่องจากจะไปลดความน่ากินและการย่อยได้ของอาหารสัตว์ (Kumar, 1983; Kumar and Singh, 1984; Marten and Ehle, 1984; Reed, 1995) ซึ่ง Barry (1984) ได้รายงานผลเสียของการใช้พืชตระกูลถั่วอาหารต่อการย่อยได้ของสัตว์เคี้ยวเอื้องตั้งแต่ที่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินเกินกว่า 50 g/kg DM การที่มีปริมาณแทนนินสูง จะทำให้มีการจับและตกตะกอนโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและโมเลกุลอื่นๆ ในสัตว์เคี้ยวเอื้อง (Barry and Duncan, 1984; Mueller-Harvey and McAllan, 1992) และอาจทำให้สัตว์ตายได้หากใช้พืชอาหารสัตว์ที่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินเกิน 9 เปอร์เซ็นต์ หรือ 90 g/kg DM โดยเฉพาะใช้เป็นอาหารหลักเพียงอย่างเดียวสำหรับการเลี้ยงสัตว์ (Kumar, 1983; Kumar and Singh, 1984) ด้วยเหตุนี้แสดงให้เห็นได้ว่าพืชตระกูลถั่วทั้ง 5 ชนิดสามารถนำมาใช้เป็นอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ โดยคาดว่าจะส่งผลกระทบต่อการผลิตสัตว์ แต่อาจไม่เหมาะสมต่อสัตว์กระเพาะเดียว เช่น ไก่ เป็นต้น

สำหรับถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ที่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวมสูงสุด ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่ถั่วชนิดนี้ได้รับความเสียหายในส่วนของลำต้นไปจากการเข้าทำลายของแมลงและสัตว์กินพืชอื่นๆ มากกว่าถั่วอีก 4 ชนิดที่เหลือ เนื่องจากมีรายงานว่าการที่พืชถูกทำลายโดยศัตรูพืชจะส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของคอนเดนซ์แทนนิน (Häring *et al.*, 2008; Dixon *et al.*, 2012) เพราะคอนเดนซ์แทนนินมีส่วนช่วยในการต่อต้านการเข้าทำลายของสัตว์กินพืชเหล่านี้ได้ (Bate-Smith, 1973)

ปริมาณของคอนเดนซ์แทนนินได้มีรายงานว่าค่าดังกล่าวนี้ขึ้นกับระยะการเจริญเติบโตของพืชด้วย (McMahon *et al.*, 2000) โดยถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 เป็นถั่วที่มีการเก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุค่อนข้างนานเมื่อเทียบกับถั่วอีก 4 ชนิดที่เหลือ โดยมีการเก็บเกี่ยวที่อายุ 107 วันหลังปลูก ขณะที่ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีอายุเก็บเกี่ยวผลผลิตสิ้นสุด ที่อายุ 55 วันหลังปลูกซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินต่ำกว่า โดยถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่า 6.47 และ 6.00 g/kg DM สำหรับการปลูกในฤดูแล้ง และฤดูฝนตามลำดับ ซึ่งค่าที่พบในถั่วพุ่มนี้มีค่าต่ำกว่าถั่วอื่นๆ ที่เคยมีรายงานก่อนหน้านี้เช่น มีค่าต่ำกว่าที่พบในถั่วแลบแลป (*Lablab purpureus*) (16.9 g/kg DM) (Mupangwa *et al.*, 2000) (ตารางที่ 1) ถั่วปิ่นโตหรือถั่วลิสงเถา (*Arachis pinto*) ถั่วควาลเคต และ *Desmodium* spp. ซึ่งมีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินอยู่ระหว่าง 22.2-23.7 g/kg DM (Jackson *et al.*, 1996)

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินจะมีปฏิกริยาร่วมกับโปรตีน ทำให้เกิดทั้งโครงสร้างที่สามารถละลายได้และที่ไม่สามารถละลายได้ (หรือถูกจับยึด) (Mupangwa *et al.*, 2000) โดยอาหารสัตว์ที่มีแทนนินเป็นองค์ประกอบได้มีรายงานการนำใช้เป็นอาหารสัตว์ (Kumar and Singh, 1984; Martin-Tanguy *et al.*, 1977) ในการศึกษาครั้งนี้ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวมมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองฤดูปลูก ยกเว้น ถั่วท่า

พระสไตโลที่การตัดในฤดูฝนมีค่าเพิ่มขึ้นกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากการเป็นพืชอาหารหลายปีและการตัดตัวอย่างพืชเพื่อใช้ในการศึกษาในฤดูฝนของถั่วท่าพระสไตโลเป็นการตัดครั้งที่สองสำหรับพืชดังกล่าว นั้นแสดงว่าอายุต้นต่อมีผลต่อการสร้างปริมาณคอนเดนซ์แทนนินของพืชด้วยเช่นเดียวกัน ทั้งนี้มีรายงานเกี่ยวกับระยะเวลาสุกแก่ของพืชด้วยว่ามีผลต่อปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน (McMahon *et al.*, 2000; Schreurs *et al.*, 2007)

สำหรับเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์ที่ถูกจับยึดได้แตกต่างกันในสองฤดูกาล ในฤดูแล้งเปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่า โดยในถั่วทั้ง 4 ชนิด (ไม่รวมถั่วฮามาต้า) มีค่าอยู่ระหว่าง 72.90-90.18 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ในฤดูฝนมีค่าต่ำกว่าคือในถั่วทั้ง 4 ชนิด มีค่าอยู่ระหว่าง 50.59-65.67 เปอร์เซ็นต์ โดยค่าเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายมีค่าผกผันกับเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดได้ ในการศึกษาครั้งนี้พบคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้มีค่าต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ในทั้งสองฤดูปลูก แตกต่างจากที่ได้มีรายงานก่อนหน้านี้ว่าสัดส่วนของคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้ในพืชอาหารสัตว์มีประมาณ 70-95 เปอร์เซ็นต์ (Jackson *et al.*, 1996) การที่เป็นเช่นนี้เป็นเพราะส่วนหนึ่งมีการเก็บตัวอย่างไว้นาน (ประมาณ 4 เดือน) ซึ่งอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนของคอนเดนซ์แทนนินทั้งสองชนิดนี้

การพบสัดส่วนปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้ลดลงและอาจส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดทั้งส่วนโปรตีนและไฟเบอร์ ทั้งนี้มีรายงานการมีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้หากมีค่าสูง (ซึ่งอาจพบในกรณีการตัดตัวอย่างพืชใหม่) เมื่อใช้เป็นอาหารสัตว์จะไปลดความน่ากินและปริมาณการกินได้ของสัตว์ลง (Muhammed *et al.*, 1994; Rubanza *et al.*, 2008) ขณะที่การพบปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดสูง (ซึ่งอาจพบในกรณีของการตัดตัวอย่างพืชและทิ้งไว้ระยะหนึ่ง) หากนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์จะไปลดการย่อยได้ในร่างกายสัตว์เนื่องจากไปทำให้เกิดองค์ประกอบที่ซับซ้อนระหว่างโปรตีนและแทนนิน (protein-tannin complexes) (Aerts *et al.*, 1999; Rubanza *et al.*, 2008) โดยเพราะส่วนของคอนเดนซ์แทนนินที่ไปจับกับไฟเบอร์ (fiber-bound condensed tannin) จะส่งผลต่อการย่อยได้เนื่องจากเกิดองค์ประกอบที่ซับซ้อนกับคาร์โบไฮเดรตในอาหาร (Muhammed *et al.*, 1994; Rubanza *et al.*, 2008)

ด้วยเหตุนี้ สัดส่วนที่ต่างกันระหว่างเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และที่ถูกจับยึดในถั่วชนิดต่างย่อมส่งผลกระทบต่อการทำงานภายในรูเมนของสัตว์ (Terrill *et al.*, 1992; Muhammed *et al.*, 1994; Naumann *et al.*, 2013) เพราะเกี่ยวข้องกับการกินอาหารและการย่อยโปรตีนและเยื่อใย (Makkar, 2003; Guimarães-Beelen *et al.*, 2006) นั้นแสดงว่าการเก็บพืชแม้จะอยู่ในรูปพืชสดไว้โดยไม่ใช้ประโยชน์ทันทีและส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดก็อาจทำให้ความเป็นประโยชน์ของพืชอาหารดังกล่าวลดลงได้เช่นกัน

การปรากฏของสัดส่วนคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และที่ถูกจับยึดแตกต่างกันในถั่วแต่ละชนิด รวมทั้งมีการเปลี่ยนแปลงภายหลังการจัดการ การเก็บรักษา หรืออื่น ๆ ส่งผลต่อการทำงานของคอนเดนซ์แทนนินทำให้ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการนำพืชอาหารสัตว์มาใช้มีความสำคัญมากเช่นกัน ทั้งนี้อาจกล่าวได้ว่าสาเหตุหรือปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน และสัดส่วนคอนเดนซ์แทนนินชนิดต่างๆ ขึ้นกับหลายปัจจัย รวมทั้งชนิดของพืช ระยะเวลาสุกแก่ สภาพภูมิอากาศ ธาตุอาหาร และปฏิกริยาร่วมระหว่างชนิดของพืชตระกูลถั่วและสภาพการเจริญเติบโต (Barry and Manley, 1986; Mansfield *et al.*, 1999; Veteli *et al.*, 2007; Naumann *et al.*, 2013)

ผลการวิเคราะห์ร่วม (Combine Analysis) ระหว่างสองฤดูกาล

ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวมมีค่าแตกต่างเนื่องจากอิทธิพลของพันธุ์และปฏิภณาร่วมระหว่างฤดูกาลและชนิดถั่ว ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้มีค่าแตกต่างเนื่องจากอิทธิพลของปฏิภณาร่วมระหว่างฤดูกาลและชนิดถั่ว ขณะที่ปริมาณคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดได้มีค่าแตกต่างเนื่องจากอิทธิพลของชนิดถั่วเป็นหลัก (ตารางที่ 2)

เปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินทั้งชนิดที่ละลายได้และชนิดที่ถูกจับยึดเมื่อเทียบกับปริมาณคอนเดนซ์แทนนินทั้งหมดเมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าทั้งเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายและเปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึด ได้แสดงความแตกต่างเนื่องจากอิทธิพลร่วมระหว่างฤดูกาลและชนิดถั่ว เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 3)

การเปลี่ยนแปลงของคอนเดนซ์แทนนิน เปอร์เซ็นต์คอนเดนซ์แทนนินในรูปแบบทั้งที่สามารถละลายได้และที่ถูกจับยึดได้ได้รับผลกระทบโดยเฉพาะการได้รับอิทธิพลร่วมระหว่างฤดูกาลและพืชตระกูลถั่ว ซึ่งในพืชตระกูลถั่วบางชนิด เช่น ถั่วท่าพระสไตโล อาจรวมไปถึงอายุต้นต่อของพืชด้วยเช่นเดียวกัน ทำให้ต้องพิจารณาอย่างละเอียดในพืชแต่ละชนิดแต่ละฤดูปลูก ที่เห็นได้ชัดสำหรับปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวม คือ ในถั่วท่าพระสไตโลที่แม้จะมีอายุการตัดเท่าเดิมแต่ในฤดูฝนมีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน อาจเป็นผลมาจากอายุดั้งเดิมของพืชที่มีเพิ่มขึ้น รวมทั้งการที่อายุการเก็บรักษาอาจส่งผลกระทบต่อสัดส่วนคอนเดนซ์แทนนินเช่นเดียวกัน จากข้อมูลแสดงให้เห็นได้ว่าภายหลังการเก็บรักษาในระยะเวลาเท่ากันสัดส่วนของคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดได้มีค่าเพิ่มขึ้น แต่แนวโน้มคือถั่วที่เก็บในฤดูแล้งมีสัดส่วนเป็นคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึดได้สูงกว่าถั่วที่เก็บในฤดูฝน

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของคอนเดนซ์แทนนินรวม (Total CT) คอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้ (Soluble CT) และคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึด (Bound CT) ในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูก 2 ฤดู (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Varieties	Dry season (g/kg DM)			Rainy season (g/kg DM)		
	Total CT [‡]	Soluble CT ^Ψ	Bound CT	Total CT	Soluble CT	Bound CT
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184 cv. Tha pra (Tha pra stylo)	9.89±1.19 b	0.99±0.27 b	8.90±0.94 b	19.99±3.72 a	10.09±3.36 a	9.90±0.60 b
<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade	5.95±0.42 c	1.50±0.22 a	4.46±0.54 c	5.52±0.18 c	1.90±0.25 b	3.62±0.31 c
<i>Vigna unguiculata</i> , 'KVC7' cultivar	6.47±0.86 c	1.74±0.28 a	4.73±0.83c	6.00±0.42 c	2.11±0.12 b	4.05±0.43c
<i>Arachis hypogaea</i> , 'KKU 60' cultivar	15.33±2.20 a	1.64±0.48 a	13.68±2.03 a	15.61±4.17 b	2.14±0.60 b	13.47±3.69 a
<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano	Nd	Nd	Nd	8.96±1.21 c	2.40±0.38 b	6.57±1.22 c
F-test	**	**	**	**	**	**
CV(%)	16.47	15.80	18.62	23.36	42.09	26.07
Combine analysis (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano was not included)						
Seasons (S)	Ns	Ns	Ns			
Rep. within S	Ns	Ns	Ns			
Species (V)	*	Ns	**			
S x V	**	**	Ns			
CV(%)	12.55	13.52	21.99			

[‡] Transformed data by 1/Y for combine analysis; ^Ψ Transformed data by √Y for combine analysis

Ns, not significant at probability 0.05; Nd, not detectable

*, significant at probability 0.05; **, significant at probability 0.01

ตารางที่ 3 เปอร์เซ็นต์ของคอนเด็นแทนนินต่อคอนเด็นซ์แทนนินรวม ในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูก 2 ฤดู (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Varieties	Percent of Total CT			
	Dry season (g/kg DM)		Rainy season (g/kg DM)	
	Soluble CT	Bound CT	Soluble CT	Bound CT
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184 cv. Tha pra (Tha pra stylo)	9.82 ± 2.14 b	90.18 ± 2.14 a	49.41 ± 8.26 a	50.59 ± 8.26 c
<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade	25.30 ± 3.91 a	74.70 ± 3.91 b	34.48 ± 4.61 b	65.52 ± 4.61 b
<i>Vigna unguiculata</i> , 'KVC7' cultivar	27.10 ± 1.97 a	72.90 ± 1.97 b	34.33 ± 1.65 b	67.38 ± 1.65 b
<i>Arachis hypogaea</i> , 'KKU 60' cultivar	10.84 ± 3.14 b	89.16 ± 3.14 a	13.83 ± 2.65 c	86.17 ± 2.65 a
<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano	Nd	Nd	28.42 ± 5.45 b	71.59 ± 5.75 b
F-test	**	**	**	**
CV(%)	14.96	3.34	22.82	10.90
Combine analysis (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano was not included)				
Seasons (S)	Ns	Ns		
Rep. within S	*	*		
Species (V)	Ns	Ns		
S x V	**	**		
CV(%)	12.20	4.21		

Ns, not significant at probability 0.05; Nd, not detectable

*, significant at probability 0.05

**, significant at probability 0.01

ผลการศึกษาคคุณค่าทางโภชนา

ปริมาณลักษณะทางโภชนาในถั่วทั้ง 5 ชนิด ทั้งในฤดูแล้งและในฤดูฝน ได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วฮามาต้า (สามารถเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ได้เฉพาะในฤดูฝน) ได้แสดงในตารางที่ 4-6

ปริมาณโปรตีนหยาบ (crude protein; CP)

ผลการศึกษาในฤดูแล้ง

ปริมาณโปรตีนหยาบของถั่วทั้ง 4 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุดที่สุด คือ 19.79 และ 19.09 g/kg DM รองลงมาคือถั่วคาวาลเคด มีค่าเท่ากับ 17.31 g/kg DM และถั่วท่าพระสไตโล ซึ่งมีค่าต่ำสุด คือเท่ากับ 15.05 g/kg DM ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ผลการศึกษาในฤดูฝน

ปริมาณโปรตีนหยาบของถั่วทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่มสายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุดที่สุด คือ 15.34 และ 14.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือถั่วสามชนิดคือถั่วคาวาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า โดยมีค่าเท่ากับ 11.48 11.22 และ 11.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

ค่าโปรตีนเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในการบ่งบอกคุณภาพของพืชอาหารสัตว์ (Amiri *et al.*, 2012) โดยค่าโปรตีนสูงบ่งบอกได้ว่าพืชอาหารสัตว์นั้นมีคุณภาพสูง (Heitschmidt *et al.*, 1982) การที่พบว่าถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม KVC7 มีค่าสูงสุดในทั้งสองฤดูกาลอยู่ระหว่าง 14-20 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าถั่วชนิดอื่นๆ ที่แม้ว่าถั่วพุ่มและถั่วลิสงจะมีการเก็บเกี่ยวเพื่อเป็นอาหารสัตว์ภายหลังการเก็บผลผลิตแล้ว โดยเฉพาะในถั่วลิสงที่มีอายุการเก็บเกี่ยวที่ยาวนาน (107 วัน) กว่าถั่วชนิดอื่น ๆ ซึ่งส่วนใหญ่แล้วค่าโปรตีนในพืชจะมีค่าลดลงตามอายุพืชที่เพิ่มขึ้นจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (Griffin and Jung, 1983) โดยเฉพาะในระยะสุกแก่ที่พบการร่วงของใบ ซึ่งเปอร์เซ็นต์เยื่อใยชนิดผนังเซลล์ (NDF) และลิกนินในลำต้นมีค่าสูงกว่าในส่วนของใบ (Griffin and Jung, 1983) ส่งผลให้ค่า NDF เพิ่มขึ้นและปลดปล่อยโปรตีนเมื่อทำการเก็บเกี่ยวในระยะเก็บเกี่ยว แต่พบว่าส่วนใบของถั่วพุ่ม KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ยังคงไม่ร่วงในระยะเก็บเกี่ยวผลผลิตซึ่งอาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนยังคงค่าสูงอยู่เมื่อเทียบกับถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโล แสดงได้ว่าสามารถใช้เศษเหลือจากการเก็บผลผลิตของพืชตระกูลถั่วทั้งสองชนิดนี้รวมทั้งถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโลในการนำไปเลี้ยงสัตว์ได้อย่างดีเมื่อพิจารณาจากค่าโปรตีน (Sitthigripong and Alcantara, 1998; Amiri *et al.*, 2012) แต่สำหรับในฤดูฝนอาจมีค่าต่ำลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับฤดูแล้ง

ผลการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล

เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าปริมาณโปรตีนหยาบแสดงออกขึ้นกับอิทธิพลที่เด่นชัดของฤดูกาลและชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางที่ 9-10)

พบการเปลี่ยนแปลงที่เด่นชัดคือในฤดูฝนเปอร์เซ็นต์โปรตีนของพืชตระกูลถั่วทุกชนิดมีค่าลดลง ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการที่พืชขบวนการในฤดูฝนที่อาจมีผลต่อการลดของเปอร์เซ็นต์โปรตีน ขณะที่ฤดูแล้งแม้จะพบอาการขาดน้ำบ้างแต่ไม่รุนแรงเนื่องจากการปลูกมีการให้น้ำด้วยระบบสปริงเกอร์ ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์ของ

โปรตีนหยาบในทั้งสองฤดูกาลอยู่ในช่วงที่พบได้ในพืชตระกูลถั่วชนิดอื่นๆ (Sitthigripong and Alcantara, 1998; Amiri *et al.*, 2012) แต่มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ในช่วงออกดอกของพืชตระกูลถั่ว (Tokita *et al.*, 2006)

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของโปรตีนหยาบ (CP) ในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูก 2 ฤดู (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Varieties	CP (%)	
	Dry season	Rainy season
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184 cv. Tha pra (Tha pra stylo)	15.05± 1.94 c	11.22±1.36 b
<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade	17.31± 1.61 b	11.48± 1.05 b
<i>Vigna unguiculata</i> , 'KVC7' cultivar	19.09± 1.36 a	14.36± 0.46 a
<i>Arachis hypogaea</i> , 'KKU 60' cultivar	19.79± 1.33 a	15.34± 0.44 a
<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano	Nd	11.18± 0.57 b
F-test	**	**
CV(%)	6.51	7.76
Combine analysis (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano was not included)		
Seasons (S)	**	
Rep. within S	Ns	
Species (V)	*	
S x V	Ns	
CV(%)	8.41	

Nd, not detectable; Ns, not significant at probability 0.05

*, significant at probability 0.05; **, significant at probability 0.01

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (Dry Matter; DM) อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter; OM) และเถ้า (Ash) ผลการศึกษาในฤดูแล้ง

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของถั่วทั้ง 4 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วคาวาลเคมมีค่าสูงสุด ได้แก่ 20.95 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วท่าพระสไตโล ซึ่งมีค่าเท่ากับ 19.86 เปอร์เซ็นต์ และพบค่าต่ำสุดคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และ ถั่วพุ่ม KVC7 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 18.41 และ 17.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุของถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคมมีค่าสูงสุด เท่ากัน ได้แก่ 91.18 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าเท่ากับ 90.14 และ 85.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เปอร์เซ็นต์เถ้าของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 14.32 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าเท่ากับ 9.86 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคมมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 8.82 และ 8.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ผลการศึกษาในฤดูฝน

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของถั่วทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วคาวาลเคตมีค่าสูงสุด คือ 36.73 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า ซึ่งมีค่าเท่ากับ 32.56 และ 30.18 เปอร์เซ็นต์ และพบค่าต่ำสุดคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และ ถั่วพุ่ม KVC7 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 29.72 และ 24.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุของถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคต และถั่วฮามาต้า มีค่าสูงสุด เท่ากับ 92.56 92.92 และ 92.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าเท่ากับ 89.59 และ 86.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

เปอร์เซ็นต์เถ้าของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด เท่ากับ 13.32 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าเท่ากับ 10.41 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคต และถั่วฮามาต้า มีเปอร์เซ็นต์เถ้าต่ำสุด เท่ากับ 7.44 7.08 และ 7.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 5)

ผลการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล

เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งแสดงออกขึ้นกับอิทธิพลที่เด่นชัดของฤดูกาลและปฏิกริยาร่วมระหว่างฤดูกาลและชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุแสดงออกขึ้นกับอิทธิพลที่เด่นชัดของชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าเปอร์เซ็นต์เถ้าแสดงออกขึ้นกับอิทธิพลที่เด่นชัดของชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5)

จากการศึกษาทั้ง 3 ลักษณะ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง (dry matter) เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (organic matter) และเปอร์เซ็นต์เถ้า (ash) พบว่าในทั้ง 2 ฤดูปลูกมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นน้ำหนักแห้งที่ในฤดูฝนมีเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งสูงกว่า แต่อิทธิพลร่วมของฤดูกาลและชนิดถั่วส่งผลต่อน้ำหนักแห้งโดยพบว่าลำดับการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งแตกต่างกันในพืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิด (ยกเว้นถั่วฮามาต้า) โดยถั่วพุ่ม KVC7 อาจกล่าวได้ว่าการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักแห้งน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับถั่วชนิดอื่น (ตารางที่ 5) อาจเป็นเพราะถั่วพุ่ม KVC7 มีอายุปลูกหรืออายุเก็บเกี่ยวสั้นกว่าพืชชนิดอื่น จึงอาจได้รับผลกระทบเนื่องจากสิ่งแวดล้อมน้อยกว่า

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของวัตถุแห้ง (DM) อินทรีย์วัตถุ (OM) และเถ้าในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูก 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Varieties	Dry season			Rainy season		
	DM (%)	OM (%)	Ash (%)	DM (%)	OM (%)	Ash (%)
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184 cv. Tha pra (Tha pra stylo)	19.86±0.65 ab	91.18±0.49 a	8.82±0.49 c	32.56±1.65 b	92.56±0.91a	7.44±0.91 c
<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade	20.95±1.67 a	91.18±0.57 a	8.50±0.57c	36.73±1.05 a	92.92±0.90 a	7.08±0.90 c
<i>Vigna unguiculata</i> , 'KVC7' cultivar	17.70±1.68 c	85.68±1.04 c	14.32±1.04 a	24.04±1.59 d	86.24±1.48 c	13.32±1.29 a
<i>Arachis hypogaea</i> , 'KKU 60' cultivar	18.41±1.57bc	90.14±0.52 b	9.86±0.52 b	29.72±0.98 c	89.59±0.93 b	10.41±0.93 b
<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano	Nd	Nd	Nd	30.18±1.68 bc	92.49±0.24 a	7.51±0.24 c
F-test	*	**	**	**	**	**
CV(%)	7.07	0.75	6.45	5.88	0.97	9.34
Combine analysis (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano was not included)						
Seasons (S)	*	Ns	Ns			
Rep. within S	Ns	Ns	Ns			
Species (V)	Ns	**	**			
S x V	**	Ns	Ns			
CV(%)	5.58	0.98	8.59			

Nd, not detectable; Ns, not significant at probability 0.05

*, significant at probability 0.05; **, significant at probability 0.01

เปอร์เซ็นต์เยื่อใยชนิดผนังเซลล์ (Neutral Detergent Fiber; NDF) ลิกโนเซลลูโลส (Acid Detergent Fiber; ADF) และลิกนิน (Acid Detergent Lignin; ADL)

ผลการศึกษาในฤดูแล้ง

เปอร์เซ็นต์เยื่อใยชนิดผนังเซลล์ของถั่วทั้ง 4 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วท่าพระสไตโลและควาลเคดมีค่าสูงสุด เท่ากับ 56.82 และ 55.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าเท่ากับ 47.15 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุด ได้แก่ ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าเท่ากับ 36.69 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6)

เปอร์เซ็นต์ลิกนินเซลลูโลสแตกต่างตามชนิดของถั่วที่ทำการศึกษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วท่าพระสไตโลมีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 45.24 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วควาลเคดมีค่าเท่ากับ 39.86 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่มสายพันธุ์ KVC7 มีค่าต่ำกว่า คือมีค่าเท่ากับ 35.72 และ 30.04 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

เปอร์เซ็นต์ลิกนินของถั่วทั้ง 4 ชนิด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 5.96 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับถั่วอีกสามชนิดที่เหลือ ได้แก่ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วควาลเคด มีค่าเท่ากับ 11.74 10.86 และ 10.53 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

ผลการศึกษาในฤดูฝน

เปอร์เซ็นต์เยื่อใยชนิดผนังเซลล์ของถั่วทั้ง 5 ชนิด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วควาลเคดมีค่าสูงสุด เท่ากับ 60.13 รองลงมา คือ ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า (55.72 และ 55.24 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าต่ำสุด (48.16 และ 33.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

เปอร์เซ็นต์ลิกนินเซลลูโลสแตกต่างตามชนิดของถั่วที่ทำการศึกษอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วควาลเคด และถั่วฮามาต้า มีค่าสูงสุด เท่ากับ 41.46 และ 41.27 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (40 และ 40.35 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 19.96 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6)

เปอร์เซ็นต์ลิกนินของถั่วทั้ง 5 ชนิด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วควาลเคด มีค่าสูงสุด เท่ากับ 11.39 และ 11.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ถั่วฮามาต้า มีค่ารองลงมาเท่ากับ 10.02 เปอร์เซ็นต์ และต่ำสุดพบในถั่วท่าพระสไตโลและถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ตามลำดับ (9.13 และ 4.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 6)

แม้ว่าถั่วควาลเคดและถั่วท่าพระสไตโลจะมีค่าวัตถุแห้งสูง แต่ถั่วทั้งสองชนิดยังมีค่าที่แสดงเยื่อใยสูงด้วย ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เยื่อใยชนิดผนังเซลล์ (NDF) ลิกโนเซลลูโลส (ADF) และลิกนิน (ADL) (ตารางที่ 6) ซึ่งการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ ADF แสดงการมีเซลลูโลสและลิกนินสูง และเปอร์เซ็นต์ NDF ซึ่งแสดงการมีเยื่อใยในพืชทำให้ความเป็นประโยชน์ของการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์ลดลงโดยไปลดการย่อยได้ของวัตถุแห้งลดลง (Van Soest, 1994; Amiri *et al.*, 2012)

ผลการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล

เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าเปอร์เซ็นต์เยื่อใยชนิดผนังเซลล์ (NDF) แสดงออกขึ้นกับอิทธิพลที่เด่นชัดของชนิดถั่วและปฏิภณาร่วมระหว่างฤดูกาลและชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าเปอร์เซ็นต์ลิกนินเซลลูโลส (ADF) แสดงออกขึ้นกับอิทธิพลที่เด่นชัดของปฏิภณาร่วมระหว่างฤดูกาลและชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

เมื่อทำการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูกาล พบว่าเปอร์เซ็นต์ลิกนิน (ADL) แสดงออกขึ้นกับอิทธิพลที่เด่นชัดของชนิดถั่ว และปฏิภณารวมระหว่างฤดูกาลและชนิดถั่วอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 6)

ผลจากการวิเคราะห์ร่วมระหว่างสองฤดูปลูก เปอร์เซ็นต์เยื่อใยชนิดผนังเซลล์และเปอร์เซ็นต์ลิกนินมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในสองฤดูกาล แต่เปอร์เซ็นต์ NDF ยังคงพบค่าสูงสุดในถั่วคาวาลเคด สำหรับถั่วพุ่ม KVC7 มีค่าเปอร์เซ็นต์ NDF, ADF และ ADL ต่ำสุด ขณะที่ลักษณะเปอร์เซ็นต์ลิกนินเซลลูโลส (ADF) พบการเปลี่ยนแปลงสูงสุดในถั่วพุ่ม KVC7 โดยในฤดูฝนมีค่าดังกล่าวลดลง ถั่วคาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์ ADF เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในฤดูฝน ขณะที่ในถั่วชนิดอื่นๆ ที่เหลือมีค่าเพิ่มขึ้นในฤดูฝน (ตารางที่ 6)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของเยื่อใย NDF เยื่อใย ADF และเยื่อใย ADL ในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพการปลูก 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Varieties	Dry season			Rainy season		
	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 184 cv. Tha pra (Tha pra stylo)	56.82±1.74 a	45.24±2.65 a	10.86±1.03a	55.72±2.73 b	40.00±0.08 b	9.13±0.37 c
<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade	55.35±2.56 a	39.86±1.30 ab	10.53±0.45 a	60.13±1.80 a	41.46±0.37 a	11.38±0.11 a
<i>Vigna unguiculata</i> , 'KVC7' cultivar	36.69±3.29 c	30.04±2.48 c	5.96±0.39 b	33.50±3.06 d	19.96±0.43 c	4.18±0.48 d
<i>Arachis hypogaea</i> , 'KKU 60' cultivar	47.15±2.20 b	35.72±5.54 b	11.74±2.35 a	48.16±2.88 c	40.35±0.26 b	11.39±0.14 a
<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano	Nd	Nd	Nd	55.24±2.17 b	41.27±0.16 a	10.02±0.29 b
F-test	**	**	**	**	**	**
CV(%)	5.02	9.40	10.42	5.45	0.90	4.04
Combine analysis (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano was not included)						
Seasons (S)	Ns	Ns	Ns			
Rep. within S	Ns	Ns	*			
Species (V)	**	Ns	*			
S x V	**	**	**			
CV(%)	4.69	6.88	7.82			

Nd, not detectable; Ns, not significant at probability 0.05

*, significant at probability 0.05

**, significant at probability 0.01

การทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในโคทดลอง

คุณค่าทางโภชนาการส่งผลต่อการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในสัตว์เคี้ยวเอื้อง ด้วยเหตุนี้ในการศึกษาการย่อยได้จะมีการศึกษาควบคู่ไปกับลักษณะคุณค่าทางโภชนาการด้วย ซึ่งเป็นข้อมูลคุณค่าทางโภชนาการระหว่างการศึกษาการย่อยได้ เนื่องจากพบว่าระยะเวลาในการเก็บวัตถุดิบมีผลต่อคุณค่าทางโภชนาการ ด้วยเหตุนี้ในการทดลองที่ 2 จึงได้มีการศึกษาลักษณะต่างๆ ทางโภชนาการอีกครั้งหนึ่งไปพร้อมกับการศึกษาการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนในโคทดลอง

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและความสามารถในการย่อยสลายได้ของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกในฤดูแล้งในกระเพาะรูเมน

การศึกษาและเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาการของพืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิด

เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (%DM)

จากการศึกษาชนิดของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด (ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60) ที่ปลูกในฤดูแล้ง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่ว คาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงสุดเท่ากับ 21.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วท่าพระสไตโล (20.3 เปอร์เซ็นต์) ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (18.6 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าเท่ากับ (17.9 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

โดยวัตถุแห้ง (dry matter) คือ ส่วนของตัวอย่างที่หักเอาน้ำหรือความชื้นออก จากการศึกษพบว่า ถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโลซึ่งเป็นพืชที่มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยสูง สาเหตุประการหนึ่งเนื่องจากเป็นพืชชนิดที่มีส่วนของลำต้น กิ่งก้านสูงกว่าพืชตระกูลถั่วอีกสองชนิดที่ทำการศึกษา (ถั่วลิสงและถั่วพุ่ม) จึงอาจมีเปอร์เซ็นต์น้ำหรือความชื้นต่ำกว่า ดังนั้นจึงพบค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงกว่า ขณะที่ถั่วพุ่มจากการศึกษามีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำสุดคือ 17.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับ Kongcharoen *et al.* (2006) ที่พบค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งของถั่วพุ่ม *V. unguicalata* (ถั่วพุ่ม) เท่ากับ 17.4 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าจะงานวิจัยดังกล่าวจะเป็นการศึกษาอายุตัดที่ระยะออกดอก หรืออายุประมาณ 30 วันหลังปลูกก็ตาม ผลจากการศึกษาที่สอดคล้องกันในอายุการตัดหรือระยะการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันนี้ แสดงให้เห็นถึงคุณภาพของส่วนลำต้นและใบของถั่วพุ่ม ที่สามารถนำมาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ดีในแง่ความน่ากิน เนื่องจากยังมีส่วนของลำต้นและใบที่มีความชื้นในเปอร์เซ็นต์ที่สูงอยู่นั่นเอง จากผลการศึกษาครั้งนี้ถั่วพุ่มและถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำกว่าถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโลที่อายุการตัดที่ 90 วัน ผลที่ได้จากค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง จึงอาจบ่งชี้ได้ในสองประเด็นคือ วัตถุแห้งที่พืชชนิดนั้นเพื่อพิจารณาการใช้เป็นอาหารสัตว์ สามารถบ่งชี้ได้ถึงความน่ากิน ความชื้น และอาจสะท้อนให้เห็นถึงสัดส่วนของใบต่อต้นพืชต้นหนึ่ง ๆ ได้ดี จากการศึกษาครั้งนี้ ถั่วพุ่มมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งต่ำที่สุดแม้จะเป็นเพียงเศษเหลือของต้นและใบจากการเก็บผลผลิต จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าน่าจะสามารถใช้เศษเหลือของต้นและใบของถั่วพุ่มและถั่วลิสงเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ได้เช่นกัน

เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (% OM) และเปอร์เซ็นต์เถ้า (% Ash)

จากการศึกษาพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด (ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60) ที่ปลูกในฤดูแล้งพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยถั่วคาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุสูงสุดเท่ากับ 91.6 เปอร์เซ็นต์ ไม่ต่างจากถั่วท่าพระสไตโลที่มีเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 91.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุเท่ากับ 89.7 เปอร์เซ็นต์ และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 85.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7)

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์เถ้าพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างถั่วชนิดต่างๆ ที่ทำการศึกษาในฤดูแล้ง (ตารางที่ 7) โดยถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงสุดเท่ากับ 14.2 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (10.3 เปอร์เซ็นต์) และต่ำสุด ได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล (8.8 เปอร์เซ็นต์) และถั่วคาวาลเคด (8.4 เปอร์เซ็นต์) โดยเปอร์เซ็นต์เถ้าแสดงให้เห็นถึง สารอนินทรีย์ที่มีอยู่ในพืชชนิดนั้นๆ ประกอบด้วยธาตุชนิดต่างๆ ยกเว้นไอโอดีนและซีลีเนียมที่ถูกปลดปล่อยออกไปในขณะเผา (ศิริลักษณ์ วงษ์พิเชษฐ, 2546) จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์เถ้าพบว่าสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรณธิภา ณ เชียงใหม่ และ ภัทรพร ภูมิรินทร์ (2550) ที่กล่าวไว้ว่าชนิดของพืชตระกูลถั่วมีเปอร์เซ็นต์เถ้าที่แตกต่างกัน โดย *V. radiata* var. *sublobata* (TC1995) มีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงสุด (13.3 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม (9.25 เปอร์เซ็นต์) ถั่วท่าพระสไตโล (9.1 เปอร์เซ็นต์) และ ถั่วคาวาลเคด (9 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกันในทุกพันธุ์และทุกสภาพการปลูก โดยพบว่าในสภาพที่ขาดน้ำค่าเปอร์เซ็นต์ของถั่วชนิดต่างๆ จะแสดงผลที่ต่างกัน โดยเฉพาะถั่ว *V. radiata* var. *sublobata* (TC1995) มีเปอร์เซ็นต์เถ้าเพิ่มขึ้น เป็น 14.5 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าถั่วชนิดอื่นๆ และ ถั่วคาวาลเคด มีเปอร์เซ็นต์เถ้า ต่ำที่สุด (7.9 เปอร์เซ็นต์) จากการศึกษาในครั้งนี้มีเปอร์เซ็นต์เถ้าของถั่วพุ่มสูงกว่าที่ศึกษาโดย พรณธิภา ณ เชียงใหม่ และ ภัทรพร ภูมิรินทร์ (2550) ซึ่งอาจเป็นผลส่วนหนึ่งมาจากอาหารการเก็บที่ยาวนานกว่าหรือทำการตัดศึกษาที่ระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว ด้วยเหตุนี้ระยะการเจริญเติบโตพืชอาจส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์เถ้าได้สูงเช่นเดียวกับชนิดพืช

เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ (% CP)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโภชนาในอาหารที่ใช้ในการทดลองที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตามอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการอบเพื่อเตรียมตัวอย่าง) พบว่าชนิดของพืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิด (ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60) ที่ปลูกในฤดูแล้ง (เดือนมกราคม ถึงเดือน พฤษภาคม พ.ศ 2552) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) โดยถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงสุดเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ และ 19.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ ถั่วคาวาลเคด มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ 17 เปอร์เซ็นต์ และ ถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบต่ำสุดเท่ากับ 14.9 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 7) ค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบที่ได้จากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ไม่ได้แยกกลุ่มที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบซึ่งได้แก่ กรดอะมิโนโปรตีนและสารประกอบไนโตรเจนอื่นๆ ออกจากกัน (ศิริลักษณ์ วงษ์พิเชษฐ และคณะ, 2546) ในการศึกษาพบว่าพืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิดมีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบแตกต่างกัน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากหลายสาเหตุ ทั้งจากการที่พืชทั้ง 4 ชนิดมีพันธุกรรมที่ต่างกัน และสาเหตุอีกประการหนึ่งคือ อายุการตัดหรืออายุการเก็บเกี่ยวที่ต่างกันซึ่งอายุการตัดจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ ในพืชชนิดใดชนิดหนึ่ง โดยพบว่าที่อายุการตัดเพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในพืชลดลง (สายัณห์ ทัดศรี, 2547) แต่อย่างไรก็ตาม

ตาม จากผลการทดลองพบว่าถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุดเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่มาจากการตัดที่อายุ 107 วัน ซึ่งสูงกว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคด ที่มีอายุการตัดครั้งแรกเท่ากันคือ 90 วัน หลังออก และถั่วพุ่มที่อายุการตัด คือ 55 วัน ซึ่งเป็นอายุหลังเก็บเมล็ด ซึ่งการที่ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีอายุเก็บเกี่ยวสูงสุดแต่พบเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงสุด อาจเป็นเพราะการมีส่วนเหนือดินที่มีสัดส่วนของจำนวนใบมากกว่าลำต้น และมีลำต้นค่อนข้างอ่อน ซึ่งการมีส่วนของใบในสัดส่วนที่สูงจากการสังเกตในพืชชนิดนี้ อาจส่งผลต่อการมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่สูง (สายันท์ ทัดศรี, 2547) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของพันธุกรรมสูงต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีน และในถั่วลิสงสงพันธุ์ มข. 60 มีอายุการเก็บเกี่ยวที่แนะนำคือ 115 วัน (สนั่น จอกลอย, 2550) ซึ่งเป็นอายุการเก็บผลผลิตได้แก่ เมล็ด แต่ในการศึกษาครั้งนี้เก็บที่ 107 วัน เนื่องจากเริ่มพบการทำลายของโรคและแมลงทำให้ต้องมีการเก็บตัวอย่างก่อนกำหนด ซึ่งในระยะเวลาการปลูกดังกล่าวสามารถเก็บผลผลิตได้เช่นกัน และพบว่าส่วนลำต้นต่อใบเหนือดิน ยังคงมีสีเขียวสดอยู่ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของพืชตระกูลถั่วลิสงพันธุ์ดังกล่าว โดยมีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนไม่ต่างจากถั่วพุ่ม (19.1 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งใกล้เคียงกับรายงานของ Kongcharoen *et al.* (2006) ที่รายงานค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนของถั่วพุ่ม เท่ากับ 20.1 เปอร์เซ็นต์ โดยศึกษาจากถั่วพุ่มมีอายุการตัดเพื่อวิเคราะห์ผลหลังจากเก็บผลผลิตประมาณ 55 วันหลังปลูก

สำหรับการศึกษานี้พบว่าถั่วคาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 17.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ได้จากรายงานของ กรมปศุสัตว์ (2547) ที่พบว่าเมื่อตัดที่อายุ 90 วัน จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 15.5 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาพบว่าถั่วคาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่าถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 และถั่วพุ่ม แต่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงกว่าถั่วท่าพระสไตโล ซึ่งถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน เท่ากับ 14.9 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้มีค่าสูงกว่าที่มีการรายงานของวิทยา สุมาลย์ และคณะ (2547) ที่พบว่าถั่วท่าพระสไตโลแห้ง เมื่อตัดที่อายุ 90 วัน มีโปรตีนเท่ากับ 11.5 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าต่ำกว่าที่รายงานโดยกรมปศุสัตว์ (2547) ที่การตัดที่อายุ 90 วัน ซึ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีค่าเท่ากับ 16.2 เปอร์เซ็นต์ การที่พบความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์โปรตีนจากรายงานทดลอง อาจเป็นผลเนื่องมาจากพื้นที่และฤดูกาลในการปลูกต่างกันทำให้ค่าโปรตีนเมื่อวิเคราะห์ออกมาแล้วมีค่าที่ต่างกันออกไป

เปอร์เซ็นต์เยื่อใย Neutral detergent fiber (% NDF)

จากการศึกษาชนิดของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด (ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60) ที่ปลูกในฤดูแล้ง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ NDF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 7) โดยถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคด มีเปอร์เซ็นต์ NDF สูงสุดเท่ากับ 56.8 และ 55.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือ ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 (46.7 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ถั่วพุ่มมีค่าต่ำสุด (37 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ลักษณะ NDF ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเยื่อใยหรือผนังเซลล์ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างของพืช ซึ่งโดยทั่วไปสัตว์มีความสามารถในการย่อยได้ที่ต่ำ โดยเปอร์เซ็นต์ NDF สามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้การกินได้ของสัตว์ ถ้าอาหารมีเปอร์เซ็นต์ NDF ต่ำอาจหมายถึงสัตว์ก็จะกินได้มากขึ้น โดย NDF มีส่วน ประกอบที่สำคัญคือ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส ลิกนิน ซึ่งเป็นเยื่อใยที่สามารถย่อยในสารละลายที่เป็นกลางได้ดี (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

จากการศึกษาพบว่า ถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์ NDF สูงสุด เท่ากับ 56.8 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการตัด 90 วัน ซึ่งให้ค่าต่ำกว่าการศึกษาของ วิทยา สุมาลย์ และคณะ (2547) เล็กน้อย (62.4 เปอร์เซ็นต์) ที่อายุการตัดเท่ากัน เช่นเดียวกันจากการศึกษานี้ที่พบว่าถั่วคาวาลเคด มีเปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 55.7 เปอร์เซ็นต์ ที่อายุการตัด 90 วัน ซึ่งให้ค่าต่ำกว่าการศึกษาของ จินดา สนิทวงศ์ และคณะ (2546) เล็กน้อย (59.0 เปอร์เซ็นต์) ที่พบว่าการตัดที่อายุ 90 วัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคดมี

เปอร์เซ็นต์ NDF ที่สูงกว่าถั่วพุ่ม และถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานเบื้องต้นพบว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคดมีการแตกกิ่งก้านมากกว่าซึ่งอาจส่งผลต่อค่า NDF สูงกว่าอีกสองพันธุ์ที่เหลือ

เปอร์เซ็นต์เยื่อใย Acid detergent fiber (% ADF)

จากการศึกษาชนิดของพืชตระกูลถั่ว 4 ชนิด (ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60) ที่ปลูกในฤดูแล้ง พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ ADF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ตารางที่ 7) โดยพบว่าถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์ ADF สูงสุดเท่ากับ 46.8 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วคาวาลเคด (40.4 เปอร์เซ็นต์) ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 (36.1 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่มซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุดเท่ากับ 31.0 เปอร์เซ็นต์

ค่าเปอร์เซ็นต์ ADF คือ เปอร์เซ็นต์ของ ลิกนิน เซลลูโลส และ ซิลิคอนออกไซด์ เป็นดัชนีหรือค่าที่ชี้บ่งถึงเยื่อใยได้ดี ถ้าพืชมีเปอร์เซ็นต์ ADF สูงจะส่งผลให้การย่อยได้ (digestibility) ต่ำ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) จากการศึกษาพบว่า ถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์ ADF สูงที่สุดคือ 46.8 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วคาวาลเคด (40.4 เปอร์เซ็นต์) ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (36.1 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่ม (31 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรพนธิภา ณ เชียงใหม่ และภัทรพร ภูมิรินทร์ (2550) ซึ่งได้ทำการปลูกพืชตระกูลถั่วในฤดูแล้ง คือในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม โดยพบว่า ชนิดของพืชตระกูลถั่วมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และได้รายงานเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF ของถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคดและถั่วพุ่ม ใกล้เคียงกับการศึกษาครั้งนี้ โดยถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์เยื่อใย ADF สูงสุด เท่ากับ 47.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วคาวาลเคด (38.6 เปอร์เซ็นต์) ถั่ว *V. radiata* var. *sublobata* (TC1995) (32.4 เปอร์เซ็นต์) และ ถั่วพุ่ม (31.6 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ถั่ว moth bean หรือ *V. aconitifolia* มีเปอร์เซ็นต์ ADF ต่ำสุด เท่ากับ 29.4 เปอร์เซ็นต์

ค่าเปอร์เซ็นต์ของเฮมิเซลลูโลส เป็นค่าที่ถูกวัดและปรากฏในเปอร์เซ็นต์ NDF แต่ไม่ได้วัดในเปอร์เซ็นต์ ADF ซึ่งในพืชตระกูลถั่วที่ศึกษาในครั้งนี้มีค่าต่างกัน โดยเปอร์เซ็นต์ NDF ในถั่วท่าพระสไตโล คือ 56.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่เปอร์เซ็นต์ ADF คือ 46.8 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นผลต่างจากทั้ง 2 ค่าอาจสามารถบ่งชี้เปอร์เซ็นต์ของเฮมิเซลลูโลสที่ไม่ได้วัดและปรากฏในค่าเปอร์เซ็นต์ ADF (ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์) NDF ขณะที่ในถั่วคาวาลเคดมีค่าผลต่างประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ ในถั่วพุ่มมีค่าผลต่างประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ และในถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าผลต่าง ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าในถั่วต่างชนิดกัน นอกจากมีเปอร์เซ็นต์ NDF และเปอร์เซ็นต์ ADF ต่างกันแล้ว ยังมีโอกาสที่จะมีค่าของเฮมิเซลลูโลสต่างกัน ด้วย โดยพบความแปรปรวนที่ 6-15 เปอร์เซ็นต์ ในพืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิดที่ทำการศึกษา

การศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน

องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารที่ใช้ทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์ค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบในกระเพาะรูเมน (ตารางที่ 8) ค่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ (ตารางที่ 9) และค่าการย่อยสลายได้ของ NDF (ตารางที่ 10) ของพืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิดคือ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตามอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการอบเพื่อเตรียมตัวอย่าง) พบว่าในถั่วทั้ง 4 ชนิด พบมีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง โปรตีนหยาบ อินทรีย์วัตถุ NDF ADF และเถ้า ดังนี้ ถั่วท่า

พระสไตโลมีค่าเท่ากับ 20.3, 14.9, 91.2, 56.8, 46.8 และ 8.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วคาวาลเคดมีค่าเท่ากับ 21.3, 17, 91.6, 55.7, 40.4 และ 8.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วพุ่มมีค่าเท่ากับ 17.9, 19.1, 85.9, 37, 31 และ 14.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าเท่ากับ 18.6, 20, 89.7, 46.7, 36.1 และ 10.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 ส่วนประกอบทางเคมีของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศดูแล้ง (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)

สิ่งที่ศึกษา ^{2/}	พืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่ว ^{1/}				CV (%)	F-test
	T	C	V	KU		
วัตถุแห้ง (DM)	20.3 ^a	21.3 ^a	17.9 ^b	18.6 ^b	6.35	**
อินทรีย์วัตถุ (OM)	91.2 ^a	91.6 ^a	85.9 ^c	89.7 ^b	1.00	**
โปรตีน (CP)	14.9 ^c	17.0 ^b	19.1 ^a	20.0 ^a	6.60	**
เยื่อใย (NDF)	56.8 ^a	55.7 ^a	37.0 ^c	46.7 ^b	4.91	**
เยื่อใย (ADF)	46.8 ^a	40.4 ^b	31.0 ^d	36.1 ^c	7.73	**
เถ้า (Ash)	8.8 ^c	8.4 ^c	14.2 ^a	10.3 ^b	8.65	**

^{a,b,c} อักษรที่ต่างกันภายในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่น 99 %

** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

หมายเหตุ ^{1/}T แทน ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra (Tha pra stylo))
 C แทน ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade)
 V แทน ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) สายพันธุ์ KVC 7
 KU แทน ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) พันธุ์ มข. 60

^{2/}DM คือ Dry Matter, CP คือ Crude Protein, OM คือ Organic Matter,
 NDF คือ Neutral Detergent Fiber และ ADF คือ Acid Detergent Fiber

การย่อยสลายได้ของอาหารกลุ่มทดลองที่เป็นอาหารหยาบ ซึ่งมีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน จะต้องอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ร่วมกัน ได้แก่ เชื้อรา โปรโตซัว และแบคทีเรีย โดยเชื้อราเป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่เข้าไปย่อยโครงสร้างของเยื่อใย โดยไปลดความตึงของเส้นใยและทำให้เกิดการแตกของเส้นใยง่ายขึ้น นอกจากนี้เชื้อราจะทำลายองค์ประกอบที่เรียกว่า hemicellulose-lignin complex โดยการละลายเพคตินและลิกนินออกมา การที่รูเมนมีเชื้อรามากจะช่วยลดระยะการพักตัวของอาหารย่อยอาหารเยื่อใย ส่วนโปรโตซัวจะทำหน้าที่ย่อยหมักคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดไขมันที่ระเหยได้ ได้แก่ กรดบิวทิริก กรดแลคติก และกรดโพรพโอนิก ซึ่งสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต (ฉลอง วชิราภากร, 2541)

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัวแดง อินทรียวต และ เยื่อใย NDF

เมื่อนำถั่วทั้ง 4 ชนิด คือ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และ ถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 ใส่ลงในล่อน และนำไปหมักในกระเพาะรูเมน เก็บข้อมูลที่ระยะเวลาต่าง ๆ กัน หลังจากนั้น นำมาล้าง อบ ชั่ง และหาเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง อินทรียวต และ เยื่อ NDF ที่เหลืออยู่ และคำนวณหา เปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง และอินทรียวตที่ย่อยสลายได้ ดังแสดงในตารางที่ 8-10 และภาพที่ 11-15

ค่าเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง โดยเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง เมื่อเวลาบ่มหมักต่าง ๆ ของถั่วทั้ง 4 ชนิด คือถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และ ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 (ตารางที่ 8 และภาพที่ 11) พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงที่ 0 หรือก่อนทำการศึกษาก่อนของถั่วทั้ง 4 ชนิด มีค่าเท่ากับ 25.7, 29.5, 30.7 และ 27.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่หลังการบ่มหมักชั่วโมงที่ 4 ถั่วพุ่มมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงสุดเท่ากับ เท่ากับ 41.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากถั่วชนิดอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับที่พบในชั่วโมงที่ 8, 12, 24 , 48 และ 72 ที่พบว่า ถั่วพุ่มมีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงสุดเท่ากับ โดยมีค่าเท่ากับ 49.2, 55.2, 66.4, 75.3 และ 78.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจาก ถั่วชนิดอื่น ๆ ขณะที่ถั่วลิสงพันธุ์ มข.60 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งที่ 4 และ 8 ชั่วโมงเป็นอันดับที่สองรองจากถั่วพุ่ม แต่เมื่อระยะเวลาการบ่มยาวนานขึ้นตั้งแต่ 12 ชั่วโมงเป็นต้นไป จะมีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนไม่ต่างจากถั่วพุ่ม โดยภายหลังการบ่มที่กระเพาะรูเมนนาน 72 ชั่วโมงพบว่าถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงสุดเท่ากับ 79.1 เปอร์เซ็นต์ ไม่ต่างจากถั่วพุ่ม (78.7 เปอร์เซ็นต์) แต่สูงกว่าถั่วท่าพระสไตโล (67.4 เปอร์เซ็นต์) และ ถั่วคาวาลเคด (64.7 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 8 และ ภาพที่ 11)

จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่าถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ต่ำไม่ต่างจากถั่วคาวาล-เคด โดยให้ค่าสอดคล้องกับวิทยา สุมาลย์ และคณะ (2547) ที่รายงานว่ถั่วท่าพระสไตโลแห้งตัดที่อายุ 90 วัน มีปริมาณการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ที่ชั่วโมงต่าง ๆ กันดังนี้ ชั่วโมงที่ 24, 48 และ 72 มีค่าเท่ากับ 46.4, 53.5 และ 56.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ส่วนที่สามารถละลายได้ทันที (a) ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) และค่าอัตราการย่อยสลายของ b (c) ในพืชตระกูลถั่วทั้ง 4 ชนิด พบว่าในถั่วทั้ง 4 ชนิด มีค่าไม่ต่างกัน ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 8) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าที่ทำการศึกษาทั้ง 3 ค่า มีความแปรปรวนสูง โดยเฉพาะค่าอัตราการย่อยสลายของ b ขณะที่ค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (a+b) ของถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุด (82.5 เปอร์เซ็นต์) ไม่ต่างจากถั่วพุ่ม (81.8 เปอร์เซ็นต์) แต่สูงกว่าถั่วคาวาลเคด (71.5 เปอร์เซ็นต์) และถั่วท่าพระสไตโล (65.7 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ($P < 0.05$) จากผลการศึกษาพบว่าถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงกว่าถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และ ถั่วพุ่ม (21.3, 20.3, 18.6, และ 17.9 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (ตารางที่ 7) แต่จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งแล้วพบว่าถั่วพุ่มและถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงกว่าถั่วคาวาลเคดและถั่วท่า-พระสไตโลซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโลมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยสูงกว่า

ตารางที่ 8 ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูแล้ง จากการบ่มในกระเพาะรูเมน

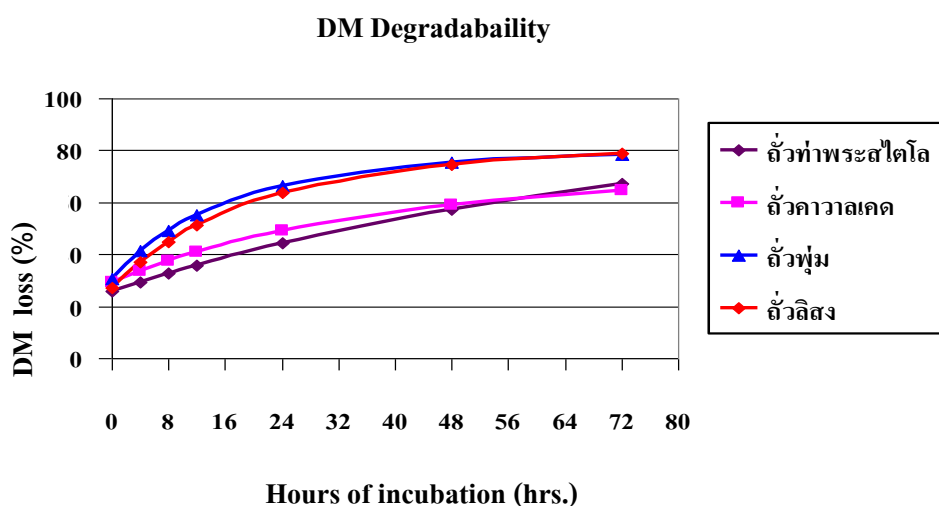
สิ่งที่ศึกษา	พืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่ว ^{1/}				CV (%)	F-test
	T	C	V	KU		
การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง ที่เวลา (%)						
0 ชั่วโมง	25.7	29.5	30.7	27.2	26.38	ns
4 ชั่วโมง	29.3 ^c	33.7 ^{bc}	41.2 ^a	37.1 ^{ab}	9.13	*
8 ชั่วโมง	32.6 ^d	37.5 ^c	49.2 ^a	44.9 ^b	5.49	**
12 ชั่วโมง	35.8 ^b	40.9 ^b	55.2 ^a	51.2 ^a	6.81	**
24 ชั่วโมง	44.2 ^b	49.1 ^b	66.4 ^a	63.6 ^a	7.40	**
48 ชั่วโมง	57.4 ^b	59.3 ^b	75.3 ^a	74.8 ^a	4.04	**
72 ชั่วโมง	67.4 ^b	64.7 ^b	78.7 ^a	79.1 ^a	5.03	**
ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (%) ^{2/}						
a	25.7	29.5	30.7	27.2	26.38	ns
b	44.8	42.1	51.1	55.4	10.9	ns
c	0.03	0.03	0.06	0.05	58.79	ns
a+b	65.7 ^b	71.5 ^{ab}	81.8 ^a	82.5 ^a	5.94	*
effective degradability (ED) ที่ flow rate						
0.05 (unit/hr)	34.0 ^b	43.9 ^b	56.6 ^a	53.6 ^a	4.80	*
^{a,b,c,d} อักษรที่ต่างกันภายในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)						
^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05)						
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)						
** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01)						
หมายเหตุ ^{1/}	T	แทน ถั่วท่าพระสไตโล (<i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Tha pra (Tha pra stylo))				
	C	แทน ถั่วคาวาลเคด (<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade)				
	V	แทน ถั่วพุ่ม (<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.) สายพันธุ์ KVC 7				
	KU	แทน ถั่วลิสง (<i>Arachis hypogaea</i> L.) พันธุ์ มข. 60				
^{2/}	a	แทน ปริมาณที่ย่อยสลายได้ทันที				
	b	แทน ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน				
	c	แทน อัตราการย่อยสลายของ b				
	a+b	แทน ค่าการย่อยสลายได้สูงสุด				

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (Effective DM degradability) ที่ระยะพักหมักของอาหาร 0.05 ยูนิตต่อชั่วโมง พบว่า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงที่สุดเท่ากับ 56.6 เปอร์เซ็นต์ไม่ต่างจากถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 (53.6 เปอร์เซ็นต์) แต่สูงกว่าถั่วคาวาลเคด (43.9 เปอร์เซ็นต์) และถั่วท่าพระสไตโล (34.0 เปอร์เซ็นต์) (P<0.05) (ตารางที่ 8) ซึ่งจากผลการศึกษานี้กล่าวได้ว่าเมื่อทำการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในระยะการบ่มหมักในกระเพาะรูเมนนาน 72 ชั่วโมงแล้ว ถั่วพุ่มจะมีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ไม่ต่างจากถั่วลิสงพันธุ์ มข.60 และสูงกว่าถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโล แต่ถ้าเป็น

การศึกษาในช่วงต้น ๆ ไม่เกิน 8 ชั่วโมงแล้ว ถั่วพุ่มจะมีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ดีกว่าถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60

ค่าเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ เมื่อเวลาบ่มหมักต่างๆ ของถั่วทั้ง 4 ชนิด คือ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม และ ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 พบว่า ในช่วงเวลาที่ 0 ถั่วทั้ง 4 ชนิด มีการย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 27.4, 30.5, 33.2 และ 29.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่เมื่อนานมีการบ่มหมักนานตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 เป็นต้นไปถึงชั่วโมงที่ 72 พบว่า เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้แตกต่างกันในพืชทั้ง 4 ชนิด (ตารางที่ 9 และภาพที่ 12)



ภาพที่ 11 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในช่วงเวลาต่างๆ ของพืชอาหารสัตว์ตระกูล ถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูแล้ง

โดยถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 จะมีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุภายหลังการบ่มหมัก นาน 4 ชั่วโมง สูงกว่าถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล ตามลำดับ (ตารางที่ 9) แต่ หลังจากชั่วโมงการบ่มที่กระเพาะรูเมน 8 ชั่วโมงเป็นต้นไปถึง 72 ชั่วโมง พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ ของอินทรีย์วัตถุของถั่วพุ่มและถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 สูงไม่ต่างกัน แต่สูงกว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาล เคด โดยที่ 72 ชั่วโมงพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของถั่วทั้ง 4 เท่ากับ 78.7, 79.7, 67.1 และ 65.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 9 และภาพที่ 12)

จากการศึกษาค่าคงที่การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุพบว่าส่วนที่สามารถละลายได้ทันที (a) ส่วน ที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) และค่าอัตราการย่อย สลายของ b (c) และค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (a+b) ในถั่วทั้ง 4 ชนิด ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) จะเห็นได้ว่าถั่วทั้ง 4 ชนิด มีส่วนที่ละลายได้ทันที (a) เท่ากับ 27.4, 30.5, 33.2 และ 29.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกับส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนการ ย่อยสลายได้ (b) เท่ากับ 45.3, 43.9, 51.6 และ 55.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และส่วนการย่อยได้สูงสุดของ อินทรีย์วัตถุ (a+b) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 67.9, 74.5, 84.8 และ 84.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การศึกษาค่า

ประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ (Effective OM degradability) ที่ระยะหมักของอาหาร 0.05 ยูนิต์ต่อชั่วโมง พบว่าถั่วพุ่มมีค่าสูงสุดเท่ากับ 55.6 เปอร์เซ็นต์ ไม่ต่างจากถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 (53.7 เปอร์เซ็นต์) แต่สูงกว่าถั่วคาวาลเคด (44.8 เปอร์เซ็นต์) และถั่วท่าพระสไตโล (40.4 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 9)

ตารางที่ 9 ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุในพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศ ฤดูแล้ง จากการบ่มในกระเพาะรูเมน

สิ่งที่ศึกษา	พืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่ว ^{1/}				CV (%)	F-test
	T	C	V	KU		
การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ ที่เวลา (%)						
0 ชั่วโมง	27.4	30.5	33.2	29.2	22.16	ns
4 ชั่วโมง	30.5 ^c	34.7 ^{bc}	41.5 ^a	37.9 ^{ab}	9.19	*
8 ชั่วโมง	33.4 ^c	38.0 ^b	48.0 ^a	45.0 ^a	5.51	**
12 ชั่วโมง	36.3 ^b	41.2 ^b	53.3 ^a	50.8 ^a	6.32	**
24 ชั่วโมง	44.0 ^b	49.2 ^b	64.0 ^a	63.0 ^a	7.30	**
48 ชั่วโมง	56.7 ^b	59.7 ^b	74.1 ^a	74.7 ^a	4.21	**
72 ชั่วโมง	67.1 ^b	65.6 ^b	78.7 ^a	79.7 ^a	4.95	**
ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ (%) ^{2/}						
a	27.4	30.5	33.2	29.2	22.16	ns
b	45.3	43.9	51.6	55.4	9.53	ns
c	0.02	0.02	0.05	0.04	67.34	ns
a+b	67.9	74.5	84.8	84.6	8.22	ns
effective degradability (ED) ที่ flow rate						
0.05 (unit/hr)	40.4 ^b	44.8 ^b	55.6 ^a	53.7 ^a	4.87	**

^{a,b,c} อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

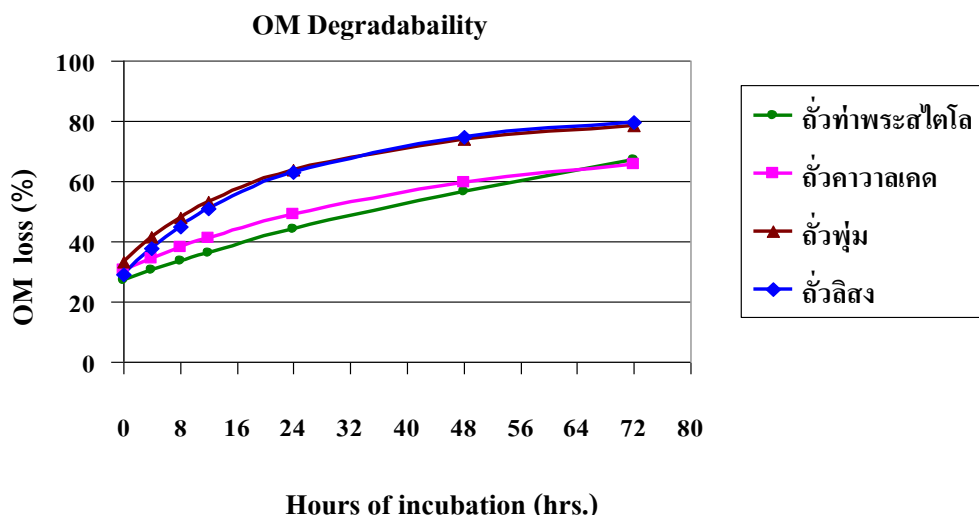
*

**

หมายเหตุ ^{1/}T แทน ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra (Tha pra stylo))
 C แทน ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade)
 V แทน ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) สายพันธุ์ KVC 7
 KU แทน ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) พันธุ์ มข. 60
^{2/}a แทน ปริมาณที่ย่อยสลายได้ทันที
 b แทน ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน
 c แทน อัตราการย่อยสลายของ b
 a+b แทน ค่าการย่อยสลายได้สูงสุด

ซึ่งการศึกษาเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เทียบกับเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง) พบว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคดมีค่าสูงสุด (91.2 และ 91.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 7) แต่มีเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ต่ำกว่าถั่วลิสงพันธุ์ มข.60 และถั่วพุ่ม (ตารางที่ 9) ในกระเพาะรูเมน ซึ่งอาจเป็นผลมาจาก

การมีเปอร์เซ็นต์เยื่อใยที่สูงของถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคด ที่อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการย่อยได้ของสัตว์ ด้วยเหตุนี้ แม้จะมีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุสูงในถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคด อาจไม่ส่งผลให้เกิดการนำไปใช้ประโยชน์ได้ในกระเพาะรูเมนสูงกว่าถั่วพุ่มและถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60



ภาพที่ 12 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุในชั่วโมงต่างๆ ของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูแล้ง

ค่าเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF

เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF เมื่อเวลาบ่มหมักต่าง ๆ ของถั่วทั้ง 4 ชนิด คือ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ของถั่วทั้ง 4 ชนิด ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) ในชั่วโมงที่ 0 มีค่าเท่ากับ 24.2, 22.2, 19.1 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 10 และภาพที่ 13) เช่นเดียวกับการศึกษาภายหลังการบ่มหมักในกระเพาะรูเมนหลังชั่วโมงที่ 8 ซึ่งเท่ากับ 29.3, 27, 31.8 และ 31.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF จะพบเฉพาะหลังการหมักในกระเพาะรูเมนที่ 24 ชั่วโมง โดยถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุด (50.2 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วพุ่ม (46.1 เปอร์เซ็นต์) ถั่วท่าพระสไตโล (37.7 เปอร์เซ็นต์) และ ถั่วคาวาลเคด (35.3 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ($P < 0.05$) ขณะที่ในชั่วโมงที่ 72 เปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ของถั่วทั้ง 4 ชนิด มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 24 ชั่วโมง โดยมีค่าเท่ากับ 55.1, 52.7, 61.2, และ 68.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 10 และภาพที่ 13)

จากการศึกษาค่าคงที่ของการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ของถั่วทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีส่วนที่ละลายได้ทันที (a) เท่ากับ 22.2, 22.2, 19.4 และ 16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) เช่นเดียวกับมีส่วนที่ไม่ละลาย แต่สามารถเกิดกระบวนการการย่อยสลายได้ (b) มีค่าเท่ากับ 48.5, 53.3, 50.3 และ 61.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มีค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของเยื่อใย NDF (a+b) เท่ากับ 71.5, 73.7, 63.2 และ 72.2 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 10) อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF (Effective NDF degradability) ที่ระยะพักหมักของอาหาร 0.05 ยูนิต์ต่อชั่วโมง พบว่าถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงสุดคือ 40.9 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือถั่วพุ่ม KVC7 (38.9

เปอร์เซ็นต์) ถั่วท่าพระสไตโล (34.6 เปอร์เซ็นต์) และถั่วคาวาลเคด (32.3 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ ($P < 0.05$) (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของ NDF ในพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูแล้ง จากการบ่มในกระเพาะรูเมน

สิ่งที่ศึกษา	พืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่ว ^{1/}				CV (%)	F-test
	T	C	V	KU		
การย่อยสลายได้ของ NDF ที่เวลา (%)						
0 ชั่วโมง	24.2	22.2	19.1	16.0	45.70	ns
8 ชั่วโมง	29.3	27.0	31.8	31.9	10.02	ns
24 ชั่วโมง	37.7 ^b	35.3 ^b	46.1 ^{ab}	50.2 ^a	13.96	*
72 ชั่วโมง	55.1	52.7	61.2	68.3	10.54	ns
ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของ NDF (%) ^{2/}						
a	22.2	22.2	19.4	16.0	45.70	ns
b	48.5	53.3	50.3	61.4	18.10	ns
c	0.03	0.02	0.05	0.05	67.34	ns
a+b	71.5	73.7	63.2	72.2	6.78	ns
effective degradability (ED) ที่ flow rate						
0.05 (unit/hr)	34.7 ^{bc}	32.3 ^c	38.9 ^{ab}	40.9 ^a	8.36	*

^{a,b,c} อักษรที่ต่างกันแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

^{ns} ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \geq 0.05$)

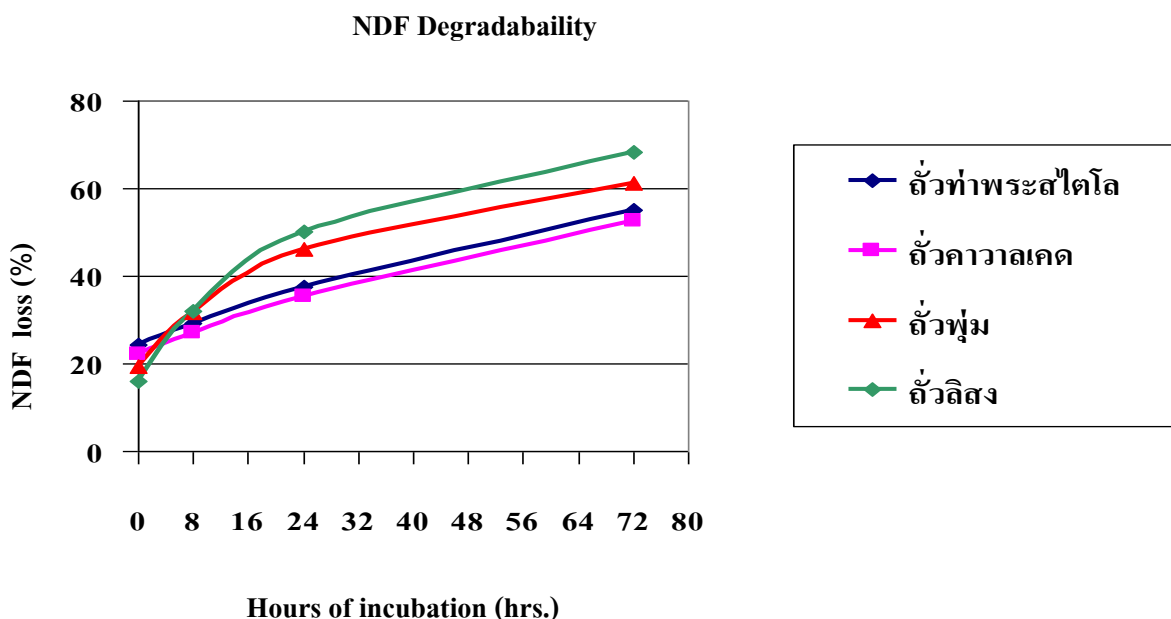
*

แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

หมายเหตุ ^{1/}T แทน ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra (Tha pra stylo))
C แทน ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade)
V แทน ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) สายพันธุ์ KVC 7
KU แทน ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) พันธุ์ มข. 60
^{2/}a แทน ปริมาณที่ย่อยสลายได้ทันที
b แทน ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน
c แทน อัตราการย่อยสลายของ b
a+b แทน ค่าการย่อยสลายได้สูงสุด

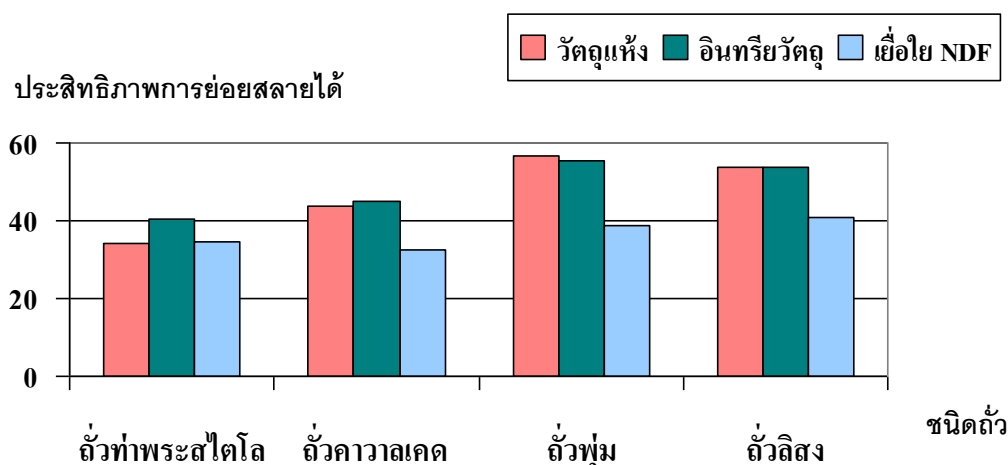
เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาของคัพระกอบทางเคมีพบว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์ NDF สูง (56.8 และ 55.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม (46.7 และ 37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 7) ซึ่งปริมาณเยื่อใย NDF หมายถึง ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก กล่าวคือในพืชอาหารสัตว์ถ้ามีปริมาณเยื่อใย NDF มากจะทำให้การย่อยสลายได้น้อยลง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ คาร์โบไฮเดรตส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่ไม่เป็นโครงสร้าง การที่ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่มมีประสิทธิภาพของการย่อยสลายได้สูง จึงอาจหมายถึงส่วนของคาร์โบไฮเดรตส่วนที่ไม่

เป็นโครงสร้าง ได้แก่ ส่วนน้ำตาล แป้ง สูงกว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคด ซึ่งส่วนของ น้ำตาล และ แป้งเป็นส่วนที่สามารถละลายกับน้ำได้ทันที จึงเป็นผลทำให้ค่าประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่มมีค่าที่สูงกว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคด (ภาพที่ 14) เช่นเดียวกับการที่ถั่วท่าพระสไตโลและถั่วคาวาลเคดมีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ต่ำ อาจหมายถึงการสะสมพวกรคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างมากขึ้น หรือส่วนของเยื่อใยมาก จะทำให้ค่าการย่อยสลายได้ลดลง (วรรณ อ่างทอง และคณะ, 2548)



ภาพที่ 13 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ในชั่วโมงต่างๆ ของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูแล้ง

ดังนั้นจากผลการศึกษาการย่อยสลายได้ ทั้งค่าเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ของถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม KVC7 ที่มีค่าสูงกว่าแสดงให้เห็นถึงความสามารถที่จะใช้เยื่อใยและย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ของถั่วลิสงพันธุ์ มข.60 และถั่วพุ่ม KVC7 ได้สูงและมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 14 กราฟแท่งแสดงประสิทธิภาพการย่อยสลายของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูแล้ง

การศึกษาคุณค่าทางโภชนาและความสามารถในการย่อยสลายได้ของพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วที่ปลูกในฤดูฝนในกระเพาะรูเมน

การศึกษาและเปรียบเทียบคุณค่าทางโภชนาของพืชตระกูลถั่ว

เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้ง (%DM)

จากการศึกษาคุณค่าทางโภชนาของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกในฤดูฝน (เดือนมิถุนายน ถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552) ทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 พบว่ามีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดย ถั่วคาวาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งสูงสุด (34.12 และ 33.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) รองลงมา ได้แก่ ถั่วฮามาต้า (30.18 เปอร์เซ็นต์) สำหรับถั่วลิสง มข.60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งน้อยที่สุด ตามลำดับ (28.90 และ 24.41 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 11)

โดยวัตถุดิบแห้ง (dry matter) คือ ส่วนของตัวอย่างที่หักเอาน้ำหรือความชื้นออก จากการศึกษพบว่า ถั่วคาวาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้าซึ่งเป็นชนิดที่มีวัตถุดิบแห้งสูง สาเหตุเนื่องมาจากเป็นพืชชนิดที่มีส่วนของลำต้น กิ่งก้านสูงกว่า ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ซึ่งถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 เป็นถั่วที่มีส่วนของใบมากและลักษณะลำต้นอวบอ้วนน้ำมากกว่า อาจมีผลทำให้ ถั่วลิสง มข. 60 และถั่วพุ่ม KVC7 มีเปอร์เซ็นต์น้ำหรือความชื้นสูงกว่า สำหรับถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ซึ่งทำการตัดหลังเก็บเกี่ยวฝักแห้ง ที่อายุ 107 วัน มีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งต่ำกว่าถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโล พบว่า ค่าใกล้เคียงกับถั่วในสกุล *Archis* อย่างเช่น ถั่วลิสงเถา (*Archis pinto Amarillo*) ที่เกี่ยวต้นสดที่อายุตัด 60 วัน พบมีการรายงานค่าเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งเท่ากับ 29.0 เปอร์เซ็นต์ (คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551) ซึ่งทั้งถั่วพุ่ม KVC7 และถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 เป็นถั่วที่ตัดหลังจากเก็บเกี่ยวฝักมาแล้ว ลักษณะลำต้นที่มีความชื้นสูงนี้ช่วยบ่งชี้ในด้านความน่ากิน นับว่าเป็นของเหลือจากทางการเกษตรที่น่าสนใจนำมาใช้เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์ได้

สำหรับถั่วคาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงที่สุดในกลุ่มพืชตระกูลถั่วที่ศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาที่อายุตัด 90 วัน มีค่าสูงกว่าถั่วที่มีอายุตัดเท่ากันที่มีรายงานไว้โดยกรมปศุสัตว์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 25.5 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าสูงกว่าถั่วคาวาลเคดที่อายุตัดเท่ากัน ที่ปลูกในฤดูแล้ง ซึ่งเท่ากับ 21.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากฤดูกาล เนื่องจากถั่วคาวาลเคดเป็นพืชอายุปีเดียวทำให้ต้องปลูกใหม่ในทุกฤดูปลูก ขณะที่ถั่วท่าพระสไตโลที่ทำการศึกษานี้เป็นถั่วที่มีอายุตัด 90 วัน แต่เป็นการตัดในรอบที่ 3 ซึ่งมีรายงานว่า ถั่วที่มีการตัดหลายรอบจะมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงขึ้น (คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551) และสำหรับถั่วฮามาต้าในการทดลองศึกษาที่อายุตัด 80 วัน (ตารางที่ 11) มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้ง (30.18 เปอร์เซ็นต์) สูงกว่าถั่วฮามาต้าที่อายุตัด 60 วัน ที่มีรายงานเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งเท่ากับ 29 เปอร์เซ็นต์ จึงอาจยืนยันสมมติฐานที่ว่า การตัดตัวอย่างพืชที่อายุสูงขึ้นจะส่งผลในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงขึ้นตามไปด้วย (คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย, 2551)

เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (%OM) และเปอร์เซ็นต์เถ้า (%Ash)

จากการศึกษาพืชตระกูลถั่วที่ปลูกในฤดูฝน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบความแตกต่างของค่าเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุเป็น 3 กลุ่มใหญ่คือ กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุสูง ได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล (92.56 เปอร์เซ็นต์) ถั่วคาวาลเคด (92.92 เปอร์เซ็นต์) และถั่วฮามาต้า (92.49 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วลิงสง พันธุ์ มข.60 (89.59 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 86.24 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11 ภาพที่ 16)

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์เถ้าพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ในถั่วชนิดต่างๆ ที่ทำการศึกษาในฤดูฝนโดยพบว่าถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีเปอร์เซ็นต์เถ้าสูงสุดเท่ากับ 13.76 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วลิงสง พันธุ์ มข.60 มีเปอร์เซ็นต์เถ้าเท่ากับ 10.41 เปอร์เซ็นต์ ส่วนถั่วฮามาต้า (7.51 เปอร์เซ็นต์) ถั่วท่าพระสไตโล (7.44 เปอร์เซ็นต์) และถั่วคาวาลเคด (7.08 เปอร์เซ็นต์) เป็นเปอร์เซ็นต์ต่ำสุด (ตารางที่ 11) ซึ่งเปอร์เซ็นต์เถ้าทั้งหมดในอาหารสัตว์ คือ ส่วนของสารอินทรีย์ที่เหลือจากการเผาอาหารที่อุณหภูมิสูง จนกระทั่งสารอินทรีย์ถูกเผาไหม้ไปหมด เถ้าที่ได้มีส่วนประกอบของแร่ธาตุไม่เหมือนเดิมทุกอย่าง เนื่องจากแร่ธาตุบางอย่างอาจจะหายไประหว่างเวลาการเผา ค่าของเถ้าที่หาได้ สามารถบอกถึงคุณภาพของอาหารสัตว์นั้น ถ้าค่าของเถ้าสูงกว่าปกติ ก็หมายถึงอาจมีการปลอมปนสารอื่นเข้ามาในอาหารนั้น เช่น ทราย แร่ธาตุภายในเถ้าจะประกอบด้วยโปแตสเซียม โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งเป็นแร่ธาตุที่มีในปริมาณมาก ส่วนเหล็ก อลูมิเนียม ทองแดง แมงกานีส และสังกะสี จะมีอยู่เป็นปริมาณน้อยมาก ส่วนอาซิติก ไอโอดีน ฟลูออไรด์ และแร่ธาตุอื่นๆ จะมีอยู่เป็นปริมาณน้อยมาก (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) หากพิจารณาข้อมูลด้านเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุของถั่วแต่ละชนิด จะพบว่า ทั้งถั่วพุ่ม KVC7 และถั่วลิงสง พันธุ์ มข. 60 มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับถั่วพืชอาหารสัตว์อีก 3 ชนิด ที่กรมปศุสัตว์แนะนำแก่เกษตรกร (ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้า) แสดงว่าทั้งถั่วพุ่ม KVC7 และถั่วลิงสง พันธุ์ มข. 60 ที่มีการนำเศษเหลือเหล่านี้มาใช้เป็นพืชอาหารสัตว์อาจมีข้อเสียเปรียบเมื่อเทียบกับพืชตระกูลถั่วที่เหลือ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ นั่นคือ หากเก็บเกี่ยวพืชสดในปริมาณที่เท่ากันจะทำให้ได้ผลผลิตในรูปวัตถุแห้งค่อนข้างต่ำไปด้วย อย่างไรก็ตามต้องพิจารณาค่าทางโภชนาการอื่นด้วยเช่นเดียวกัน

เปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ (% CP)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโภชนาการในพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วในสภาพแปลงทดลองที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตามอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการอบเพื่อเตรียมตัวอย่าง) พบว่าพืชตระกูลถั่วที่ปลูกในฤดูฝนมีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ซึ่งพบค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่มีความแตกต่างกันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูง ได้แก่ ถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 (15.34 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 (14.36 เปอร์เซ็นต์) และกลุ่มที่มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบรองลงมา ได้แก่ ถั่วคาวาลเคด (11.48 เปอร์เซ็นต์) ถั่วท่าพระสไตโล (11.22 เปอร์เซ็นต์) และถั่วฮามาต้า (11.48 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 11)

ในการศึกษาครั้งนี้ สำหรับถั่วฮามาต้า มีอายุตัด 80 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีน 11.19 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนต่ำกว่าที่รายงานโดยกรมปศุสัตว์ (2552) ที่ได้รายงาน คือ 15.9 เปอร์เซ็นต์ และถั่วท่าพระสไตโลสภาพแปลงทดลองครั้งนี้ เป็นการเก็บเกี่ยวต้น อายุ 90 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบ 11.22 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าที่กรมปศุสัตว์ (2551) รายงานไว้ว่า ถั่วท่าพระสไตโลอายุตัดที่ 90 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบเท่ากับ 14.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมที่มีต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนในพืชอาหารสัตว์

สำหรับถั่วคาวาลเคดในสภาพแปลงทดลองครั้งนี้ มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบค่อนข้างต่ำเท่ากับ 11.48 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าที่คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) รายงานไว้ว่า ถั่วคาวาลเคดที่อายุตัด 90 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบเท่ากับ 15.7 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่จินดา สนิทวงศ์ และคณะ (2546) รายงานว่าคาวาลเคดที่อายุตัด 90 วัน มีเปอร์เซ็นต์โปรตีนเท่ากับ 17.07 เปอร์เซ็นต์ อาจกล่าวได้ว่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่มีการรายงานมีความแตกต่างกันอาจเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพแปลงปลูกและฤดูกาล

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าพืชตระกูลถั่วมีค่าเปอร์เซ็นต์โปรตีนแตกต่างกันไป อาจเป็นผลเนื่องมาจากหลายสาเหตุ ทั้งจากการที่พืชตระกูลถั่วแต่ละชนิดมีพันธุกรรมที่ต่างกัน และสาเหตุอีกประการหนึ่งคืออายุตัดหรืออายุการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน ซึ่งอายุตัดจะส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในพืชลดลง (สายันท์ ทัดศรี, 2547) และเห็นได้จากการทดลองพบว่า ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 ในการทดลองครั้งนี้เก็บเกี่ยวที่อายุ 107 วัน นานกว่าถั่วชนิดอื่นๆ ที่เหลือ และถั่วพุ่มมีอายุตัดที่ 55 วัน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่าพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วอีก 3 ชนิดที่กำลังศึกษา (ถั่วฮามาต้า ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล) ทั้งที่มีอายุตัดน้อยกว่า ซึ่งทั้ง ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 นี้มีลักษณะสังเกตที่เหมือนกันคือ ใบใหญ่ สดส่วนใบต่อลำต้นสูง และลำต้นมีลักษณะอวบแน่นมากกว่า อาจส่งผลต่อการมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูง เนื่องจากใบที่มีระดับโปรตีนสูงกว่าลำต้น 2 – 3 เท่า (สายันท์ ทัดศรี, 2547) จึงนับว่าเป็นลักษณะพิเศษของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 แม้ว่าพืชตระกูลถั่วทั้ง 2 ชนิดนี้จะให้เปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งและอินทรีย์วัตถุที่ค่อนข้างต่ำก็ตาม

เปอร์เซ็นต์เยื่อใย Neutral detergent fiber (% NDF)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโภชนาการของพืชอาหารสัตว์ที่ปลูกในฤดูฝน พบว่ามี เปอร์เซ็นต์ NDF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยพบว่าถั่วคาวาลเคด มีเปอร์เซ็นต์ NDF สูงที่สุดเท่ากับ 60.13 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างกับถั่วท่าพระสไตโล (58.50 เปอร์เซ็นต์) และถั่วฮามาต้า (55.24

เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (50.64 เปอร์เซ็นต์) ส่วนถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีเปอร์เซ็นต์ NDF ต่ำสุดเท่ากับ 33.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 11)

NDF หมายถึง กลุ่มของสารเคมีต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของผนังเซลล์ของพืช ซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน รวมทั้ง คิวติน (cutin) ซิลิกา (silica) และแทนนิน (tannin) โดยปกติ สัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่สามารถจะย่อยหรือย่อยได้เป็นส่วนน้อย ส่วนสัตว์เคี้ยวเอื้องหรือสัตว์กระเพาะรวมซึ่งมี จุลินทรีย์อาศัยอยู่ในกระเพาะสามารถจะย่อยบางส่วนของ NDF ได้บ้าง แต่ความสามารถย่อยได้มากน้อยแค่ไหนขึ้นอยู่กับปริมาณของลิกนิน คิวติน และซิลิกาที่อยู่ในอาหารนั้นๆ ดังนั้นจึงมักถือว่าอาหารสัตว์ที่มีระดับ ของ NDF สูงจะย่อยยาก หรือมีคุณภาพต่ำกว่าอาหารที่มี NDF ต่ำ เช่น อาหารหยาบมีปริมาณของ NDF สูง กว่าในอาหารข้น พืชอาหารสัตว์ตระกูลหญ้ามีปริมาณของ NDF สูงกว่าพืชตระกูลถั่วหรือพืชอาหารสัตว์ที่ เก็บเกี่ยวเมื่อมีอายุมากมักพบปริมาณของ NDF สูงกว่าพืชที่มีอายุน้อย โดยปกติอาหาร พืชที่มีปริมาณของ NDF สูงมีผลให้การย่อยได้ของ NDF มักมีค่าต่ำลง (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

จากการศึกษาพบว่า ถั่วฮามาต้ามีเปอร์เซ็นต์ NDF 55.24 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าที่ Wilaipon (1994) เคยรายงานไว้เล็กน้อยว่าถั่วฮามาต้าที่อายุตัด 75 วัน มีค่าเปอร์เซ็นต์ NDF ระหว่าง 57.5 – 57.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถั่วคาวาลเคดในการทดลองครั้งนี้มีเปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 60.13 เปอร์เซ็นต์ มีค่าสูง กว่าที่จินดา สนิทวงศ์ และคณะ (2546) (59.0 เปอร์เซ็นต์) และ คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์ เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) (52.3 เปอร์เซ็นต์) รายงานไว้ในถั่วคาวาลเคดที่มีอายุตัดเท่ากัน คือ 90 วัน ทำนองเดียวกันถั่วท่าพระสไตโล เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 58.5 เปอร์เซ็นต์ มีค่าต่ำกว่าที่ วิทยา สุมา มาลย์ และคณะ (2547) รายงานไว้เล็กน้อย พบว่าถั่วท่าพระสไตโลที่มีอายุตัด 90 วัน เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 62.4 เปอร์เซ็นต์ แต่มีค่าสูงกว่าที่คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) รายงานไว้ว่า ถั่วท่าพระสไตโลที่อายุตัดเท่ากันนี้เปอร์เซ็นต์ NDF เท่ากับ 54.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งความ แตกต่างที่เกิดอาจเป็นอิทธิพลของฤดูกาล การจัดการ และวิธีการวิเคราะห์ เป็นต้น

จากการทดลองสังเกตเห็นได้ว่าทั้งถั่วฮามาต้า ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล มีค่าเปอร์เซ็นต์ NDF สูงกว่าถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 และ ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 เนื่องจากเป็นพืชตระกูลถั่วที่มีการแตกของกิ่ง ก้านมากกว่า และสำหรับถั่วพุ่มมีลักษณะที่สัดส่วนใบต่อกิ่งก้านสูง และในขณะเดียวกันกิ่งก้านของถั่วพุ่มมี ความแข็งแรงน้อยกว่าถั่วทั้ง 3 ชนิดดังที่กล่าวมา และในขณะเดียวกันค่าเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุของถั่วพุ่ม และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าต่ำกว่าพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วเหล่านี้ แต่จะมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบสูงกว่า แสดงว่าส่วนของอินทรียวัตถุของถั่วพุ่มและถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ส่วนหนึ่งจะเป็นองค์ประกอบของโปรตีน มากกว่าจึงทำให้เหลือส่วนที่เป็นเยื่อใย NDF ยิ่งลดน้อยลงไปอีก นับได้ว่าต้นถั่วพุ่มและถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 เป็นวัสดุเหลือทางการเกษตรที่มีคุณภาพ เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์โปรตีนที่ค่อนข้างสูง จึงเป็นแหล่งของ ไนโตรเจนที่ดี

เปอร์เซ็นต์เยื่อใย Acid detergent fiber (%ADF)

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณโภชนะในอาหาร ชนิดของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกในฤดูฝน พบว่ามี เปอร์เซ็นต์ ADF แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) โดยพบว่าถั่วท่าพระสไตโลและถั่วฮา มาต้า มีเปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากันและมีค่าสูงสุด เท่ากับ 51.30 และ 51.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่มีค่าสูง กว่าถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (47.29 เปอร์เซ็นต์) เล็กน้อย รองลงมาคือ เปอร์เซ็นต์ ADF ของถั่วคาวาลเคด (43.62 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 (22.84 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 11)

ADF คือ ส่วนที่เหลือจากการนำตัวอย่างพืชไปย่อยด้วยสารละลายที่เป็นกรด (acid detergent) ซึ่งมีความเข้มข้นของกรดในสารละลายเท่ากับ 1 นอร์มอล และมี detergent คือ cetyl trimethylammonium bromide จะย่อยโปรตีนในเซลล์พืช ส่วนอะซิโตน (acetone) จะละลายไขมันและเม็ดสีต่างๆ ส่วนที่เหลือที่ไม่ละลายในสารละลายจะเป็นสารที่อยู่ในส่วนของ ADF ได้แก่ เซลลูโลส ลิกนิน คิวติน และ เถ้าที่ไม่ละลายในกรด (acid insoluble ash; AIA) โดย ADF มีได้หมายถึงเยื่อใยในอาหารหรือในพืชทั้งหมดเพราะไม่ได้รวมส่วนของเฮมิเซลลูโลสรวมอยู่ด้วย ปริมาณของ ADF ในอาหารสัตว์ก็เป็นไปในการทำงานเดียวกันกับปริมาณของ NDF คือในอาหารชั้นจะมีปริมาณของ ADF ต่ำกว่าในอาหารหยาบ และในพืชอาหารสัตว์ปริมาณของ ADF จะเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บเกี่ยวของพืช เป็นดัชนีหรือค่าบ่งชี้ถึงเยื่อใยได้ดี ถ้าพืชที่มีเปอร์เซ็นต์ ADF สูง การย่อยได้จะต่ำ (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546)

ตารางที่ 11 ส่วนประกอบทางเคมีของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน (เปอร์เซ็นต์ของวัตถุแห้ง)

สิ่งที่ศึกษา ^{2/}	พืชตระกูลถั่ว ^{1/}					CV%
	T	C	H	V	KU	
วัตถุแห้ง (DM)	33.81 ^a	34.12 ^a	30.18 ^{ab}	24.41 ^c	28.90 ^b	9.83
อินทรีย์วัตถุ (OM)	92.56 ^a	92.92 ^a	92.49 ^a	86.24 ^c	89.59 ^b	0.97
เถ้า (Ash)	7.44 ^c	7.08 ^c	7.51 ^c	13.76 ^a	10.41 ^b	9.54
โปรตีน (CP)	11.22 ^b	11.48 ^b	11.19 ^b	14.36 ^a	15.34 ^a	7.76
เยื่อใย (NDF)	58.50 ^a	60.13 ^a	55.24 ^{ab}	33.50 ^c	50.64 ^b	8.68
เยื่อใย (ADF)	51.30 ^a	43.62 ^b	51.03 ^a	22.84 ^c	47.29 ^{ab}	10.83
เยื่อใย (ADL)	nd	nd	nd	nd	nd	nd

a, b, c อักษรต่างกันภายในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

หมายเหตุ ^{1/}T แทน ถั่วท่าพระสไตโล (*Stylosanthes guianensis* Stylo CIAT 184) อายุตัด 90 วัน
 C แทน ถั่วคาวาลเคด (*Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade) อายุตัด 90 วัน
 V แทน ถั่วพุ่ม (*Vigna unguiculata* L. (Walp.)) สายพันธุ์ KVC 7 อายุตัด 55 วัน
 H แทน ถั่วฮามาต้า (*Stylosanthes hamata* cv. Verano) อายุตัด 80 วัน
 KU แทน ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) พันธุ์ มข. 60 อายุตัด 107 วัน

^{2/}DM คือ Dry Matter, CP คือ Crude Protein, OM คือ Organic Matter, NDF คือ Neutral Detergent Fiber, ADF คือ Acid Detergent Fiber และ ADL คือ Acid detergent lignin

nd คือ not determine

เปอร์เซ็นต์ ADF ของถั่วฮามาต้าที่ทำการศึกษานี้ เท่ากับ 51.03 เปอร์เซ็นต์มีค่าสูงกว่าที่ Wilaipon (1994) รายงานว่าถั่วฮามาต้าที่อายุตัด 75 วัน ว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 45.5 เปอร์เซ็นต์ ทำนองเดียวกันถั่วท่าพระสไตโลมีเปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 51.30 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) รายงานไว้ว่าถั่วท่าพระสไตโลที่อายุการตัด

90 วัน มีเปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 40.0 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลเนื่องจากการทดลองครั้งนี้อาจเป็นเพราะถ้าทำ พระสโตโลเป็นการตัดครั้งที่ 3 ซึ่งค่า ADF จะมีค่าสูงขึ้นตามจำนวนครั้งของการตัด (วิโรจน์ ภัทรจินดา, 2546) ส่วนถ้าควาลเคดในการทดลองครั้งนี้มีค่าเปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 43.62 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่ คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย (2551) รายงานไว้เล็กน้อย ว่าถ้าควาลเคดที่อายุตัด 90 วันมีเปอร์เซ็นต์ ADF เท่ากับ 37.3 เปอร์เซ็นต์ สำหรับในการศึกษาครั้งนี้มีค่าสูงกว่าค่าที่ ศึกษาในฤดูแล้งเล็กน้อยในทุกชนิดถั่ว (ยกเว้นไม่ได้มีการปลูกถั่วฮามาต้าในฤดูแล้ง) ยกเว้น ถั่วทำพระสโตโล ที่ในฤดูฝนมีค่าสูงกว่าซึ่งอาจอธิบายได้รอบการตัดที่สูงกว่าในฤดูแล้ง

การศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน

องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างอาหารที่ใช้ทดลอง

ผลจากการวิเคราะห์ค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุดิบในกระเพาะรูเมน (ตารางที่ 12) ค่าการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ (ตารางที่ 13) ค่าการย่อยสลายได้ของ NDF (ตารางที่ 14) และค่าการย่อยสลายได้ของ ADF (ตารางที่ 15) ในกระเพาะรูเมน ของพืชตระกูลถั่วทั้ง 5 ชนิดคือ ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วควาลเคด และถั่วทำพระสโตโล ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส (ตามอุณหภูมิปกติที่ใช้ในการอบเพื่อเตรียมตัวอย่าง) พบว่าในถั่วแต่ละชนิด มีค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ เถ้า โปรตีนหยาบ NDF และ ADF ดังนี้ ถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 มีค่าเท่ากับ 28.90, 89.59, 10.41, 15.34, 50.64 และ 47.29 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วฮามาต้า 30.18, 92.49, 7.51, 11.19, 55.24 และ 51.03 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วพุ่ม 24.41, 86.24, 13.76, 14.36, 33.50 และ 22.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วควาลเคด 34.12, 92.92, 7.08, 11.48, 60.13 และ 43.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ถั่วทำพระสโตโล 33.81, 92.56, 7.44, 11.22, 58.50 และ 51.30 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

การย่อยสลายได้ของอาหารกลุ่มทดลองที่เป็นอาหารหยาบ ซึ่งมีเยื่อใยเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ เฮลลูโลส เฮเซลลูโลส และลิกนิน จะต้องอาศัยการทำงานของจุลินทรีย์ร่วมกัน ได้แก่ แบคทีเรีย โปรโตซัว เชื้อรา โดยเชื้อราเป็นจุลินทรีย์กลุ่มแรกที่เข้าย่อยโครงสร้างของเยื่อใยโดยปลดความตึงของเยื่อใยและทำให้เกิดการแตกของเส้นใยง่ายขึ้น นอกจากนี้เชื้อราจะทำลายองค์ประกอบที่เรียกว่า Hemicellulose-lignin complex โดยการละลายเพคตินและลิกนินออกมา การที่รูเมนมีเชื้อรามากจะช่วยลดระยะการพักตัวของ การย่อยอาหารเยื่อใย ส่วนโปรโตซัวจะทำหน้าที่ย่อยหมักคาร์โบไฮเดรตให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ ได้แก่ กรดบิวทิริก กรดแลคติก และกรดโพรพิโอนิก ซึ่งสัตว์จะนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต (ฉลอง วชิราภากร, 2541)

ผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของวัตถุดิบอินทรีย์วัตถุ โปรตีน และเยื่อใย NDF

เมื่อนำถั่วทั้ง 5 ชนิด คือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วควาลเคด และถั่วทำพระสโตโล ใส่ลงในลอนและนำไปหมักในกระเพาะรูเมน ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน หลังจากนั้นนำมา ล้าง อบ ชั่ง และหาเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีน และเยื่อใย NDF ที่เหลืออยู่ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบ อินทรีย์วัตถุ โปรตีน และเยื่อใย NDF ที่ย่อยสลายได้ ดังแสดงในตารางที่ 12-15 และ ภาพที่ 15-19

ค่าเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง

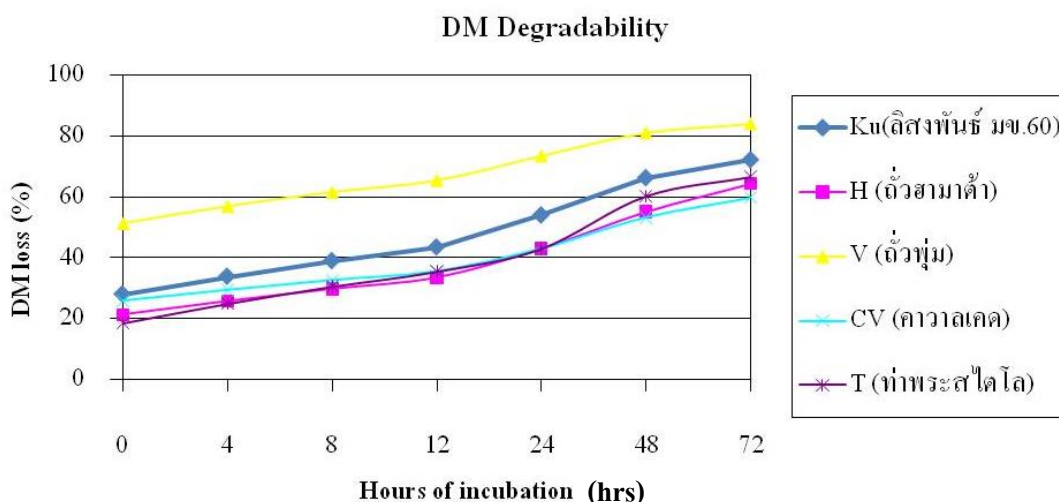
จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง โดยเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายของวัตถุแห้งเมื่อเวลาบ่มหมักต่างๆ ของถั่วแต่ละชนิด คือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล (ตารางที่ 12 และภาพที่ 15) พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งที่ชั่วโมงที่ 0 ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงสุด เท่ากับ 51.38 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 (28.07 เปอร์เซ็นต์) ถั่วคาวาลเคด (25.97 เปอร์เซ็นต์) และถั่วฮามาต้า (21.46 เปอร์เซ็นต์) ส่วนถั่วท่าพระสไตโล มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งต่ำสุด (18.53 เปอร์เซ็นต์) เมื่อมีการบ่มหมักในชั่วโมงที่ 4 ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงสุด เท่ากับ 57.03 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างจากถั่วชนิดอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) เช่นเดียวกันกับที่พบในชั่วโมงที่ 8, 12, 24, 48 และ 72 ที่พบว่า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงสุด โดยมีค่าเท่ากับ 61.68, 65.53, 73.59, 81.20 และ 84.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างจากถั่วพันธุ์อื่นๆ รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ซึ่งมีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 39.02, 43.52, 54.06, 66.32 และ 72.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่อีก 3 ชนิดถั่วที่เหลือเป็นกลุ่มพบค่าการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งต่ำกว่า แต่พบว่าในชั่วโมงท้ายๆ ที่ 48 และ 72 ชั่วโมง ถั่วคาวาลเคดมีเปอร์เซ็นต์ต่ำสุด

เมื่อทำการวิเคราะห์แต่ละค่าพบว่า ส่วนที่สามารถละลายได้ทันที (a) และส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) ในพืชตระกูลถั่วทั้ง 5 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 12) ส่วนอัตราการย่อยสลายของ b (c) และค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (a+b) ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) อย่างไรก็ตามพบว่าค่าคงที่การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งที่ทำการศึกษาทั้ง 4 ค่า มีความแปรปรวนสูง โดยเฉพาะอัตราการย่อยสลายของ b (c) จากผลการศึกษาพบว่า ถั่วคาวาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า มีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งสูงกว่าถั่วลิสง มข.60 และ ถั่วพุ่ม KVC7 (34.12, 33.81, 30.18, 28.90 และ 24.41 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (ตารางที่ 10) แต่จากผลการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งแล้วพบว่าถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าสูงกว่าถั่วคาวาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (effective DM degradability) ที่ระยะพักหมักอาหาร 0.05 ยูนิตต่อชั่วโมง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) พบว่า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด (67.40 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (47.04 เปอร์เซ็นต์) ส่วนประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้า มีค่ารองลงมา และถั่วทั้ง 3 ชนิดนี้มีค่าไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 12 และภาพที่ 19) จากผลการศึกษาอาจกล่าวได้ว่าเมื่อทำการย่อยสลายได้ของวัตถุในระยะเวลาการบ่มหมักในกระเพาะรูเมน ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ดีที่สุด

ตารางที่ 12 ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน จากการบ่มในกระเพาะรูเมน

สิ่งที่ศึกษา	พืชตระกูลถั่ว ^{1/}					CV (%)	F-test
	T	C	H	V	KU		
การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (DM) ที่เวลา (%)							
0 ชั่วโมง	18.53 ^c	25.97 ^{bc}	21.46 ^{bc}	51.38 ^a	28.07 ^b	16.13	**
4 ชั่วโมง	24.94 ^c	29.50 ^{bc}	25.89 ^c	57.03 ^a	33.90 ^b	9.99	**
8 ชั่วโมง	30.57 ^b	32.73 ^c	29.94 ^c	61.68 ^a	39.02 ^b	7.22	**
12 ชั่วโมง	35.51 ^c	35.67 ^c	33.66 ^c	65.53 ^a	43.52 ^b	6.21	**
24 ชั่วโมง	43.02 ^c	43.06 ^c	43.08 ^c	73.59 ^a	54.06 ^b	5.68	**
48 ชั่วโมง	60.30 ^c	53.27 ^d	55.20 ^{dc}	81.20 ^a	66.32 ^b	4.07	**
72 ชั่วโมง	66.68 ^c	59.68 ^d	64.48 ^c	84.14 ^a	72.26 ^b	2.98	**
ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้ง (%) ^{2/}							
a	18.53 ^c	25.97 ^{bc}	21.46 ^{bc}	50.58 ^a	28.07 ^b	14.70	**
b	54.66 ^a	48.98 ^{ab}	62.17 ^a	29.72 ^b	50.38 ^a	21.93	*
c	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	42.30	ns
a+b	73.19	74.95	83.64	80.31	78.45	14.26	ns
effective degradability (ED) ที่ flow rate							
0.05 (unit/hr)	39.31 ^c	38.77 ^c	37.67 ^c	67.40 ^a	47.04 ^b	5.22	**
a, b, c, d	อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)						
ns	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≥0.05)						
*	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)						
**	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P< 0.01)						
หมายเหตุ	^{1/} T	แทน	ถั่วท่าพระสไตโล (<i>Stylosanthes guianensis</i> Stylo CIAT 184) อายุตัด 90 วัน				
	C	แทน	ถั่วคาวาลเคด (<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade) อายุตัด 90 วัน				
	V	แทน	ถั่วพุ่ม (<i>Vigna unguiculata</i> L. (Walp.)) สายพันธุ์ KVC 7 อายุตัด 55 วัน				
	H	แทน	ถั่วฮามาต้า (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano) อายุตัด 80 วัน				
	KU	แทน	ถั่วลิสง (<i>Arachis hypogaea</i> L.) พันธุ์ มข. 60 อายุตัด 107 วัน				
	^{2/} a	แทน	ปริมาณที่ย่อยสลายได้ทันที				
	b	แทน	ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน				
	c	แทน	อัตราการย่อยสลายของ b				
	a+b	แทน	อัตราการย่อยสลายได้สูงสุด				

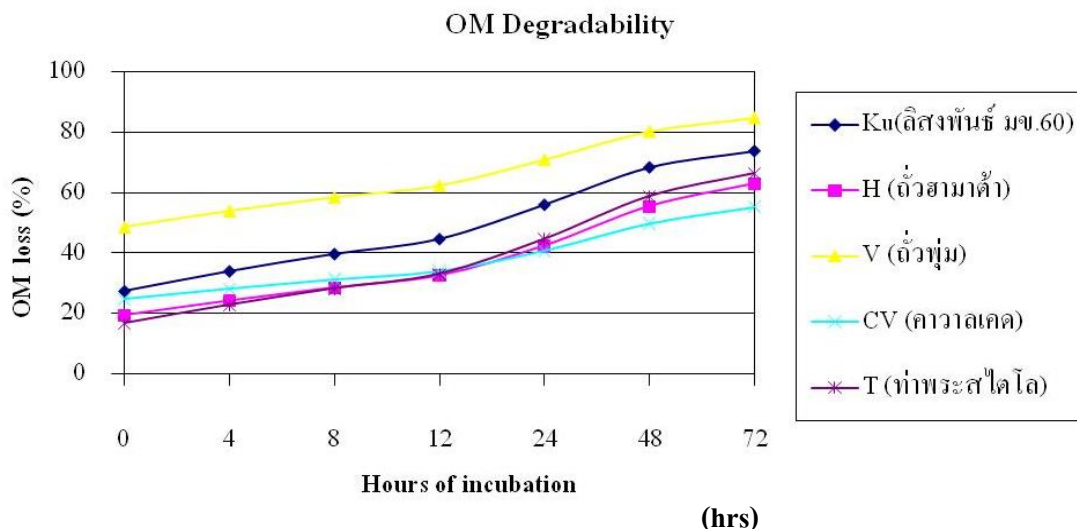


ภาพที่ 15 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งในช่วงเวลาต่างๆ ของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน

ค่าเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ เมื่อเวลาบ่มหมักต่างๆ ของถั่วแต่ละชนิด คือ ถั่วลิสง พันธ์ มข.60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล (ตารางที่ 13 และภาพที่ 16) พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุที่ชั่วโมงที่ 0 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) คือ ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุสูงสุด (48.73 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธ์ มข.60 ถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้า (27.37, 24.80 และ 19.35 เปอร์เซ็นต์) สำหรับถั่วท่าพระสไตโล มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุต่ำสุด (16.89 เปอร์เซ็นต์) เมื่อมีการบ่มหมักตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 จนถึงชั่วโมงที่ 72 พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุมีความแตกต่างกันในถั่วแต่ละชนิด โดยถั่วพุ่ม KVC7 จะมีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าถั่วลิสง พันธ์ มข.60 ถั่วคาวาลเคด ถั่วฮามาต้า และถั่วท่าพระสไตโล ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในชั่วโมงที่ 48 และ 72 ชั่วโมง พบเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุต่ำสุด (ตารางที่ 13 ภาพที่ 16)

จากการศึกษาค่าคงที่การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ พบว่าส่วนที่สามารถละลายได้ทันที (a) ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) และค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของวัตถุแห้ง (a+b) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) ส่วนอัตราการย่อยสลายของ b (c) ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) จะเห็นได้ว่า ส่วนที่สามารถละลายได้ทันที (a) ของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด (48.73 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธ์ มข.60 ถั่วคาวาลเคด และถั่วฮามาต้า (27.37, 24.80, 19.35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนถั่วท่าพระสไตโลมีค่าต่ำสุด (16.89 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) ที่ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วฮามาต้า และถั่วลิสง พันธ์ มข.60 มีค่าสูงสุด (59.97, 54.56 และ 50.82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 (41.67 เปอร์เซ็นต์) มีค่าต่ำสุด ส่วนค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของอินทรีย์วัตถุ (a+b) ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด (90.40 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธ์ มข.60 ถั่วท่าพระสไตโล ถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคด (78.20, 76.86, 73.91 และ 68.04 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ



ภาพที่ 16 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุในช่วงเวลาต่างๆ ของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน

การศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของอินทรีย์วัตถุ (effective OM degradability) ที่ระยะพักหมักอาหาร 0.05 ยูนิตต่อชั่วโมง (ตารางที่ 13 และภาพที่ 19) พบว่าถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด (64.92 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 (48.14 เปอร์เซ็นต์) และพบค่าต่ำสุดในถั่วท่าพระสไตโล ถั่วควาลเคด และถั่วฮามาต้า (37.37, 36.75 และ 36.47 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (ตารางที่ 13) เนื่องจากเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ ของถั่วท่าพระสไตโล ถั่วควาลเคด และถั่วฮามาต้า มีค่าสูง (92.56, 92.92 และ 92.49 เปอร์เซ็นต์) แต่ถั่วลิสง มข. 60 (89.59 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่ม KVC7 มีค่าต่ำกว่า (86.24 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 11) แต่ค่าเปอร์เซ็นต์ของโปรตีนหยาบของถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (15.34 เปอร์เซ็นต์) และถั่วพุ่ม KVC7 (14.36 เปอร์เซ็นต์) มีค่าสูงกว่าถั่วอาหารสัตว์ทั้ง 3 ชนิดที่ศึกษา ซึ่งแสดงว่าในส่วนของอินทรีย์วัตถุของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 ที่มีระดับน้อยอยู่บางส่วนจะเป็นโปรตีนอยู่เป็นองค์ประกอบที่มากกว่าจึงยิ่งทำให้เหลือส่วนที่เป็นเยื่อใย (NDF และ ADF) (ตารางที่ 11) ในระดับที่น้อยลงไปอีก จึงมีผลทำให้ประสิทธิภาพการย่อยสลายในกระเพาะรูเมนของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 สูงกว่าพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่วอีก 3 ชนิดที่ทำการศึกษา ถึงแม้ว่า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 จะมีเปอร์เซ็นต์วัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุต่ำกว่าก็ตาม แต่เมื่อพิจารณาในแง่การนำคุณค่าทางโภชนาไปใช้ประโยชน์ในกระเพาะรูเมนของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 จะค่าสูงกว่า

เปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบ

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบ เมื่อเวลาบ่มหมักต่างๆของถั่วแต่ละชนิด คือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วควาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล (ตารางที่ 14 และภาพที่ 17) พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบที่ชั่วโมงที่ 0 ถึงชั่วโมงที่ 12 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) คือ ชั่วโมงที่ 0 (48.05, 43.11, 46.77, 32.53 และ 23.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ชั่วโมงที่ 4 (52.56, 51.21, 53.83, 38.24 และ 31.86 เปอร์เซ็นต์) ชั่วโมงที่ 8 (56.64, 57.89, 59.78, 43.32 และ 39.50 เปอร์เซ็นต์) ชั่วโมงที่ 12 (60.34, 63.41, 64.81, 47.81 และ 46.27 เปอร์เซ็นต์) ส่วนชั่วโมงที่ 24 ถึง ชั่วโมงที่ 72 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) คือ ชั่วโมงที่ 24 ถั่วพุ่ม สายพันธุ์

KVC7 ถั่วฮามาต้า และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบสูง (75.81, 74.96 และ 69.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) รองลงมาคือ ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วคาวาลเคด (62.34 และ 58.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ข้าวโม่งที่ 48 และ 72 ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วฮามาต้า ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วท่าพระสไตโล ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) แต่แตกต่างกันกับถั่วคาวาลเคด (ตารางที่ 14 ภาพที่ 17)

จากการศึกษาค่าคงที่ของการย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบ ของถั่ว ได้แก่ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) และค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของเยื่อใย NDF (a+b) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) (ตารางที่ 14) คือ ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) (48.05, 43.11, 46.77, 32.53 และ 23.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) (49.38, 49.70, 49.41, 53.67 และ 76.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของโปรตีน (a+b) (97.43, 92.81, 96.18, 86.20 และ 99.41 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 14)

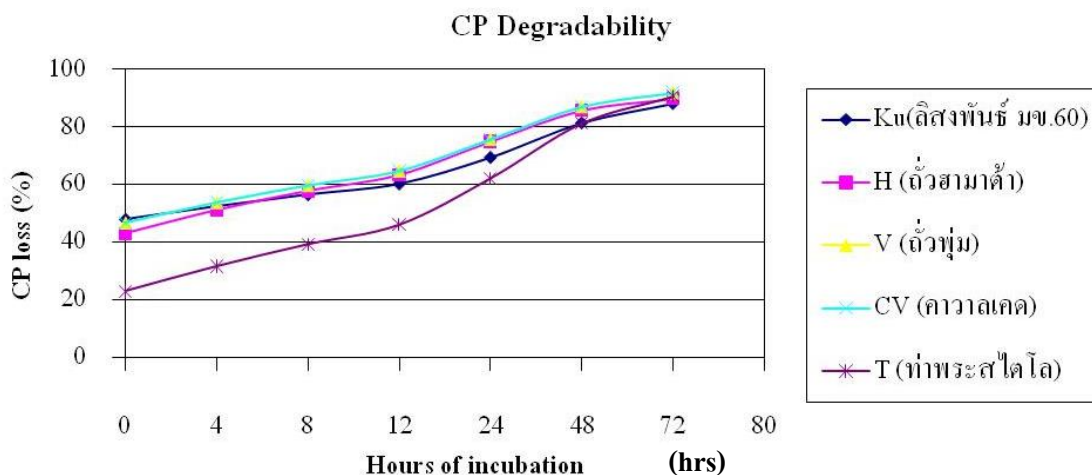
จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนของโปรตีนหยาบ (effective CP degradability) ที่ระยะพักหมักอาหาร 0.05 ยูนิตต่อชั่วโมง พบว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P \geq 0.05$) และถั่วทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล มีค่าเท่ากับ 63.92, 66.06, 67.81, 51.57 และ 51.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 14 และภาพที่ 19)

ค่าเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF

จากการศึกษาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF เมื่อเวลาบ่มหมักต่างของถั่วทั้ง 5 ชนิด คือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ถั่วฮามาต้า ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 ถั่วคาวาลเคด และถั่วท่าพระสไตโล พบว่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายเยื่อใย NDF ได้ของข้าวโม่งที่ 0 ของถั่วทั้ง 5 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$) (ตารางที่ 15 และภาพที่ 18) ในข้าวโม่งที่ 0 ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีค่าเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของวัตถุแห้งสูงสุดเท่ากับ 20.20 และ 13.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาคือถั่วฮามาต้า (5.84 เปอร์เซ็นต์) ถั่วคาวาลเคด (10.62 เปอร์เซ็นต์) และถั่วท่าพระสไตโล (6.82 เปอร์เซ็นต์) และในช่วงระยะเวลาในการบ่มหมักในกระเพาะรูเมนเพิ่มมากขึ้น ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วท่าพระสไตโลจะมีค่าการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนสูงที่สุด ลำดับรองลงมาคือ ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ถั่วฮามาต้า และถั่วคาวาลเคดตามลำดับ

ตารางที่ 14 ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของ CP ในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝนจากการบ่มในกระเพาะรูเมน

สิ่งที่ศึกษา	พืชตระกูลถั่ว ^{1/}					CV (%)
	T	C	H	V	KU	
การย่อยสลายได้ของ CP ที่เวลา (%)						
0 ชั่วโมง	23.25	32.53	43.11	46.77	48.05	31.08
4 ชั่วโมง	31.86	38.24	51.21	53.83	52.56	23.86
8 ชั่วโมง	39.50	43.32	57.89	59.78	56.64	18.92
12 ชั่วโมง	46.27	47.81	63.41	64.81	60.34	15.53
24 ชั่วโมง	62.34 ^b	58.49 ^b	74.96 ^a	75.81 ^a	69.48 ^{ab}	9.65
48 ชั่วโมง	81.37 ^a	71.40 ^b	85.74 ^a	87.14 ^a	81.41 ^a	5.44
72 ชั่วโมง	90.63 ^a	78.06 ^b	89.79 ^a	91.98 ^a	88.14 ^a	5.54
ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของ CP (%) ^{2/}						
a	23.25	32.53	43.11	46.77	48.05	30.80
b	76.16	53.67	49.70	49.41	49.38	22.72
c	0.03	0.03	0.04	0.04	0.02	33.96
a+b	99.41	86.20	92.81	96.18	97.43	8.47
effective degradability (ED) ที่ flow rate						
0.05 (unit/hr)	51.81	51.57	66.06	67.81	63.92	13.30
^{a, b} อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P< 0.05)						
หมายเหตุ ^{1/} T	แทน	ถั่วท่าพระสไตโล (<i>Stylosanthes guianensis</i> Stylo CIAT 184) อายุตัด 90 วัน				
C	แทน	ถั่วคาวาลเคด (<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade) อายุตัด 90 วัน				
V	แทน	ถั่วพุ่ม (<i>Vigna unguiculata</i> L. (Walp.)) สายพันธุ์ KVC 7 อายุตัด 55 วัน				
H	แทน	ถั่วฮามาต้า (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano) อายุตัด 80 วัน				
KU	แทน	ถั่วลิสง (<i>Arachis hypogaea</i> L.) พันธุ์ มข. 60 อายุตัด 107 วัน				
^{2/} a	แทน	ปริมาณที่ย่อยสลายได้ทันที				
b	แทน	ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน				
c	แทน	อัตราการย่อยสลายของ b				
a+b	แทน	อัตราการย่อยสลายได้สูงสุด				



ภาพที่ 17 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของโปรตีนหยาบในช่วงเวลาต่างๆ ของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน

จากการศึกษาค่าคงที่ของการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ของถั่วได้แก่ ส่วนที่ละลายได้ทันที (a) ของ ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด (20.20 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 (13.01 เปอร์เซ็นต์) ถั่ววาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า (10.62, 6.82 และ 5.84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนที่ไม่สามารถละลายได้แต่สามารถเกิดกระบวนการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมน (b) ของถั่วท่าพระสไตโล และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงสุด (83.63 และ 75.62 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) รองลงมาคือ ถั่วฮามาต้า ถั่ววาลเคด และถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 (52.67, 49.42 และ 46.65 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และค่าการย่อยสลายได้สูงสุดของเยื่อใย NDF (a+b) ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วท่าพระสไตโลมีค่าสูงสุด (95.82 และ 90.45 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) รองลงมาคือ ถั่ววาลเคด ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วฮามาต้า (60.04, 59.67 และ 58.51 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (ตารางที่ 15)

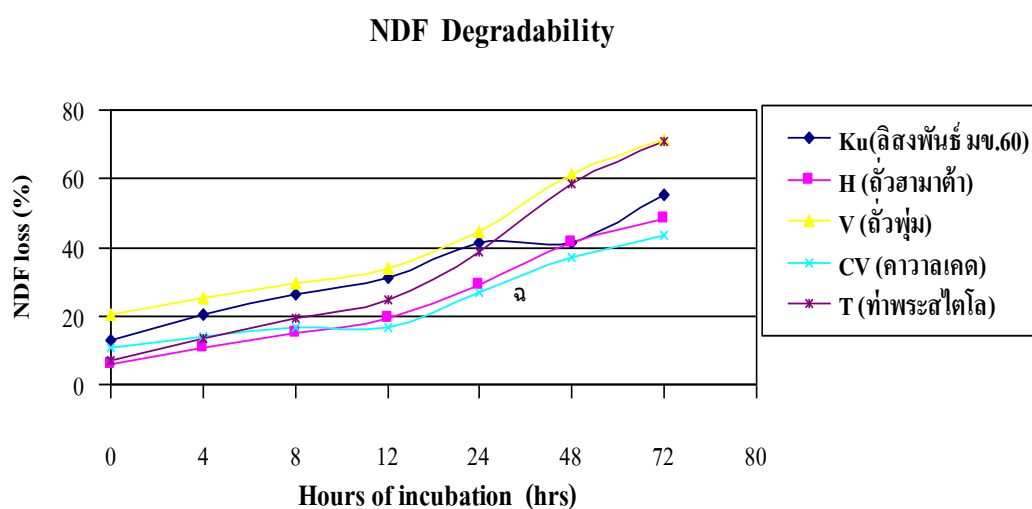
จากการศึกษาประสิทธิภาพในการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF (Effective NDF degradability) ที่ระยะพักหมักอาหาร 0.05 ยูนิตต่อชั่วโมง พบว่าถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง มข.60 มีค่าสูงสุด (38.82 และ 33.49 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) รองลงมาคือ ถั่วท่าพระสไตโล (30.71 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกัน ($P \geq 0.05$) กับถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 ส่วนถั่วฮามาต้า และถั่ววาลเคด มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 22.98 และ 22.81 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 15 และภาพที่ 19)

ตารางที่ 15 ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของ NDF ในพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน จากการบ่มในกระเพาะรูเมน

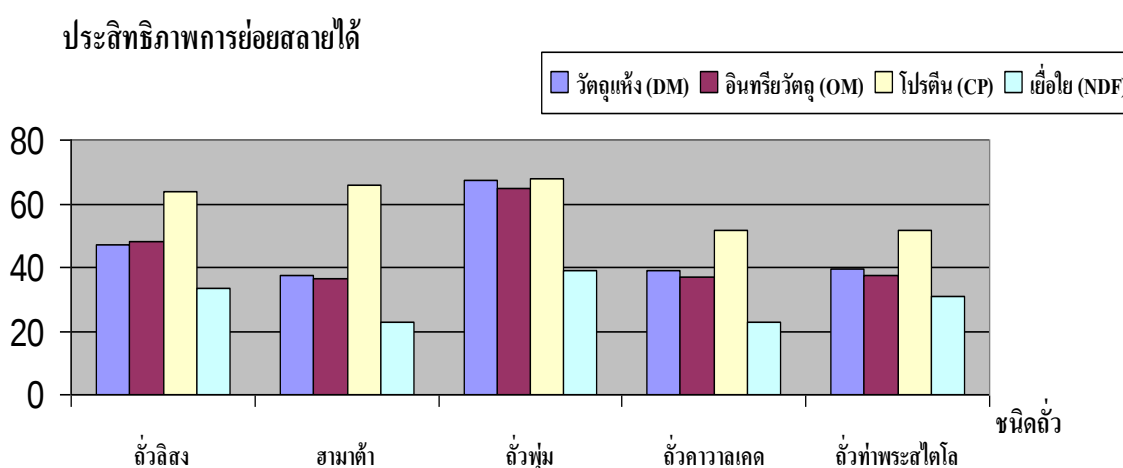
สิ่งที่ศึกษา	พืชตระกูลถั่ว ^{1/}					CV (%)
	T	C	H	V	KU	
การย่อยสลายได้ของ NDF ที่เวลา (%)						
0 ชั่วโมง	6.82 ^b	10.62 ^b	5.84 ^b	20.20 ^a	13.01 ^{ab}	35.24
4 ชั่วโมง	13.25 ^b	13.89 ^b	10.82 ^b	25.07 ^a	20.22 ^a	20.32
8 ชั่วโมง	19.19 ^b	16.90 ^b	15.28 ^b	29.60 ^a	26.15 ^a	15.49
12 ชั่วโมง	24.66 ^b	16.68 ^b	19.29 ^b	33.82 ^a	31.06 ^a	13.59
24 ชั่วโมง	38.70 ^b	26.80 ^b	29.03 ^b	44.81 ^a	41.35 ^a	11.23
48 ชั่วโมง	58.43 ^{ab}	36.97 ^c	41.46 ^c	60.95 ^a	41.35 ^b	8.91
72 ชั่วโมง	70.64 ^a	43.60 ^c	48.41 ^{bc}	71.63 ^a	55.18 ^b	8.62
ค่าคงที่การย่อยสลายได้ของ NDF (%) ^{2/}						
a	6.82 ^b	10.62 ^b	5.84 ^b	20.20 ^a	13.01 ^{ab}	35.24
b	83.63 ^a	49.42 ^b	52.67 ^b	75.62 ^a	46.65 ^b	18.70
c	0.02	0.02	0.02	0.01	0.04	46.70
a+b	90.45 ^a	60.04 ^b	58.51 ^b	95.82 ^a	59.67 ^b	14.73
effective degradability (ED) ที่ flow rate 0.05 (unit/hr)						
	30.71 ^b	22.81 ^c	22.98 ^c	38.82 ^a	33.49 ^{ab}	10.35

a, b, c, อักษรที่แตกต่างกันในแถวเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.01$)

หมายเหตุ	^{1/} T	แทน ถั่วท่าพระสไตโล (<i>Stylosanthes guianensis</i> Stylo CIAT 184) อายุตัด 90 วัน
	C	แทน ถั่วคาวาลเคต (<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade) อายุตัด 90 วัน
	V	แทน ถั่วพุ่ม (<i>Vigna unguiculata</i> L. (Walp.)) สายพันธุ์ KVC 7 อายุตัด 55 วัน
	H	แทน ถั่วฮามาต้า (<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano) อายุตัด 80 วัน
	KU	แทน ถั่วลิสง (<i>Arachis hypogaea</i> L.) พันธุ์ มข. 60 อายุตัด 107 วัน
	^{2/} a	แทน ปริมาณที่ย่อยสลายได้ทันที
	b	แทน ปริมาณการย่อยสลายในกระเพาะรูเมน
	c	แทน อัตราการย่อยสลายของ b
	a+b	แทน อัตราการย่อยสลายได้สูงสุด



ภาพที่ 18 กราฟแสดงเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ในช่วงเวลาต่างๆ ของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน



ภาพที่ 19 กราฟแท่งแสดงประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของพืชตระกูลถั่วที่ปลูกภายใต้สภาพอากาศฤดูฝน

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีที่พบว่าถั่วควาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ NDF สูง (60.13, 58.50 และ 55.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เมื่อเทียบกับถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม KVC7 (50.64 และ 33.50 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 11) ซึ่งปริมาณเยื่อใย NDF หมายถึง ส่วนของคาร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้าง ได้แก่ เฮมิเซลลูโลส เซลลูโลส และลิกนิน ซึ่งเป็นส่วนที่ย่อยสลายได้ยาก กล่าวคือในพืชอาหารสัตว์ถ้ามีปริมาณเยื่อใย NDF มากจะทำให้การย่อยสลายได้น้อยลง ประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ คาร์โบไฮเดรตส่วนที่เป็นโครงสร้างและส่วนที่ไม่เป็นโครงสร้าง การที่ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีประสิทธิภาพของการย่อยสลายได้สูง จึงหมายถึงส่วนของคาร์โบไฮเดรตส่วนที่ไม่มีโครงสร้าง ได้แก่ ส่วนน้ำตาล แป้ง สูงกว่าถั่วควาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า ซึ่งส่วนของน้ำตาล และแป้ง เป็นส่วนที่สามารถละลายน้ำได้ทันที จึงเป็นผลทำให้ค่าประสิทธิภาพการย่อยได้ของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข.60 มีค่าที่สูงกว่าถั่วควาลเคด

เคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า เช่นเดียวกับการที่ถั่วคาวาลเคด ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วฮามาต้า มีประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ต่ำ อาจหมายถึงการสะสมพวกร์โบไฮเดรตที่เป็นโครงสร้างมากขึ้น หรือส่วนของเยื่อใยมาก จะทำให้ค่าการย่อยสลายได้ลดลง (วรรณ อ่างทอง และคณะ, 2548)

ดังนั้นจากผลการศึกษาการย่อยสลายได้ทั้งเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ของถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 ที่มีค่าสูงกว่า แสดงให้เห็นถึงความสามารถที่จะใช้เยื่อใยและย่อยสลายได้ของเยื่อใย NDF ถั่วพุ่ม และถั่วลิสงพันธุ์ มข. 60 ได้สูงและมีประสิทธิภาพ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของถั่วพืชอาหารสัตว์และวิเคราะห์ปริมาณคอนเดนซ์แทนนิน 2 ฤดูกาล ได้แก่ ฤดูแล้งและฤดูฝน

ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินสูงสุดในสองฤดูปลูก (15.33 g/kg DM และ 15.61 g/kg DM ในฤดูแล้งและฤดูฝน ตามลำดับ) แต่ยังสามารถใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ได้เนื่องจากมีค่าต่ำกว่าที่รายงานถึงระดับที่ส่งผลกระทบต่อความน่ากินและการย่อยได้ (มากกว่า 50 g/kg DM) แสดงว่าถั่วทุกชนิดที่ศึกษาสามารถใช้เป็นอาหารสัตว์สำหรับสัตว์เคี้ยวเอื้องได้ แต่อาจไม่เหมาะสมสำหรับสัตว์กระเพาะเดี่ยว เช่น ไก่ ที่รายงานระดับที่อาจส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการใช้อาหารและการเจริญเติบโตเมื่อใช้พืชที่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินเกิน 5 g/kg DM

นอกเหนือจากชนิดถั่วที่ส่งผลต่อปริมาณคอนเดนซ์แทนนินแล้ว อายุโดยรวมของพืชก็ส่งผลด้วยเช่นกัน เช่น ถั่วท่าพระสไตโลที่มีค่าปริมาณคอนเดนซ์แทนนินรวมเพิ่มขึ้นกว่า 100 เปอร์เซ็นต์ ในฤดูฝนเมื่อเทียบกับฤดูแล้งซึ่งเป็นชนิดของพืชตระกูลถั่วอายุตัดหลายปี อย่างไรก็ตามสิ่งที่ส่งผลต่อการใช้ประโยชน์ของคอนเดนซ์แทนนินอีกประการคือการมีสัดส่วนของคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้ ซึ่งพบว่าจะมีค่าลดลงเมื่อมีการเก็บตัวอย่างพืชไว้ในระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามยังขาดข้อมูลสัดส่วนที่เหมาะสมของคอนเดนซ์แทนนินทั้งรูปแบบที่ละลายได้และที่ถูกจับยึดต่อการเลี้ยงสัตว์

ผลจากการวิเคราะห์ร่วมแสดงให้เห็นว่าปริมาณคอนเดนซ์แทนนินและสัดส่วนของคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้และถูกจับยึดได้รับอิทธิพลสูงเนื่องจากปัจจัยของชนิดถั่วหรือพันธุ์กรรม และอิทธิพลร่วมระหว่างฤดูกาลและชนิดของถั่ว ดังนั้นการพิจารณาการปลูกถั่วแต่ละชนิดในฤดูกาลต่อต่างๆ เพื่อประเมินปริมาณคอนเดนซ์แทนนินจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ อย่างไรก็ตามแนวโน้มคือการปลูกพืชในฤดูแล้งจะส่งผลให้พืชตระกูลถั่วส่วนใหญ่มีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินสูงขึ้น ฤดูกาลส่งผลมากน้อยต่อโภชนาแตกต่างกันตามชนิดของพืชและชนิดของโภชนาที่ศึกษา

แม้ว่าเศษเหลือจากถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 จะมีปริมาณคอนเดนซ์แทนนินสูง แต่เมื่อพิจารณาลักษณะอื่น ได้แก่ เยื่อใยแล้ว พบว่าเศษเหลือทั้งถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีเปอร์เซ็นต์ NDF ADF และ ADL ต่ำกว่าถั่วคาวาลเคดและถั่วท่าพระสไตโล สำหรับปริมาณโปรตีนหยาบพบว่าในทั้งสองฤดูปลูก ถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 และถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 มีค่าสูงกว่าถั่วชนิดอื่น (รองลงมาคือถั่วคาวาลเคด ฮามาต้า และถั่วท่าพระสไตโล) ทำให้เศษเหลือของถั่วทั้งสองชนิดน่าจะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในการเป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง

การทดลองที่ 2 การศึกษาการย่อยสลายได้ในกระเพาะรูเมนในโคทดลอง

จากการที่ถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 มีเปอร์เซ็นต์วัตถุดิบแห้งต่ำกว่าถั่วอีก 3 ชนิดที่เหลือได้แก่ ถั่วท่าพระสไตโล และถั่วคาวาลเคด แต่พบว่ามีเปอร์เซ็นต์โปรตีนสูงและเยื่อใยต่ำในทั้งสองฤดูปลูก อาจส่งผลต่อการมีเปอร์เซ็นต์และประสิทธิภาพการย่อยได้ในกระเพาะรูเมนสำหรับลักษณะโภชนาต่างๆ เช่น วัตถุดิบแห้ง เยื่อใย NDF อินทรีย์วัตถุดิบ โดยส่วนใหญ่พบความแตกต่างตั้งแต่ช่วงวันที่ 4 -72

ด้วยเหตุนี้ทั้งถั่วพุ่ม สายพันธุ์ KVC7 และถั่วลิสง พันธุ์ มข. 60 สามารถใช้เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ได้ดีในทั้งสองฤดูปลูก

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545ข. ถั่วควาลเคด. กองปศุสัตว์สัมพันธ์ กรมปศุสัตว์ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 22 น.
- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2545ก. ถั่วท่าพระสไตโล. กองปศุสัตว์สัมพันธ์ กรมปศุสัตว์ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 20 น.
- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2547. ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบอาหารสัตว์. กองปศุสัตว์สัมพันธ์ กรมปศุสัตว์ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ. 42 น.
- กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. ตารางคุณค่าทางโภชนาของวัตถุดิบ. การจัดการองค์ความรู้กรมปศุสัตว์. แหล่งที่มา : <http://www.km.dld.go.th>, 13 มีนาคม 2558.
- กฤตพล สมมาตย์. 2546. เทคโนโลยีการผลิตโคกระบือ. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- กองอาหารสัตว์. 2530. กล้วยสำหรับเลี้ยงสัตว์. เอกสารวิชาการ รหัส 13-0102-30. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 23 น.
- คณะทำงานจัดทำมาตรฐานอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องของประเทศไทย. 2551. ความต้องการโภชนาของโคเนื้อในประเทศไทย. โรงพิมพ์คลังนานา, ขอนแก่น. 193 น.
- ฉลอง วชิราภากร. 2541. โภชนศาสตร์และการให้อาหารสัตว์เคี้ยวเอื้องเบื้องต้น. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 218 น.
- จินดา สนิทวงศ์ ประพฤทธิ จงใจภักดี และพิมพ์พร พลแสน. 2546. คุณค่าทางโภชนาของถั่วควาลเคดและระดับการเสริมถั่วควาลเคดในโคเนื้อ. หน้า 264-276. ใน รายงานผลงานวิจัย ประจำปี 2546. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.
- จินดา สนิทวงศ์ ประเสริฐ โพธิจันทร์ พรเพ็ญ ผดุงศักดิ์ และชาญชัย มณีดุล. 2525. การหาสัมประสิทธิ์การย่อยของ *Stylosanthes hamata* ระยะการตัดต่างๆ กัน. ประมวลเรื่องการประชุมทางวิชาการ. กรมปศุสัตว์ ครั้งที่ 1 หน้า 122-129.
- นายแสง ไผ่แก้ว วรพงษ์ สุริยจันทร์ทอง สมจิตร อินทรมณี อุดร เสนากัสป์ พิไล กวีตราชัย กานดา นาคมณี และไพบุลย์ ผลบุญ. 2527. ผลผลิตและคุณค่าทางอาหารของถั่วเวอร์นาโนสไตโลที่ระยะตัดต่างๆ กัน. ประมวลเรื่องการประชุมวิชาการปศุสัตว์ ครั้งที่ 3 หน้า 62-74.
- ชวลิต สิทธิสมบัติ. 2539. Aromatic Compounds. ภาควิชาเภสัชเวช คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร พระราชวังสนามจันทร์, นครปฐม. 336 น.
- ทวีพร พูลดุษิต. 2544. การเปรียบเทียบนิเวศวิทยาในกระเพาะหมักและสรรพภาพการขุนของ โคเนื้อ กระบือเพศผู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- บุญล้อม ชีวะอิสระกุล. 2541. ชีวเคมีทางสัตว. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาสัตวศาสตร์คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 202 น.
- ปิ่น จันจุฬา และ เมธา วรณพัฒน์. 2545. บทบาทของอาหารเยื่อใยต่อการกระบวนการหมักในรูเมน ปริมาณการกินได้ ผลผลิต และองค์ประกอบนํ้ามันในโครีดนม. วารสารโคนม. 20(1) : 8-22.
- พจน์ ศรีบุญลือ โสพิศ วงศ์ดำ และพัชรี บุญศิริ. 2543. ตำราชีวเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 3. โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 576 น.

- พรรณธิดา ณ เชียงใหม่ และ ภัทราพร ภูมิรินทร์. 2550. ศึกษาพืชตระกูลถั่ว *Vigna species* ที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและทนแล้ง เพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์สำหรับเคี้ยวเอื้อง. สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร. 148 น.
- พิรศักดิ์ วรสุนทรโรสถ. 2544. ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 3 : พืชที่ให้สีย้อมและแทนนิน. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(วท.). ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงพิมพ์ชวนพิมพ์, กรุงเทพฯ. 223 น.
- พันทิพา พงษ์เพียจันทร์. 2547. หลักการอาหารสัตว์ เล่ม 2: หลักโภชนาการและการประยุกต์. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 611 น.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2529. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ภาควิชาสัตวศาสตร์. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2533. โภชนศาสตร์สัตว์เคี้ยวเอื้อง. ฟันนี้พลับลิชชิ่ง จำกัด, กรุงเทพฯ.
- เมธา วรรณพัฒน์. 2538. ผลการใช้โปรตีนและไขมันไม่ย่อยสลายในรูเมน เพื่อประสิทธิภาพการผลิตน้ำนม. วารสารโคนม. 14(6) : 43-53.
- วรรณภา อ่างทอง จำไพ นามสาลี และสุภาพร มนต์ชัยกุล. 2548. หน้า 145-159. ใน การประเมินค่าการย่อยได้และพลังงานใช้ประโยชน์ของอาหารสัตว์. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2548. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- วิทยา สุมาลย์ ทวีศักดิ์ ชื่นปรีชา จำไพ นามสาลี และพิมพ์พาพร พลเสน. 2547. การศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของพืชอาหารสัตว์ : หญ้ากินนีสีม่วงและถั่วท่าพระสไตโล. หน้า 399-216. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2547. กองอาหารสัตว์ กรมปศุสัตว์, กรุงเทพฯ.
- วิโรจน์ ภัทรจินดา 2546. โคนม. พิมพ์ครั้งที่ 2 . โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 450 น.
- ศิริลักษณ์ วงศ์พิเชษฐ บุญล้อม ชีวะอิสระกุล พรศร ชัยรัตนยุทธ์ และอุทัย คั่นโธ. 2546. หลักโภชนาการศาสตร์และอาหารสัตว์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, กรุงเทพฯ. 454 น.
- สายัณห์ ทัดศรี. 2547. พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 533 น.
- สนั่น จอกลอย และ อารันต์ พัฒนชัย. 2550. มข.60 : ถั่วลิสงเมล็ดโต พันธุ์ใหม่ ทรงพุ่มตั้ง อายุสั้น ผลผลิตสูง. สมุนไพรใกล้บ้าน. 20:416.
- สมใจ ไควสุรัตน์. 2549. ถั่วพุ่มเมล็ดดำพันธุ์อุบลราชธานี. แหล่งที่มา : <http://www.doa.go.th/th/ShowArticles.aspx?id=35>, 1 ตุลาคม 2551.
- Aerts, R. J., T. N. Barry and W. C. McNabb. 1999. Polyphenols and agriculture: Beneficial effects of proanthocyanidins in forages. Agric. Ecosyst. Environ. 75: 1-12.
- Allen, M. S. 1997. Relationship between fermentation acid production in the rumen and requirement for the physical effective fiber. J. Dairy Sci. 80:1447-1462.
- Allen, M. S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. J. Dairy Sci. 83 : 1598-1624.
- Aerts, R. J., Barry, T. N., and W. C. McNabb. 1999. Polyphenols and agriculture: Beneficial effects of proanthocyanidins in forages. Agric. Ecosyst Environ. 75: 1-12.
- Amiri, F., and A. R. Mohamed Shariff. 2012. Comparison of nutritive values of grasses and legume species using forage quality index. Songklanakarin J. Sci. Techn. 34(5): 577-586.

- Argel, P. J., M. Lobo, J. Gonzalez, F. Romero, F. Holmann, C. E. Lascano and P. C. Kerridge. 2000. The leguminous shrub, *Cratylia argentea*: a dry season feeding alternative for the humid tropic. *Presented at the workshop "Working with farmers: The key to adoption of forage-based technologies"*, October 12-15, Philipines.
- Barry, T. N. 1989. Condensed tannins: their role in ruminant protein and carbohydrate digestion and possible effects upon the rumen ecosystem. *In*: J. V. Nolan; R. A. Leng; D. I. Demeyer (eds.). *The Roles of Protozoa and Fungi in Ruminant Digestion*. Armidale NSW 2351, Australia. Penambul Books, pp. 153-169.
- Barry, T. N. and S. J. Duncan. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 1. Voluntary intake. *British Journal of Nutrition*. **51**: 485-491.
- Barry, T. N. and T. R. Manley. 1986. Interrelationships between the concentrations of total Condensed tannin, free condensed tannin and lignin in *Lotus* sp. and their possible consequences in ruminant nutrition. *J. Sci. Food Agric*. **37**: 248-254.
- Barry, T. N. and W. C. McNabb. 1998. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British J. Nutri*. **81**: 263-272.
- Bathe-Smith, E. C. and N. H. Lerner. 1954. Leucoanthocyanidins. 2. Systematic distribution of leucoanthocyanidins in leaves. *J. Biochemical*. **58**: 126-132.
- Bathe-Smith, E. C. and C. R. Metcalf. 1957. Leucoanthocyanidins. 3. The nature and (Botany). **55**: 669- 705.
- Bate-Smith, E. C. 1977. Astringent tannins of *Acer* species. *Phytochemistry*. **16**: 1421-1426.
- Bate-Smith, E. C. 1978. Astringent tannins of *Viburnum* and *Hydrangea* species. *Phytochemistry*. **17**: 267-270.
- Bate-Smith, E. C. 1981. Astringent tannins of the leaves of *Geranium* species. *Phytochemistry*. **20**: 211-216.
- Barrett, R. P. 1990. Legume species as leaf vegetables. p. 391-396. *In*: J. Janick and J. E. Simon (eds.), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR.
- Barry, T. N. and S. J. Duncan. 1984. The role of condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 1. Voluntary intake. *British Journal of Nutrition*. **51**: 485-491.
- Bate-Smith, E. C. 1973. Haemanalysis of tannins: The concept of relative astringency. *Phytochemistry* . **12**: 907-9012.
- Bressani, R. 1985. Nutritive value of cowpea. Pages 353-360 in *Cowpea: Research, Production and Utilization*, edited by S.R. Singh and K.O. Rachie. John Wiley & Sons, New York, USA
- Carulla, J. E. 1994. Forage intake and N utilization by sheep as affected by condensed tannins. Ph. D. Dissertation. University of Nebraska, Lincoln.

- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1981. Informe Annual. Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.
- Chalupa, W. 1974. Ruminant bypass and protection of protein and amino acid. *J. Dairy Sci.* 58 : 1198.
- Chamberlain, A. T. and J. M. Wilkinson. 2000. Feeding the dairy cow. Chalcombe Publications.
- Chen, X. B. 1996. An Excel Application Program me for Processing Feed Degradability Data. User Mannal, Rowett Research Institute, Bucks burn, Aberdeen, UK
- Czerkawski, J. W. 1986. An introduction to rumen studies. UK:Perkamon Press Ltd., Oxford. 236 p.
- Devendra, C. 1976. Studies in the utilization of rice straw by sheep. IV. Effect of carbohydrate source on the utilization of dietary urea and nitrogen retention. *Malaysian Agricultural Journal.* 50(3): 358-370.
- Devendra, C. 1980. Non-conventional feed resources in Asia and the Far East. *APHCA/FAO Report*, FAO Far East Regional Office, Bangkok, Thailand, 99 pp.
- Devendra, C. 1982. Perspectives in the utilization of untreated rice straw by ruminants in Asia. In: *The Utilization of Fibrous Agricultural Residues as Animal Feeds* (ed. P.T. Doyle). University of Melbourne Printing Services, Parkville, pp. 7-26.
- Dixon, R. A., C. Liu and J. H. Jun. 2012. Metabolic engineering of anthocyanins and condensed tannins in plants. *Current Opinion in Biotechnology.* 24: 1-7.
- Evaldson, O. 1970. An inventory of feeding system and feed stuffs, Chilalo Awraja, Ethiopia. Minor Research Task at CADU No. 5. CADU (Chilalo Agricultural Development Unit), Asella, Ethiopia.
- Everist, S. L. 1986. Use of fodder trees and shrubs. Queensland and department of primary industries, Brisbane, Qld, 70 pp.
- FAO. 1981. Production Year Book 36: 306 pp.
- Foo, L. Y., W. T. Jones, L. J. Porter and V. M. Williams. 1982. Proanthocyanidin polymers of fodder legumes. *Phytochemistry.* 21: 933-935.
- Griffin, J. L. and G. A. Jung. 1983. Leaf and stem forage quality of big and switch grass. *American Society of Agronomy.* 75(5): 723-726.
- Guimraes-Beelen, P. M., J. A. Filho, T. T. Berechielli, S. E. Deoliveira and R. Beelen. 2006. Characterization of condensed tannins from native legumes of the Brazilian northeastern semi – arid. *Sci. agric. (Piracicaba, Braz.).* 63 (6): 522-528.
- Gustavson, K.H. 1956. *The Chemistry of Tanning Processes*. Academic Press, New York, N.Y.
- Häring, D. A., M. J. Huber, D. Suter, P. J. Edwards and A. Lüscher. 2008. Plant enemy-derived elicitors increase the foliar tannin concentration of *Onobrychis viciifolia* without a trade-off to growth. *Annals of Botany.* 102: 979-987.

- Harricharan, H. J., J. Morris and C. Devers. 1988. Mineral content of some tropical forage legumes. *Tropical Agriculture (Trinidad)*. 65(2): 132-136.
- Haslam, E. 1966. *Chemistry of Vegetable Tannins*. Academic Press, New York, NY.
- Haslam, E. 1986. Hydroxybenzoic acid and the enigma of gallic acid. In: Conn, E.E. (ed.). *The Shikimic Acid Pathway, Recent Advances in Phytochemistry*, Vol. 20. Plenum Press, New York, pp. 163-200.
- Heitschmidt, R. K., R. A. Gordon and J. S. Bluntzer. 1982. Short duration grazing at the Texas experimental range: effects on forage quality. *J. Range Mgmt.* 35(3): 372-374.
- Heuzé, V., G. Tran, P. Hassoun, and F. Lebas, 2013. Sunflower forage and crop residues. *Feedipedia.org*. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO.
<http://www.feedipedia.org/node/143> Last updated on February 14, 2013, 13: 28.
- Hendricksen, R. E., and D. J. Minson. 1985. *Lablab purpureus* - A Review. *Herbage Abstracts*. 55: 215-227.
- Hungate, R. E. 1966. *The rumen and its microbes*. Academic Press : New York.
- Intramongkol, C., A. Pongpaew and N. Hutunuwat. 1978. Improvement of the nutritive value of rice straw by supplementation. 2. Effect of supplementation with dry cassava leaf, rice bran or urea in mineral mixes on body weight gain and rice straw intake in cattle and water buffalo. Paper presented at the 16th Agricultural and Biological Sciences Annual Conference. Kasetsart University, Bangkok, Thailand, 3-5 February 1978.
- Jackson, F.S., T.N. Barry, C. E. Lascano, and B. Palmer. 1996. The extractable and bound condensed tannin content of leaves from tropical tree, shrub and forage legumes. *J. Sci. Food Agric.* 71: 103-110.
- Jackson, M.G. 1977. Rice straw as livestock feed. *Wild Animal Review*. 23: 25.
- Jones, W. T., L. B. Anderson and M. D. Ross. 1973. Bloat in cattle. 39. Detection of protein precipitants (flavolans) in legumes. *N. Z. J. Agric. Res.* 16: 441-446.
- Kennedy, P. M., J. B. Lowry, D. B. Coates and J. Oerlemans. 2000. Utilisation of tropical dry season grass by ruminants is increased by feeding fallen leaf of siris (*Albizia lebbek*). *Anim. Feed Sci. Techn.* 96(3-4): 175-192.
- Kemp, D. R., and R. A. Culvenor. 1994. Improving the grazing and drought tolerance of temperate perennial grasses. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 37(3): 365-378.
- Khazaal, K., M. I. Dentinho, J. M. Ribeiro and E. R. Orskov. 1993. A Comparison of gas production during incubation with rumen content in vitro and nylon bag degradability as predictor of the apparent digestibility in vivo and voluntary intake of hays. *Anim. Prod.* 57: 105 – 112.
- Kongcharoen, A., S. Chujaroen, P. Nilprapruk, P. Pummarin and P. Na Chiangmai. 2006. Comparison of nutritional values in various species of *Vigna spp.* *Kamphaengsaen Academic J.* 4: 740-746.

- Kumar, R. A. 1983. Chemical and biochemical nature of fodder tree leaf tannin. J. Agric. Food Chem. 32: 1364-1366.
- Kumar, R. A., and M. Singh. 1984. Tannins: Their adverse role in ruminant nutrition. J. Agric. Chem. 32: 447-453.
- Kumar, R. and S. Vaithyanathan. 1990. Occurrence, nutritional significance and effect on animal productivity of tannins in tree leaves. Anim. Feed Sci. Techn. 30: 21-38.
- Li, Y.-G., G. J. Tanner and P. J. Larkin. 1996. The DMACAHCl protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes. J. Sci. Food Agric. 70: 89-101.
- Lowry, J. B., and J. R. Wilson. 1999. Nutritional quality of tree and understory forage in silvopastoral systems. Annals of Arid Zone. 38: 363-384.
- Makkar, H. P. S., M. Blummel and K. Becker. 1997. In vitro rumen apparent and true digestibility of tannin – rich forages. Anim. Feed Sci. Techn. 67: 245-251.
- Makkar, H. P. S. 2003. Effect and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. Small Ruminant Research. 49: 241-256.
- Mangan, J. L. 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. Nutritional Research Reviews. 1: 209-231.
- Mansfield, J. L., Curtis, P. S., Zak, D. R., and Pregitzer, K. S. 1999. Genotypic variation for condensed tannin production in trembling aspen (*Populus tremuloides*, *Salicaceae*) under elevated CO₂ and the high and low fertility soil. American J. Botany. 86: 1154-1159.
- Marshall, D. R., P. Brous and J. Munday, 1979. Tannins in pasture legumes. Aust. J. Agric. Anim. Husba. 19: 192-197.
- Marten, G. C. and F. R. Ehle. 1984. Influence of quality variation in four legume species on weight gains of grazing heifers. Agronomy Abstracts. ASA, Madison, WI.
- Martin-Tanguy, T., T. Guillaume, and A. Kossa. 1977. Condensed tannins of horse bean seeds: Chemical structure and apparent effects on poultry. J. Sci. Food Agric. 28: 757-765.
- McMahon, L. R., T. A. McAllister, B. P. Berg, W. Majak, S. N. Acharya, J. D. Popp, B. E. Coulman, Y. Wang and K.-J. Cheng, 2000. A review of the effects of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. Canadian J. Plant Sci. 80: 469-485.
- Mertens, D. R. 1973. Ph.D. Thesis. Cornell University. Ithaca, New York.
- Mertens, D. R. 1987. Predicting intake and digestibility using mathematical model of ruminal function. J. Anim. Sci. 64:1548.
- Mertens, D.R. 1997. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. J. Dairy Sci. 80:1463-1481.

- Milford, R. and D. J. Minson. 1968. The digestibility and intake of six varieties of Rhodes grass (*Chloris gayana*). Aust. J. Agric. Anim. Husba. 8: 413–418.
- Min, B. R. and S. P. Hart. 2003. Tannins for suppression of internal parasites. J. Anim. Sci. 81(E. Suppl. 2): E102-E109.
- Min, B. R., W. C. McNabb, T. N. Barry, P. D. Kemp, G. C. Waghorn and M. F. McDonald. 2000. The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon reproductive efficiency and wool production in sheep during late summer and autumn. J. Agric. Sci. 132: 323-334.
- Mueller-Harvey, I., and A. B. McAllan. 1992. Tannins: their biochemistry and anti-nutritional properties. Advances in Plant Cell Biochemistry and Biotechnology. 1: 149–213.
- Muhammed, S., C. S. Stewart and T. Acamovic. 1994. Effects of tannic acid on cellulose degradation, adhesion and enzymatic activity of rumen microorganisms. Proceedings of the Society of Nutrition Physiology. 3: 174.
- Mupangwa, J. F., T. Acamovic, J. H. Topps, N. T. Ngongoni and H. Hamudikuwanda. 2000. Content of soluble and bound condensed tannins of three tropical herbaceous forage legumes. Anim. Feed Sci. Techn. 83: 139-144.
- National Research Council (NRC). 2001. Nutrient requirement of dairy cattle. 7th rev. ed. Natl. Acad. Sci., Washington, DC.
- Naumann, H. D., J. P. Muir, B. D. Lambert, L. O. Tedeschi and M. M. Kothmann. 2013. Condensed tannins in the ruminant environment: A perspective on biological activity. J. Agric. Sci. 1(1): 8-20.
- Nocek, J. V. 1985. Evaluation of specific variable affecting in situ estimates of ruminal dry matter and protein digestion. J. Anim. Sci. 60 : 1347.
- Nocek, J. E. and J. B. Russell. 1988. Protein and energy as on integrated system: Relationship of ruminal protein and carbohydrate availability to microbial synthesis and milk production. J. Dairy Sci. 711: 2070-2077.
- Norris, I. B. and H. Thomas. 1982. Recovery of ryegrass species from drought. J. Agric. Sci. (Camb). 99: 623-628.
- Orskov, E. R., and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. J. Agric. Sci. (Camb). 92 : 499.
- Orskov, E. R., F. D. D. Hovell and F. Mould. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. Trop. Ani. Prod. 5 : 195.
- Orskov, E. R., G. W. Reid and M. Kay. 1988. Prediction of cattle from degradation characteristic of roughage. Anim. Prod. 46 : 29 – 34.
- Orskov, E. R. 1992. Protein Nutrition in Ruminants. Accademic Press, Inc.: San Diego.
- Perdomo, P. 1991. Adaptación edifice y valor nutritive de 25 species y accesiones de leguminosas arbóreas y arbustivas en dos suelos contrastantes. Trabajo dirigido de

- grado en Zootecnia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Peters, M., S. A. Tarawali and J. Alkämper. 1997. Dry season performance of four tropical pasture legumes in subhumid west Africa as influenced by superphosphate application and weed control. *Tropical Grasslands*. 31: 201-213.
- Pholsen, P., W. Sumamal, R. Chaitiang, T. Chuenpreecha and T. Kawashima. 2000. Nutritive value of *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade hay in Brahman cattle, p. 112-115. *In: Kawashima, T. (ed). Improvement of cattle production with locally available feed resources in Northeast Thailand, Department of livestock development, Bangkok.*
- Preston, T. R. and R. A. Leng. 1987. Matching ruminant production systems with available resources in the tropics and subtropics. Penambul Books, Armidale, Australia. 245 pp.
- Poppi, D. P. and S. R. McLennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73:278-290.
- Reed, J. D. 1986. Relationships between soluble phenolics, insoluble proanthocyanidins and fiber in East African browse species. *J. Range Mgmt.* 39: 5-7.
- Reed, J. D., R. Mc. Dowell, P. J. Van Soest and P. J. Horvath. 1982. Condensed tannins: A factor limiting the use of Cassava forages. *J. Sci. Food Agric.* 33: 213-220.
- Reed, J. D. 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73: 1516-1528.
- Reiber, C., R. Schultze-Karft, M. Peters, P. Lentjes and V. Hoffmann. 2010. Promotion and adoption of silage technologies in drought-constrained areas of Honduras. *Tropical Grasslands*. 44: 231-245.
- Rittner, U. and J. D. Reed. 1992. Phenolics and in-vitro degradability of protein and fibre in West African browse. *J. Sci. Food Agric.* 58: 21-28.
- Robbins, M. P., A. D. Bavage, C. Strudwicke and P. Morris. 1998. Genetic manipulation of condensed tannins in higher plants. *Plant Physiol.* 116: 1133-1144.
- Rubanza, C. D. K., M. N. Shem, T. Ichinohe and T. Fujihara. 2008. Quantification and characterization of condensed tannin of selected indigenous browse tree species leaves of north-western Tanzania. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 6(2): 145-149
- Schofield, P., D. M. Mbugua and A. N. Pell. 2001. Analysis of tannins: a review. *Anim. Food. Sci. Techn.* 91:21-40.
- Schreurs, N. M., M. H. Tavendale, G. A. Lane, T. N. Barry, N. Lopez-Villalobos and W. C. McNabb. 2007. Effect of different condensed tannin-containing forages, forage maturity and nitrogen fertiliser application on the formation of indole and skatole in *in vitro* rumen fermentation. *J. Sci. Food Agric.* 87: 1076-1087.

- Shelton, H. M., J. B. Lowry, R. C. Gutteridge, R. A. Bray and J. H. Wildin. 1991. Sustaining productive pastures in the tropics 7. Tree and shrub legumes in improved pasture. *Tropical Grasslands*. 25:119-128.
- Shem, M. N., E. R. Orskov and A. E. Kimambo. 1995. Prediction of voluntary dry-matter intake, digestible dry-matter intake and growth rate of cattle from the degradation characteristic of tropical food. *J. Anim. Sci.* 60: 65-74.
- Sitthigripong, R. and P. F. Alcantara. 1998. Amino acid supplementation of high mungbean meal vermicelli by-product diets for growing-finishing pigs. *Kasetsart Journal: Natural Science* 32(2): 242-252.
- Smith, D. 1981. Removing and analyzing carbohydrates from plant tissue. Wisconsin Agri. Exp. Stn. Rep. No. R2107, Madison.
- Sukharomana, S. and B. Dobkuntod. 2003. Peanut in the Thai food system: A macro perspective. In: Peanut in local and global food systems, Series Report No. 8 (Rhoades, R. E. and V. Nazarea, eds), 15 pp.
- Suttie, J. M. 2000. Hay and straw conservation for small-scale farming and pastoral conditions. Plant production and Protection, Series No. 29. (FAO: Rome).
- Tawinprawat, S., S. Tiebsri, B. T. Dean and S. R. Naphuket. 1971. Comparison of high protein roughages in supplementation to rice straw in buffalo feeding. Annual Report of the Northeastern Regional Office of Agriculture, Khon Kaen, Thailand.
- Taylor, R. E., and T. G. Field. 2000. Scientific Farm Animal Production. 7th eds. Prentice-Hall, Inc, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- Terrill, T. H., A. M. Rowan, G. B. Douglas and T. N. Barry. 1992. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *J. Sci. Food Agric.* 58: 321-329.
- Tokita, N., M. Shimojo and Y. Masuda. 2006. Amino acid profiles of tropical legumes, cooper (*Glycine wightii*), Tinaroo (*Neonotonia wightii*) and Siratro (*Macroptilium atropurpureum*), at pre-blooming and blooming stages. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 19: 651-654.
- Van Soest, P. J. 1982. Nutritional Ecology of the Ruminant. O&B Books, Inc. Corvallis, Oregon.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University, Ithaca. 476 pp.
- Veteli, T. O., W. J. Mattson, P. Niemelä, R. Julkunen-Tiitto, S. Kellomäki, K. Kuokkanen and A. Lavola. 2007. Do elevated temperature and CO₂ generally have counteracting effects on phenolic phytochemistry of boreal trees?. *Journal of Chemical Ecology*. 33: 287-296.
- Wang, Y., S. G. B. Douglas, G. C. Waghorn, T. N. Barry, and A. G. Foote. 1996. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon lactation performance in ewes. *J. Agric. Sci.* 126: 353-362.

- Wilaipon, B. 1994. Influent of cutting stages on feeding value of Caribbean stylo (*Stylosanthes hamata*) cv. Verano. Thai J. Agric. Sci. 27 : 57-63.
- Zhang, L. L. and Y. M. Lin. 2008. HPLC, NMR and MALDI-TOF MS Analysis of Condensed Tannins from *Lithocarpus glaber* Leaves with Potent Free Radical Scavenging Activity. Molecules 2008. 13: 2986–2997.

ภาคผนวก

ตารางภาคผนวก

ตารางภาคผนวกที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของคอนเดนซ์แทนนินรวม (Total CT)¹ ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	0.000419	0.000419	0.25	0.6563
Rep. within S	6	0.000901	0.000150	0.66	0.6832
Species (V)	3	0.075938	0.025313	14.28	0.0279
S x V	3	0.005319	0.001773	7.79	0.0015
Pooled error	18	0.004100	0.000228		
Corrected Total	31	0.08667642			
CV (%)	12.55				

¹ Transform data by 1/y

ตารางภาคผนวกที่ 2 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของคอนเดนซ์แทนนินที่ละลายได้ (Soluble CT)¹ ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	3.465028	3.465028	1.70	0.2796
Rep. within S	6	0.502344	0.083724	1.96	0.1251
Species (V)	3	3.110109	1.036703	0.52	0.6975
S x V	3	5.977534	1.992511	46.70	<0.0001
Pooled error	18	0.767931	0.042663		
Corrected Total	31	13.82294687			
CV (%)	13.52				

¹ Transform data by $\sqrt{Y}$

ตารางภาคผนวกที่ 3 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของคอนเดนซ์แทนนินที่ถูกจับยึด (Bound CT) ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	0.273800	0.273800	0.40	0.7894
Rep. within S	6	13.622500	2.270417	0.76	0.6092
Species (V)	3	493.142875	164.380958	118.05	0.0013
S x V	3	4.177425	1.392475	0.47	0.7088
Pooled error	18	53.655200	2.980844		
Corrected Total	31	564.8718000			
CV (%)	21.99				

ตารางภาคผนวกที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของเปอร์เซ็นต์ของคอนเด็นแทนนินที่ละลายได้ต่อคอนเด็นซ์แทนนินรวม (% SCT) ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	1740.352503	1740.352503	2.96	0.1759
Rep. within S	6	222.273844	37.045641	3.78	0.0129
Species (V)	3	1891.974159	630.658053	1.12	0.4631
S x V	3	1684.597484	561.532495	57.36	<0.0001
Pooled error	18	176.222431	9.790135		
Corrected Total	31	5715.420422			
CV (%)	12.20				

ตารางภาคผนวกที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของเปอร์เซ็นต์ของคอนเด็นแทนนินที่ถูกจับยึดต่อคอนเด็นซ์แทนนินรวม (% BCT) ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	1740.352503	1740.352503	2.96	0.1759
Rep. within S	6	222.273844	37.045641	3.78	0.0129
Species (V)	3	1891.974159	630.658053	1.12	0.4631
S x V	3	1684.597484	561.532495	57.36	<0.0001
Pooled error	18	176.222431	9.790135		
Corrected Total	31	5715.420422			
CV (%)	4.21				

ตารางภาคผนวกที่ 6 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของเปอร์เซ็นต์โปรตีนหยาบในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	213.877382	213.877382	61.00	0.0009
Rep. within S	7	23.872864	3.410409	2.02	0.0943
Species (V)	3	124.633155	41.544385	22.58	0.0146
S x V	3	5.519741	1.839914	1.09	0.3725
Pooled error	24	40.523174	1.688466		
Corrected Total	38	405.6120359			
CV (%)	8.41				

ตารางภาคผนวกที่ 7 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของวัตถุแห้งในพืชตระกูลถั่ว 2
ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	1277.810431	1277.810431	32.89	0.0101
Rep. within S	8	18.018514	2.252314	1.17	0.3587
Species (V)	3	339.779534	113.259845	2.93	0.2003
S x V	3	115.906181	38.635394	20.05	<0.0001
Pooled error	23	44.312186	1.926617		
Corrected Total	38	1826.197359			
CV (%)	5.58				

ตารางภาคผนวกที่ 8 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของอินทรีย์วัตถุในพืชตระกูลถั่ว 2
ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	5.4589601	5.4589601	3.07	0.1714
Rep. within S	8	7.7073817	0.9634227	1.25	0.3181
Species (V)	3	247.1985083	82.3995028	51.78	0.0044
S x V	3	4.7736624	1.5912208	2.06	0.1337
Pooled error	23	17.7840183	0.7732182		
Corrected Total	38	284.0429590			
CV (%)	0.98				

ตารางภาคผนวกที่ 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของเถาในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล
(ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	6.579028	6.579028	4.08	0.1438
Rep. within S	8	5.949177	0.743647	1.03	0.4407
Species (V)	3	209.561723	69.853908	44.07	0.0056
S x V	3	4.755023	1.585008	2.21	0.1160
Pooled error	22	15.8118031	0.7187183		
Corrected Total	37	252.7956974			
CV (%)	8.59				

ตารางภาคผนวกที่ 10 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของเยื่อใย NDF ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	1.978681	1.978681	0.06	0.8215
Rep. within S	8	82.291252	10.286406	1.94	0.1037
Species (V)	3	3159.294844	1053.098281	36.35	0.0074
S x V	3	86.918928	28.972976	5.48	0.0058
Pooled error	22	116.382508	5.290114		
Corrected Total	37	3485.798126			
CV (%)	4.69				

ตารางภาคผนวกที่ 11 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของเยื่อใย ADF ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	Df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	41.268612	41.268612	0.48	0.5408
Rep. within S	6	23.881375	3.980229	0.63	0.7057
Species (V)	3	1514.412513	504.804171	5.72	0.0931
S x V	3	264.935613	88.311871	13.94	<0.0001
Pooled error	18	113.994875	6.333049		
Corrected Total	31	1958.492988			
CV (%)	6.88				

ตารางภาคผนวกที่ 12 การวิเคราะห์ความแปรปรวนสำหรับการวิเคราะห์ร่วมของเยื่อใย ADL ในพืชตระกูลถั่ว 2 ฤดูกาล (ฤดูแล้งและฤดูฝน, 2552)

Source of variation	df	Sum of squares	Mean Squares	F test	P-value
Seasons (S)	1	4.575313	4.575313	0.98	0.3647
Rep. within S	6	12.245638	2.040940	3.78	0.0130
Species (V)	3	209.658025	69.886008	22.06	0.0151
S x V	3	9.505563	3.168521	5.87	0.0056
Pooled error	18	9.710212	0.539456		
Corrected Total	31	245.6947500			
CV (%)	7.82				

ประวัติและผลงานวิจัยที่สำคัญของคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย

1. ชื่อ-สกุล นางสาวยุภา ปู่แดงอ่อน

Miss Yupa Pootaeng-on

วัน เดือน ปีเกิด 12 ธันวาคม 2520

ตำแหน่งทางวิชาการเป็นพนักงานอาจารย์

สถานที่ทำงาน คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

ติดต่อ โทรศัพท์ 032-594038 โทรสาร 032-594038

e-mail address : p_yupa120@hotmail.com; pootyupa@gmail.com

ที่อยู่ปัจจุบัน 11 หมู่ 2 ต.บางแก้วฟ้า อ. นครชัยศรี จ. นครปฐม 73120 โทรศัพท์ 09-7446-9151

ประวัติการศึกษา

1. วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยศิลปากร ปี 2542

2539-2542 ศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

2. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิตเคมีอินทรีย์

2546-2548 ศึกษาระดับปริญญาโท สาขาเคมีอินทรีย์

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์

งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์

จริยา ไทยเพิ่มพูน จันทกานต์ น้อยสวาด ยอดขวัญ ชื่นจิตพ่วง พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ และ ยุภา ปู่แดงอ่อน. 2554. เปรียบเทียบกิจกรรมของเอนไซม์ไฟเตส และปริมาณไฟเตท และอินทรีย์ฟอสฟอรัสในข้าวโพดออก 2 สายพันธุ์ (สุวรรณ 3 และแบชีฟิค 999). ใน การประชุมวิชาการ สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 8 ประจำปี 2554, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ชลธิชา ยวงใย จิรัชญา ศรีนาทม จักรชัย กาญจนสมศักดิ์ ยุภา ปู่แดงอ่อน และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่.

2553. ความแปรปรวนลักษณะบางประการของข้าวไร่ที่รวบรวมได้จากเกษตรกรบางรายในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารแก่นเกษตร. 38(1):21-28.

จิรัชญา ศรีนาทม ชลธิชา ยวงใย จักรชัย กาญจนสมศักดิ์ ยุภา ปู่แดงอ่อน และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่.

2553. ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวป่าสามัญ ข้าวพันธุ์ปลูก และข้าวไร่. วารสารแก่นเกษตร. 38(2): 137-144.

ยุภา ปู่แดงอ่อน จรรณณานัส จันทรเจริญ ถิรนนท์ พานแพน และวิจิตตรา คอนงูเหลือม. 2553. การศึกษา

คุณค่าทางโภชนาการของพืชตระกูลถั่วบางชนิดที่ปลูกในฤดูฝน. ใน ศิลปการวิจัย ครั้งที่ 3 : ศิลปการ

สรรค์สร้างสรรค์สังคมเศรษฐกิจไทยสร้างสรรค์. วันที่ศุกร์ที่ 29 มกราคม พ.ศ. 2553, มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

Kaewlek, K., K. Arakit, W. Tamrongchote, Y. Pootaeng-on, W. Kunkaew and P. Na Chiangmai.

Response on phosphorus availability levels and water stress in upland rice cultivars in

- tissue culture. Indigenous and traditional food systems in Asia and the pacific. May 31-June 2, 2012. Khon Kaen, Thailand. p 223-230.
- Khiangngam, S., Pootaeng-on, Y., Techakriengkrai, T., and Tanasupawat. S. 2014. Screening and identification of cellulase producing bacteria isolated from oil palm meal. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* 4 (04): 090-096.
- Na Chiangmai, P., Pootaeng-on, Y., and Khewaram, T. 2013. Evaluation of the shade tolerance of moth bean (*Vigna aconitifolia*) and two tropical legume species. *Silpakorn University Science and Technology* 7(1): 19-31. Impact Factor for 2010 = 0.105
- Pootaeng-on, Y., Kimsri, N., Sooksom, S., Tangchaitam, S., and Na Chiangmai, P. 2015. Condensed tannin in some tropical legumes residue. *Silpakorn University Science and Technology* 9(1): 51-60.
- Pootaeng-on, Y., N. Kimsi, S. Sooksom, S. Tangchaitam and P. Na Chiangmai. 2012. Condensed Tannins Values of Hay on Some Legumes to Animal Feeding in Rainy Season. *In the 3rd ICERD-International Conference on Environmental and Rural Development*, 21-22 January 2012 Khon Kaen, Thailand
- Pootaeng-on, Y., P. Na Chiangmai, C. Chanthasa, T. Techakriengkrai, S. Khiangngam and M. Kanjanamaneesathian. 2013. Investigating the possible role of endophytic bacteria in influencing the level of phytase activity in seedling of maize after germination. **pp 285-290**. *In Schneider C. Leifert C. Feldmann (Eds), Endophytes for Plant Protection: The State of the Art*. 27 – 29 May 2013 Berlin, Germany.
- Tuntiwachwuttikul, P., Y. Pootaeng-on, P. Phansa, T. Srisanpang, W. C. Taylor. 2003. Sulfur-containing Compounds from *Clinacanthus siamensis*. *Chem. Pharm. Bull.* 51: 1423.
- Tuntiwachwuttikul, P., Y. Pootaeng-on, P. Phansa and W.C. Taylor. 2004. Cerebrosides and a Monoacylmonogalactosylglycerol from *Clinacanthus nutans*. *Chem. Pharm. Bull.* 52: 27-32.
- Tuntiwachwuttikul, P. , Y. Pootaeng-on, P. Phansa, P. Limpachayaporn, P. Charoenchai, W. C. Taylor. 2007. Constituents of the leaves of *Holarrhena pubescens*. *Fitoterapia*. 78 (3):271-273.
- Tuntiwachwuttikul, P., P. Phansa, Y. Pootaeng-on and W. C. Taylor. 2006. Chromones from the Branches of *Harrisonia perforata*, *Chem. Pharm. Bull.*, 54: 44-47.
- Tuntiwachwuttikul, P., P. Phansa, Y. Pootaeng-on and W. C. Taylor. 2006. Chemical Constituents of the Roots of *Piper Sarmentosum*, *Chem. Pharm. Bull.*, 54: 149-151.

ผู้ร่วมวิจัย

2. ชื่อ-สกุล ดร. พรรณธิภา ณ เชียงใหม่

Dr. Pantipa Na Chiangmai

ตำแหน่งทางวิชาการ รองศาสตราจารย์

วัน เดือน ปีเกิด 2 กันยายน 2519 (September, 2 1976)

สถานที่ทำงาน อาจารย์ คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยศิลปากร

ตำบลสามพระยา อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี 76120

ติดต่อ โทรศัพท์ 032-594037 โทรสาร 032-594037

e-mail address : nachiangmai_p@su.ac.th, mchiangmai@gmail.com

ที่อยู่ 65/2 หมู่ 6 ต. ยุหว่า อ. สันป่าตอง จ. เชียงใหม่ 50120 โทรศัพท์ 053-822695

มือถือ 081-1995360

ประวัติการศึกษา

1. วิทยาศาสตร์ดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีการผลิตพืช) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
Ph. D. (Crop Production Technology) Suranaree University of Technology
2542 – 2547 ศึกษาในระดับปริญญาเอก สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช
(เทคโนโลยีการผลิตพืช) สำนักเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
-ได้รับทุนการศึกษาจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)
ทุน กาญจนภิเษก (รุ่นที่ 2)
 2. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2542
M. Sc. (Agriculture) Agronomy Department, Chiangmai University,
Thailand
2540 – 2542 ศึกษาในระดับปริญญาโท ภาควิชาพืชไร่ (การปรับปรุงพันธุ์พืช)
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
-ได้รับทุนการศึกษาจาก สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) (ทุน 2 ปี)
 3. วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปี 2540
B. Sc. (Agriculture) Chiangmai University, Thailand
2536 – 2540 ศึกษาในระดับปริญญาตรี ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์
- พรชัย เหลืองอาภาพงศ์ และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2539. ระดับปุ๋ยและช่วงเวลาการกำจัดวัชพืชที่มีต่อ
ผลผลิตข้าวไร่. วารสารเกษตร 12 (2):125-133.
- พรรณธิภา ณ เชียงใหม่ และ สุทัศน์ จุลศรีไกรวัล. 2542. ประสิทธิภาพของวิธีการคัดเลือกสายพันธุ์ลูกผสมข้าว
บาร์เลย์. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 7:18-24.
- ศรัญญา ชูเจริญ อดองกรณ์ คงเจริญ และ พรรณธิภา ณ เชียงใหม่. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะต่างๆ
ของ *Vigna spp.* และ *Centrosema pascuorum* CV. Calvacade ในแปลงปลูกร่วมกับคุณค่าทาง
โภชนาการเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์. งานสัมมนานักบัณฑิตศึกษาเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 4 ประจำปี 2549

- คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วันที่ 25-26 ธันวาคม 2549 ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า 139-147.
- วีรวรรณ ภูมิ และ พรรณธิภา ภู เชียงใหม่. 2552. ผลของอาหารและชิ้นส่วนพืชในการชักนำให้เกิดแคลลัสของสบู่ดำ (*Jatropha curcas* L.). วารสารเกษตร 25(2): 125-133.
- ชลธิชา ยวงโย จิรัชญา ศรีนาทม จักรชัย กาญจนสมศักดิ์ ยุภา ปู่แดงอ่อน และ พรรณธิภา ภู เชียงใหม่. 2553. ความแปรปรวนลักษณะบางประการของข้าวไร่ที่รวบรวมได้จากเกษตรกรบางรายในเขตภาคเหนือของประเทศไทย. วารสารแก่นเกษตร. 38(1):21-28.
- จิรัชญา ศรีนาทม ชลธิชา ยวงโย จักรชัย กาญจนสมศักดิ์ ยุภา ปู่แดงอ่อน และ พรรณธิภา ภู เชียงใหม่. 2553. ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในเมล็ดข้าวป่าสามัญ ข้าวพันธุ์ปลูก และข้าวไร่. วารสารแก่นเกษตร 38(2): 137-144.
- วีรพันธ์ กันแก้ว สุทัศน์ จุลศรีไกรวัล สุรัตน์ นักหล่อ พิชัย สุรพรไพบูลย์ พรรณธิภา ภู เชียงใหม่ วิมล ปันสุภา และ สุมินทร์ สมุทคุปต์. 2554. การคัดเลือกถั่วแดงหลวงสายพันธุ์ดี. แก่นเกษตร 39 ฉบับพิเศษ 3:335-341.
- Na Chiangmai, P. 2004. The inheritance of seed size in mungbean. RGJ-Ph.D. Congress V. 23-25 April 2004. Puttaya, Chonburi, Thailand. (Poster Presentation in English).
- Na Chiangmai, P., P. Laosuwan and A. Waranyuwat. 2004. The Inheritance of Seed Size in Mungbean. Thai Journal of Agricultural Science, 37(4): 255-262.
- Na Chiangmai, P., P. Laosuwanand and A. Waranyuwat. 2006. The Effect of Mungbean Seed Size on Germinating Ability, Bean Sprout Production and Agronomic Characters. Silpakorn University International J. 6(1-2): 170-187.
- Chujaroen, S., A. Kongcharoen and P. Na Chiangmai. 2006. Characterization of Yield and Yield Components in *Vigna* spp. Kamphaengsaen Academic Journal, 4: 733-739.
- Kongcharoen, A., S. Chujaroen, P. Nilprapruck, P. Pummarnin and P. Na Chiangmai. 2006. Comparison of Nutritional Values in Various Species of *Vigna* spp. Kamphaengsaen Academic Journal, 4: 740-746.
- Phamorn, W. and P. Na Chiangmai. 2007. In vitro callus induction of phytic nut (*Jatropha curcas* L.). 1st Silpakorn University Research Fair, Nakorn-Prathom, Thailand (present poster).
- Na Chiangmai, P. and P. Yodmingkhan. 2008. Effects of phosphorus element on root development of wild rice species and 4 cultivated rice varieties. 2nd Silpakorn University Research Fair, Bangkok, Thailand (oral and poster presentation), 18-19 December 2008.
- Na Chiangmai, P., P. Meetum, A. Puntong and S. Poomjae. 2008. Initiation stage of microgametogenesis of Phytic nut (*Jatropha curcas* L.). 2nd Silpakorn University Research Fair, Bangkok, Thailand (poster presentation), 18-19 December 2008.
- Na Chiangmai, P., T. Chansem and S. Bootnoi. 2009. Drought manipulation: Effects on nutritive values of legume species; *Vigna* spp., *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade and *Stylosanthes guianensis* cv. Tha pra. Proceedings: Second Interactional

- Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2009), 8-11 November 2009, Corus Hotel, Kuala Lumpur. 58-59 p. (Oral presentation)
- Na Chiangmai, P., S. Nanongtoom and S. Arunkeereewat. 2009. The effect of drought manipulation on seed yield and seed yield component characters in *Vigna* spp. and *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade in the field. Proceedings: Second International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2009), 8-11 November 2009, Corus Hotel, Kuala Lumpur. 202-203 p. (Poster presentation)
- Na Chiangmai, P. and P. Yodmingkhwan. 2010. Common wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) and some tropical rice (*Oryza sativa* L.) varieties response to inorganic phosphorus application. Silpakorn University Science and Technology Journal (SUSTJ). 4(1): 36-46.
- Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck and C. Aekatasanawan. The genetic variances for the phytic acid and inorganic phosphorus contents of elite inbred lines in tropical maize. Third International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2009), 8-11 November 2011, Suranaree University of Technology. 202-203 p. (Poster presentation)
- Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck and C. Aekatasanawan. Variability of phytic acid and inorganic phosphorus contents in seeds of tropical maize (*Zea mays* L.). Third International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC 2009), 8-11 November 2011, Suranaree University of Technology. 202-203 p. (Poster presentation)
- Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck and C. Aekatasanawan. 2011. The genetic variances for the phytic acid and inorganic phosphorus contents of elite inbred lines in tropical maize. Journal of Agricultural Science and Technology A1: 1326-1328.
- Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck and C. Aekatasanawan. 2011. Variability of phytic acid and inorganic phosphorus contents in seeds of tropical maize (*Zea mays* L.). Journal of Agricultural Science and Technology A1: 1322-1325.
- Na Chiangmai, P. and P. Yodmingkhwan. 2011. Competition of root and shoot growth between cultivated rice (*Oryza sativa* L.) and common wild rice (*Oryza rufipogon* Griff.) grown under different phosphorus level. SJST. 33(6):685-692.
- Na Chiangmai, P., L. Krittawongwiman and P. Laosuwan. 2012. Potential of Sunflower Varieties Grown under Different Input Levels. In 3rd International Conference on Environmental and Rural Development at Khon Kaen University, Thailand, 21-22 January 2012. (Oral presentation).
- Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck, C. Aekatasanawan and M. Kanjanamaneesathian. 2012. Screening of phytic acid and inorganic phosphorus contents in corn inbred lines and F1 hybrids in tropical environment. Maydica 56-1751: 331-339.

- Na Chiangmai, P., Y. Pootaeng-on and T. Khewaram. 2013. Shading tolerance of moth bean (*Vigna aconitifolia*). Silpakorn University Science and Technology Journal (SUSTJ) 7(1): 19-31.
- Kaewlek, K., K. Arakit, W. Tamrongchote, Y. Pootaeng-on, W. Kunkaew and P. Na Chiangmai. Response on phosphorus availability levels and water stress in upland rice cultivars in tissue culture. Indigenous and traditional food systems in Asia and the pacific. May 31-June 2, 2012. Khon Kaen, Thailand. p 223-230.
- Pootaeng-on, Y., P. Na Chiangmai , N. Kimsi, S. Sooksom, S. Tangchaitam. 2012. Condensed Tannins Values of Hay on Some Legumes to Animal Feeding in Rainy Season. In 3rd International Conference on Environmental and Rural Development at Khon Kaen University, Thailand, 21-22 January 2012. (Oral presentation).
- Na Chiangmai, P., L. Krittawongwiman and P. Laosuwan. 2012. Potential of Sunflower Varieties Grown under Different Input Levels. International Journal of Environmental and Rural Development (IJERD) 3(1): 185-188.
- Na Chiangmai, P., L. Krittawongwiman and P. Laosuwan. 2012. Potential of Sunflower Varieties Grown under Different Input Levels. In 3rd International Conference on Environmental and Rural Development at Khon Kaen University, Thailand, 21-22 January 2012. (Oral presentation).
- Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck, C. Aekatasanawan and M. Kanjanamaneesathian. 2011. Screening of phytic acid and inorganic phosphorus contents in corn inbred lines and F1 hybrids in tropical environment. Maydica 56-1751: 331-339. Impact Factor 0.494
- Na Chiangmai, P., Y. Pootaeng-on and T. Khewaram. 2013. Shading tolerance of moth bean (*Vigna aconitifolia*). Silpakorn University Science and Technology Journal (SUSTJ) 7(1): 19-31. Impact Factor for 2010 = 0.105
- Kaewlek, K., K. Arakit, W. Tamrongchote, Y. Pootaeng-on, W. Kunkaew and P. Na Chiangmai. 2012. Acclimative changes in some of root characteristics in response to phosphorus and water deficiency in upland rice cultivars. Indigenous and traditional food systems in Asia and the pacific. May 31-June 2, 2012. Khon Kaen, Thailand. p 223-230.
- Pootaeng-on, Y., P. Na Chiangmai , N. Kimsi, S. Sooksom, S. Tangchaitam. 2012. Condensed Tannins Values of Hay on Some Legumes to Animal Feeding in Rainy Season. In 3rd International Conference on Environmental and Rural Development at Khon Khan University, Thailand, 21-22 January 2012. (Poster presentation).
- Na Chiangmai, P., P. Yodmingkhwan, P. Nilprapruck, C. Aekatasanawan and M. Kanjanamaneesathian. 2013. Generation means analysis of phytic acid and inorganic phosphorus contents in corn (*Zea mays* L.). Maydica 58(3): 243-253.
- Suebphankoy, C., P. Sookanun, P. Na Chiangmai, P. Sawangsri and M. Kanjanamaneesathian. 2013. Detection of Heat-resistant *Bacillus* spp. Associated with Commercial and Indigenous

- Rice Seeds in Thailand. In international conference on Endophytes for plant protection: The state of the art at Agriculture and Horticulture (LGF), Humboldt University, Berlin, Germany, 27-29 April 2013, p270-274. (Oral presentation)
- Pootaeng-on, Y., C. Chantasa, P. Na Chiangmai, T. Techakiengkai and S. Khianggam. 2013. Investigating the possible role of endophytic bacteria in influencing the level of phytate in seedling of Maize (*Zea mays* L.) after germination. In international conference on Endophytes for plant protection: The state of the art at Agriculture and Horticulture (LGF), Humboldt University, Berlin, Germany, 27-29 April 2013, p285-290.
- Na Chiangmai, P., Y. Pootaeng-on, P. Meetum, P., N. Jankomon, D. Muangnoi and D. Kitthip. 2014. Mutation induction in physic nut (*Jathopha cuscas* L.) by colchicine treatments. Silpakorn University Science and Technology Journal (SUSTJ) 8(2): 28-39.
- Na Chiangmai, P., L. Krittawongwiman, Y. Pootaeng-on, P. Laosuwan, S. Kittigul and M. Kanjanamaneesathian. 2014. Sunflower: A potential crop for rotating with rice in small farm setting. International Conference in Title "Rethink: Social Development for Sustainability in ASEAN Community", 11-13 June 2014, Khon Kaen. pp 7 7-81 (International oral presentation).
- Na Chiangmai, P., Y. Pootaeng-on, P. Meetum, K. Kamkajon, W. Yuiam, N. Rungphan and P. Ninkaew. 2015. Regeneration of adventitious shoots on callus and leaf explants in *Jatropha curcas* L. 'Phetchaburi'. Silpakorn University Science and Technology Journal 9(1): Silpakorn University Science and Technology Journal 9(1): 28-39.
- Na Chiangmai, P., S. Chaitongrat, C. Kladsumeang, K. Prakobsub, Y. Pootaeng-on and Mana Kanjanamaneesathian. 2014. Effect of intercropping between upland rice and mungbean for soil amendment under the limited growing season. The 3rd International Conference on Integration of Science and Technology for Sustainable Development (ICIST), Champasack University, Pakse, Champasack, Lao PDR, p. 54.