บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย

เนื้อที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองของโลกรวมทั้งสิ้นประมาณ 422.34 ล้านไร่ ได้ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลือง 147.03ล้านตัน ประเทศที่เป็นผู้ผลิตรายใหญ่ คือ ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลิตได้ 74.2 ล้านตัน รองลงมาได้แก่ ประเทศบราซิล อาร์เจนตินา และจีน (26.6, 14.5 และ 13.5 ล้านตัน ตามลำดับ) ประเทศไทยผลิตเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอันดับที่ 10 ของโลก (FAO, 1997 อ้างโดย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิตตลอดจนประมาณการของผลพลอยได้จากการปลูกถั่วเหลืองของบางประเทศในทวีปเอเชียแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลพลอยได้จากการปลูกถั่วเหลืองของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญในทวีปเอเชีย พ.ศ. 2540

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว [1] (1000 ไร่)	ผลผลิต [1] (1000 ตัน)	ผลพลอยได้ [2] (1000 ตัน)	
			ต้นถั่วเหลือง	เปลือกฝักถั่วเหลือง
รวมทั้งโลก	422,344	147,028	102,019	51,009
ทวีปเอเชีย	101,856	21,861	15,168	7,584
จีน	52,406	13,508	9,372	4,686
อินเดีย	35,000	5,350	3,712	1,856
อินโดนีเซีย	7,500	1,450	1,006	503
เกาหลีเหนือ	2,031	420	292	145
ไทย	1,475	338	234	117
อื่น ๆ	3,444	795	552	275

ที่มา : [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2542)

[2] ประมาณการจากข้อมูลของGupta *et al.* (1973) เมล็ด : ต้น : เปลือกฝัก = 49 : 34 : 17

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2542) รายงานว่า ปีเพาะปลูก 2540/41 ประเทศไทยมีเนื้อที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองทั้งหมด 1,475,000 ไร่ ได้ผลผลิต 338,000 ตัน ภาคเหนือผลิตได้มากที่สุด คือ 238,757 ตัน หรือประมาณ 71%ของผลผลิตทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เท่ากับ 50,396 และ48,847 ตัน (15 และ 14% ตามลำดับ)

การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทยกระจายไปเกือบทุกภาคของประเทศ ยกเว้นภาคใต้ วัตถุประสงค์ของการปลูกถั่วเหลืองเพื่อผลิตเมล็ดสำหรับใช้บริโภคในรูปแบบต่าง ๆ ตลอดจนนำเมล็ดไปอัดน้ำมัน กากที่เหลือจากการสกัดน้ำมันใช้เป็นอาหารสัตว์อย่างแพร่หลาย พื้นที่ในจังหวัดสุโขทัยและจังหวัดใกล้เคียงบริเวณภาคเหนือตอนล่าง มักมีการปลูกระหว่างเดือนพฤษภาคม-กลางเดือนสิงหาคม ส่วนพื้นที่ในจังหวัดนครสวรรค์ สระบุรี ลพบุรีและจังหวัดเลยรวมทั้งพื้นที่ตอนในจังหวัดเชียงใหม่นิยมปลูกในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม-เดือนพฤศจิกายน ซึ่งส่วนมากเป็นการปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ยังมีการปลูกเป็นพืชเดี่ยว โดยเริ่มปลูกเดือนกรกฎาคมในเขตภาคกลางของประเทศ สำหรับการปลูกในฤดูแล้งนั้นเป็นการปลูกในเขตที่มีการชลประทาน เรียกว่า การปลูกถั่วเหลืองหลังนา อยู่ในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม-เดือนมีนาคม พื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่ กำแพงเพชร สุโขทัย ตาก และมีจังหวัดอื่นๆอยู่บ้าง เช่น ลำปาง แพร่ และเลย (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2539)

ปัจจุบันพันธุ์ถั่วเหลืองที่ปลูกกันแพร่หลายในประเทศไทยได้แก่ สายพันธุ์เชียงใหม่ 60 (CM-60) ซึ่งมีจุดเด่น คือ ทนทานต่อโรคราสนิม สามารถปลูกได้ตลอดปี ทั้งในฤดูแล้งและฤดูฝน สายพันธุ์เชียงใหม่ 60 เหมาะสำหรับปลูกได้ในหลายท้องที่ เช่น เชียงใหม่ สุโขทัย กำแพงเพชร นครสวรรค์ สระบุรี ลพบุรี สกลนคร กาฬสินธุ์ ราชบุรี และสุพรรณบุรี เป็นต้น (อเนก, 2539) อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองสายพันธุ์เชียงใหม่ 60 ไม่ทนทานต่อโรคราน้ำค้าง ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้ปรับปรุงถั่วเหลืองสายพันธุ์เชียงใหม่ 001 (CM-001) ให้มีความทนทานต่อโรคราน้ำค้าง ขนาดเมล็ดโตกว่าสายพันธุ์เชียงใหม่ 60 และมีแนวโน้มว่าพันธุ์นี้จะได้รับความนิยมจากเกษตรกร ขณะนี้อยู่ระหว่างการทดสอบสายพันธุ์ในสถานีทดลอง และไร่เกษตรกรในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดอื่นๆรวม 10 จังหวัด (ภาควิชาพืชไร่, 2540)

การเจริญและพัฒนาการของต้นถั่วเหลืองนั้น Fehr and Caviness (1977; อ้างโดย ทรงเชาว์, 2530) ได้จำแนกระยะการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลือง โดยแบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative phase) และช่วงการเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์ (reproductive phase) ดังสรุปในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การจำแนกระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น -ใบ และทางการสืบพันธุ์ของต้นถั่วเหลือง

ระยะ	ขั้นการเจริญเติบโต	รายละเอียดของขั้นการเจริญเติบโต
การเจริญเติบโตทางลำต้น –ใบ		
V_0	ปลูก	-
VE	งอกโผล่พ้นดิน (emergence)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีใบเลี้ยงโผล่พ้นผิวดิน
VC	ระยะใบเลี้ยง (cotyledon)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีใบจริงคู่แรก (unifoliate leaves) ที่ขอบใบแยกจากกันแล้ว
V1	ระยะข้อที่ 1 (first node)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีใบจริงคู่แรกบานเต็มที่และใบจริงสามใบ (trifoliate leaves) ที่อยู่ถัดไปขอบใบแยกจากกันแล้ว
V2	ระยะข้อที่ 2 (second node)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีใบจริงสามใบ ที่ข้อถัดจากใบจริงคู่แรกบานเต็มที่ และใบจริงสามใบบนข้อถัดไปขอบใบแยกจากกันแล้ว
V3	ระยะข้อที่ 3 (third node)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีข้อที่สาม นับจากข้อของใบจริงคู่แรก มีใบจริงสามใบบานเต็มที่ และใบจริงสามใบบนข้อถัดไปขอบใบแยกจากกัน
Vn	ระยะข้อที่ n (n^{th} node)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีข้อที่ n นับจากข้อของใบจริงคู่แรก มีใบจริงสามใบบานเต็มที่และใบจริงสามใบบนข้อถัดไปขอบใบแยกจากกัน
การเจริญเติบโตทางการสืบพันธุ์		
R1	ระยะเริ่มออกดอก (beginning bloom)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีดอกบาน 1 ดอก ที่ข้อใดข้อหนึ่งบนลำต้นหลัก
R2	ระยะดอกบานเต็มที่ (full bloom)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีดอกบานที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 2 ข้อจากข้อยอดสุด (uppermost node) ที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่
R3	ระยะเริ่มติดฝัก (beginning pods)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีฝักที่มีขนาด 0.5 ซม. ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อ จากข้อยอดสุดที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่
R4	ระยะติดฝักเต็มที่ (full pods)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีฝักที่มีขนาด 2 ซม. ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อ จากข้อยอดสุดที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่
R5	ระยะเริ่มติดเมล็ด (beginning seeds)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีเมล็ดที่มีขนาด 0.3 ซม. ในฝักที่อยู่บนข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อ จากข้อยอดสุดที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่
R6	ระยะติดเมล็ดเต็มที่ (full seeds)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีเมล็ดสีเขียวที่โตเต็มที่ ที่ข้อใดข้อหนึ่งใน 4 ข้อ จากข้อยอดสุดที่มีใบแผ่ขยายเต็มที่
R7	ระยะเริ่มสุกแก่ (beginning maturity)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีฝักใดฝักหนึ่งบนลำต้นหลัก เริ่มเป็นสีเหลือง
R8	ระยะสุกแก่เต็มที่ (full maturity)	เป็นระยะที่ต้นถั่วเหลืองมีฝัก 95%ของจำนวนฝักบนลำต้นเป็นสีน้ำตาล ซึ่งหลังจากนั้นประมาณ 5-10 วัน ก็สามารถเก็บเกี่ยวได้

หมายเหตุ: การเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลืองในแปลงที่ระยะนั้นๆ หมายถึง ต้นถั่วเหลือง 50%ของทั้งแปลง มีการเจริญเติบโตอยู่ในระยะนั้นๆ

ที่มา: Fehr and Caviness (1977 ; อ้างโดย ทรงเชาว์, 2530)

การปลูกถั่วเหลืองเพื่อเก็บเกี่ยวเมล็ด นอกจากจะได้เมล็ดไว้ใช้เป็นอาหารแล้วยังได้ฟางถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้ การเก็บเกี่ยวจะเริ่มเมื่อเมล็ดสุกแก่เต็มที่ เกษตรกรจะเกี่ยวทั้งต้นถั่วเหลืองมัดเป็นฟ่อน แล้วนำไปกองรวมกันเพื่อรอการสีเอาเมล็ดโดยเครื่องสี เมื่อผ่านขั้นตอนของเครื่องสีเมล็ดจะถูกแยกออก ส่วนเปลือกฝักและลำต้น จะถูกพ่นออกมาอีกทางหนึ่ง ลำต้นซึ่งมีน้ำหนักมากกว่าจะตกลงพื้นแยกออกจากเปลือกฝัก ซึ่งมีน้ำหนักเบากว่าและตกห่างออกไป

ส่วนที่เหลือจากการสีเอาเมล็ดออกเรียกว่า ฟางถั่วเหลือง ซึ่งประกอบด้วย เปลือกฝักถั่วเหลือง และลำต้น ส่วนใบแทบจะไม่เหลือติดอยู่เลย เพราะร่วงไปตั้งแต่การเก็บเกี่ยว เนื่องจากส่วนของลำต้นมีความแข็ง ดังนั้นเกษตรกรมักจะนำเฉพาะส่วนที่เป็นเปลือกฝักมาใช้เลี้ยงสัตว์ แต่เดิมฟางถั่วเหลืองมักจะถูกปล่อยทิ้งไว้ให้เน่าเปื่อยเป็นปุ๋ย หรืออาจใช้เพาะเห็ดถั่วเหลือง ปัจจุบันมีการนำเปลือกฝักถั่วเหลืองมาใช้เลี้ยงโคนมกันอย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในจังหวัดเชียงใหม่

จังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองรวมทั้งหมด 84,224 ไร่ แบ่งออกเป็นการปลูกถั่วเหลืองฤดูฝนจำนวน 21,144 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 3,695 ตัน ปลูกในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม ดอยเต่า เชียงดาว และอำเภอแม่อาย และถั่วเหลืองฤดูแล้งจำนวน 63,080 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 13,119 ตัน ปลูกในพื้นที่อำเภอแม่ริม สันป่าตอง พร้าว และอำเภอแม่แจ่ม ถั่วเหลืองทั้งสองฤดูมีผลผลิตเมล็ดเฉลี่ย 200 และ 207 กก.ต่อไร่ (สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2542) เมื่อคิดเป็นปริมาณเปลือกฝักตามอัตราส่วนของเมล็ด : ต้น : เปลือก (49 : 34 :17) ที่ Gupta (1973) เสนอไว้ พบว่ามีปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่จากการปลูกในช่วงฤดูฝนประมาณ 1,282 ตันและการปลูกถั่วเหลืองฤดูแล้งประมาณ 4,552 ตัน สำหรับอำเภอสันป่าตองเป็นแหล่งผลิตถั่วเหลืองที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่และยังเป็นแหล่งส่งเสริมการเลี้ยงโคนมอีกด้วย จากการสำรวจและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ปศุสัตว์อำเภอและเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนม อำเภอสันป่าตอง พบว่า เกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมในเขตอำเภอสันป่าตองได้นำเปลือกฝักถั่วเหลืองที่ได้จากการปลูกหลังนาและปลายฤดูฝนมาใช้เลี้ยงโคนมอย่างแพร่หลาย สำหรับเปลือกฝักถั่วเหลืองที่ได้จากการปลูกต้นฤดูฝนส่วนมากจะใช้เพาะเห็ด

ปัจจุบันมีการซื้อ-ขายเปลือกฝักถั่วเหลืองเป็นอาหารโคในพื้นที่อำเภอสันป่าตอง โดยปฏิบัติกันอยู่ 2 ลักษณะคือ เกษตรกรผู้เลี้ยงโคซื้อจากไร่นาด้วยตนเอง กรณีนี้ เกษตรกรต้องขนส่งเอง ราคาเหมาจ่ายต่อรถกระบะขนาดบรรทุก 1 ตันตกประมาณกิโลกรัมละ 10 สตางค์ แต่ถ้าเกษตรกรซื้อในราคารวมค่าขนส่งถึงฟาร์มซึ่งอยู่ห่างไกลไม่มากนักจะตกประมาณ 20-25 สตางค์ ในพื้นที่อำเภอสันป่าตองมีพื้นที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองฤดูฝนจากรายงานของสำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ปี 2541/42 เท่ากับ 545 ไร่ ได้ผลผลิตรวม 136 ตัน เฉลี่ยผลผลิตเมล็ดประมาณ 250 กก.ต่อไร่ เมื่อประเมินปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองในพื้นที่อำเภอสันป่าตองพบว่าจะมีประมาณ 56 ตัน ซึ่งเปลือกฝักถั่วเหลืองเกือบทั้งหมดถูกนำมาใช้เลี้ยงโคนมในช่วงเดือนพฤศจิกายน-เดือนเมษายน

จำนวนฟาร์มที่ใช้เปลือกฝักถั่วเหลืองเลี้ยงโคนมมีประมาณร้อยละ 30 ของฟาร์มทั้งหมด ฟาร์มที่เหลือร้อยละ 70 ที่ไม่ได้ใช้เปลือกฝักถั่วเหลืองเนื่องจากปริมาณเปลือกฝักที่มีอยู่ในพื้นที่มีจำกัดไม่เพียงพอแก่ความต้องการ เกษตรกร บางรายซื้อเปลือกฝักถั่วเหลืองจากอำเภอข้างเคียง คือ อำเภอดอยเต่า และอำเภอแม่วาง (สำนักงานปศุสัตว์อำเภอสันป่าตอง, 2542) เกษตรกรให้ความเห็นว่าเนื่องจากเปลือกฝักถั่วเหลืองมีลักษณะเบาและฟ่ามการขนส่งระยะทางไกลจะไม่คุ้มค่าขนส่ง ดังนั้นการซื้อขายเปลือกฝักถั่วเหลืองจากแหล่งที่ไกลออกไปจึงไม่ปฏิบัติกัน สำหรับอำเภอสันกำแพงซึ่งเป็นเขตการเลี้ยงโคนมที่สำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดเชียงใหม่และมีการปลูกถั่วเหลืองน้อย อีกทั้งอยู่ห่างไกลจากพื้นที่ปลูกถั่วเหลือง ดังนั้นเกษตรกรผู้เลี้ยงโคนมจึงใช้เปลือกฝักถั่วเหลืองเป็นอาหารโคน้อยเมื่อเทียบกับเกษตรกรในเขตอำเภอสันป่าตอง

การปลูกถั่วเหลืองเป็นพืชอาหารสัตว์

การใช้ในรูปต้นถั่วเหลืองแห้ง (soybean hay, SBH)

ในประเทศที่มีการปลูกถั่วเหลืองอย่างแพร่หลาย เช่น สหรัฐอเมริกามีการปลูกเพื่อใช้เป็นพืชอาหารสัตว์เช่นกัน Morrison (1956) กล่าวว่า ถั่วเหลืองขึ้นได้ดีในทุกพื้นที่ที่สามารถปลูกข้าวโพดได้ เป็นพืชทนแล้งและปรับตัวเข้ากับดินได้หลายชนิด และเจริญได้ดีในดินที่เป็นกรด ซึ่งไม่เหมาะกับการปลูกถั่วอัลฟัลฟ่า ถั่วเหลืองยังเป็นพืชที่ทนต่อน้ำค้างแข็ง ในมลรัฐทางภาคใต้ที่บริเวณดินไม่อุดมสมบูรณ์ หรือเป็นดินเหนียวจัด ถั่วเหลืองเจริญได้ดีกว่าพืชจำพวกถั่วกระด้าง (cowpeas) ผลผลิตต้นถั่วเหลืองที่ปลูกเพื่อทำแห้ง (hay) อยู่ระหว่าง 1.0-1.2 ตัน/เอเคอร์ (400-480 กก./ไร่) ในสภาพพื้นที่ที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตได้สูงกว่า 2 ตัน/เอเคอร์ (800 กก./ไร่) ต้นถั่วเหลืองแห้งมีโปรตีนเท่ากับถั่วอัลฟัลฟ่า และสามารถใช้ทดแทนกันได้ Gupta *et al.* (1973) รายงานว่า ผลผลิตต้นถั่วเหลืองแห้งที่ระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่ออกดอกถึงระยะเมล็ดแก่ มีผลผลิตเฉลี่ยระหว่าง 2.3 – 4.4 ตัน/เฮกแตร์ (361-707 กก./ไร่)

จุดเด่นที่สำคัญของการใช้ต้นถั่วเหลืองมาทำเป็นพืชแห้งเลี้ยงสัตว์ ในแง่ของการกินและคุณค่าทางอาหารสำหรับโค Morrison (1956) รายงานว่า ต้นถั่วเหลืองแห้งมีคุณภาพสูงใกล้เคียงกับพืชอาหารสัตว์ตระกูลถั่ว เช่นถั่วอัลฟัลฟา หรือถั่วอื่น ๆ อย่างไรก็ตามการใช้ต้นถั่วเหลืองแห้งเลี้ยงสัตว์มีการสูญเสียประมาณ 10-20% เนื่องจากลำต้นมีขนาดใหญ่และแข็ง สัตว์นำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้เมื่อเทียบกับพืชตระกูลถั่วแห้งชนิดอื่นที่มีคุณภาพใกล้เคียงกัน ต้นถั่วเหลืองแห้งจึงมีคุณค่าในการใช้เลี้ยงสัตว์เพียง 80-90%ของพืชตระกูลถั่วแห้งอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Baxter *et al.* (1982) ที่พบว่า ต้นถั่วเหลืองแห้งอัดฟ่อนมีโปรตีน 15.1% เยื่อใย 35.9% และลิกนิน 9.39% นำไป

เลี้ยงโคนมในลักษณะอัดเป็นฟ่อน โคสามารถกินได้เพียง 47.4%ของอาหารให้ เนื่องจากต้นถั่วเหลืองมีลำต้นแข็งรวมทั้งความแน่นที่เกิดจากการอัดฟ่อน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การทำต้นถั่วเหลืองแห้งเพื่อเก็บรักษาไว้เลี้ยงสัตว์ ไม่ค่อยเป็นที่นิยมนัก

Göhl (1981) ให้ความเห็นว่า ปัญหาเกี่ยวกับลำต้นมีขนาดใหญ่ และแข็งของต้นถั่วเหลืองสามารถแก้ไขได้โดยการปลูกต้นถั่วเหลืองให้แน่นและเก็บเกี่ยวเร็วขึ้น Hinzt *et al.* (1992) ได้ศึกษาการปลูกถั่วเหลืองเป็นพืชอาหารสัตว์ พบว่า ระยะปลูกระหว่างแถวมีบทบาทสำคัญต่อการใช้เป็นพืชอาหารสัตว์ การปลูกในอัตราเมล็ดเท่ากัน ที่ระยะระหว่างแถว 20 ซม. ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งสูงกว่า แต่ต้นถั่วมีลำต้นขนาดใหญ่กว่าที่ระยะระหว่างแถว 76 ซม. นอกจากนี้ถ้าใช้ความหนาแน่นของต้นถั่วสูง (อัตราเมล็ด 124,000 เมล็ด/ไร่) จะทำให้มีลำต้นเล็กกว่าพวกที่ใช้ความหนาแน่นน้อย (อัตราเมล็ด 44,000 เมล็ด/ไร่)

Morrison (1956) รายงานว่า ต้นถั่วเหลืองที่ปลูกเพื่อทำแห้งมักจะนิยมใช้พันธุ์หนัก (late maturing cultivar) ในสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม แนะนำให้ตัดต้นถั่วเหลืองที่ระยะเริ่มติดฝักจนถึงระยะเมล็ดเริ่มสุกแก่ เพื่อให้ได้ผลผลิตของโภชนะสูง แต่ไม่ควรตัดก่อนระยะติดเมล็ด ระยะตัดที่มีอายุมากขึ้นนั้นแม้ว่าลำต้นจะมากและใบมีน้อย แต่เมล็ดจะมีโปรตีนและไขมันสะสมสูงขึ้น (ตารางที่ 3) เช่นเดียวกับการทดลองของ Hintz *et al.* (1992) ที่พบว่า ถั่วเหลืองสายพันธุ์หนักให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์เบา (early maturing cultivar) และที่ระยะการเจริญเติบโตจาก R1 (เริ่มออกดอก) ถึง R5 (เริ่มติดเมล็ด) ต้นถั่วเหลืองจะมีคุณค่าทางอาหารลดลง แต่ในระยะ R5 และ R7 ซึ่งเป็นระยะเริ่มติดเมล็ดไปจนถึงระยะเมล็ดเริ่มสุก ต้นถั่วเหลืองจะมีคุณค่าทางอาหารสูงขึ้นเป็นลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะระยะ R5 - R7 นั้นมีการสะสมโภชนะในเมล็ดเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะโปรตีนและไขมัน

ตารางที่ 3 คุณค่าทางอาหารและองค์ประกอบทางเคมี (ร้อยละของวัตถุแห้ง) ของต้นถั่วเหลืองแห้งที่การตัดระยะต่าง ๆ

ระยะการเจริญเติบโต	DM	CP	EE	CF	NFE	TDN
ระยะออกดอก	88.0	16.7	3.3	20.6	37.8	52.4
ระยะเริ่มติดเมล็ด	88.0	14.6	2.4	27.2	36.5	48.2
ระยะติดเมล็ดแล้ว	88.0	15.2	4.7	26.7	35.2	52.5
ระยะเมล็ดใกล้สุกแก่	88.0	15.2	6.6	24.0	38.2	54.9

ที่มา : Morrison (1956)

การใช้ต้นถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์ในรูปพืชหมัก (silage)

นอกจากจะมีการใช้ต้นถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์ในรูปแห้ง (hay) แล้วยังสามารถนำมาใช้ในรูปพืชหมัก (silage) ได้ Göhl (1981) ให้ความเห็นว่าการใช้ต้นถั่วเหลืองในรูปพืชหมักไม่เป็นที่นิยม เพราะต้นถั่วเหลืองหมักมีรสขม แต่ถ้าหมักร่วมกับข้าวโพดจะได้พืชหมักที่มีคุณภาพดี Morrison (1956) ได้บรรยายว่า การทำต้นถั่วเหลืองหมักมักจะปฏิบัติกันมากในพื้นที่ที่มีฝนตกชุก โดยปกติต้นถั่วเหลืองไม่นิยมปลูกเป็นพืชเดียวสำหรับทำพืชหมัก เพราะให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกร่วมกับพืชอื่นมาก เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ต้นถั่วเหลืองที่หมักร่วมกับต้นข้าวโพด หรือต้นข้าวฟ่าง ในอัตรา 1 ต้นต่อ 2 – 4 ต้นทำให้ได้พืชหมักที่มีคุณภาพดีและให้โปรตีนสูงกว่า มีความน่ากินมากกว่าพืชหมักที่ใช้ต้นถั่วเหลืองเพียงอย่างเดียวหรือการหมักต้นถั่วเหลืองร่วมกับกากน้ำตาล

การใช้ต้นถั่วเหลืองเป็นอาหารสัตว์ในรูปพืชสด

การปลูกถั่วเหลืองเป็นแปลงเพื่อปล่อยสัตว์ลงแทะเล็ม Ocumpaugh *et al.* (1981) ได้ทดลองปลูกถั่วเหลืองร่วมกับหญ้า tall fescue เพื่อปรับปรุงคุณภาพแปลงหญ้าสำหรับใช้ในต้นฤดูใบไม้ร่วง มีพืชตระกูลถั่วเพียงบางชนิดเท่านั้นที่ใช้ปลูกร่วมกับหญ้าได้ดี เนื่องจากอาจจะกระทบกับปัญหาน้ำค้างแข็ง ถั่วเหลืองเป็นพืชชนิดหนึ่งที่ทนน้ำค้างแข็ง พบว่า การปลูกถั่วเหลืองร่วมกับหญ้า tall fescue สามารถเพิ่มผลผลิตทั้งปริมาณและคุณภาพของแปลงหญ้า การใช้ต้นถั่วสายพันธุ์หนัก (late maturing cultivar) จะให้ผลผลิตที่มีคุณภาพดีกว่าสายพันธุ์เบา (early maturing cultivar) ในการศึกษานี้ผู้วิจัยยังได้ใช้สาร paraquat (1,1'-dimetyl-4 -4'-bipyridinium ion) ในอัตรา 0.09 กก./ไร่ เพื่อชะลอการเจริญเติบโตของหญ้า tall fescue ในระยะแรก เพื่อให้ต้นถั่วเหลืองเจริญเติบโตแข่งกับหญ้าได้ การพ่นสาร paraquat ช่วยให้ได้ผลผลิตสูงกว่าจากกลุ่มควบคุม (1,072 และ 720 กก./ไร่ ตามลำดับ)

นอกจากแปลงถั่วเหลืองจะใช้เลี้ยงโคและแกะแล้วยังสามารถนำมาใช้เลี้ยงสุกรได้ด้วย สุกรที่ปล่อยแปลงถั่วเหลืองในระยะติดเมล็ดสามารถเจริญเติบโตได้ตามปกติ และสัตว์จะชอบกินส่วนที่เป็นเมล็ด ในการทำแปลงถั่วเหลืองเพื่อปล่อยให้สุกรเข้าแทะเล็มเคยปฏิบัติกันในสหรัฐอเมริกาในสมัยก่อน Morrison (1956) ให้ความเห็นไว้ว่า แปลงถั่วเหลืองที่ปล่อยสัตว์เข้าแทะเล็มนั้นจะมีอายุการใช้ประโยชน์ได้สั้นกว่าแปลงพืชอาหารสัตว์ชนิดอื่น เช่น ถั่วเรฟ (rape) อัลฟัลฟ่า (alfalfa)หรือโคลเวอร์(clover) ที่ปล่อยให้สัตว์เข้าแทะเล็มเช่นเดียวกัน

การใช้วัสดุเศษเหลือจากการปลูกถั่วเหลือง

ปริมาณเปลือกฝักถั่วเหลืองจากไร่นาในแต่ละปีสามารถประเมินได้โดยอาศัยข้อมูลผลผลิตเมล็ดและสัดส่วนเปอร์เซ็นต์ของเมล็ด : ต้น : เปลือกฝักถั่วเหลือง ซึ่งเท่ากับ 49 : 34 : 17 ตามลำดับ (Gupta *et al.*,1973) ในปีเพาะปลูก 2540/41 มีผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองทั่วประเทศเท่ากับ 338,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2542) ดังนั้นในปีเพาะปลูกดังกล่าวจะมีเปลือกฝักถั่วเหลืองมากถึง 117,265 ตัน บุญล้อม และเจริญ (2529) รายงานว่า เปลือกฝักถั่วเหลืองมีคุณค่าทางอาหารสูงกว่าส่วนของลำต้น โดยมีส่วนประกอบของโภชนะคิดเป็นร้อยละของวัตถุแห้ง ดังนี้ CP 6.58, EE 1.34 และ CF 36.08 ตามลำดับ (ตารางที่ 4) เมื่อนำไปเลี้ยงแกะทดลอง สัตว์สามารถกินเปลือกฝักถั่วเหลืองได้สูงถึงร้อยละ 3.8 ของน้ำหนักตัว มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 114 ก./วัน และไม่พบว่าสัตว์แสดงอาการผิดปกติเมื่อเลี้ยงด้วยเปลือกฝักถั่วเหลืองเป็นอาหารเดี่ยวตลอดการทดลอง

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกฝักและฟางถั่วเหลือง

วัตถุดิบ	DM (%)	OM	CP	EE	CF	NDF	ADF	NFE	Ash	ADL	เอกสารอ้างอิง
		(% DM basis)									
เปลือกฝักถั่วเหลือง	-	90.9	6.6	1.3	36.1	58.0	48.9	46.9	9.1	7.9	บุญล้อมและเจริญ,2529
ฟางถั่วเหลือง	88.9	94.9	3.9	1.2	41.2	-	-	37.5	5.1	-	Morrison, 1956
ฟางถั่วเหลือง(เฉลี่ย)	91.5	-	5.4	-	-	79.9	59.1	-	-	19.8	Gupta *et al.*, 1978
ฟางถั่วเหลือง	87.7	93.5	5.1	3.3	41.5	65.0	50.4	31.4	6.4	-	สมปอง และคณะ, 2537
ฟางถั่วเหลือง	89.7	92.6	5.7	-	-	75.0	54.2	-	74	12.9	Soofi *et al.*, 1982

Gupta and Johnson (1978) ได้ศึกษาการกินและการย่อยฟางถั่วเหลืองของแกะ ฟางถั่วเหลืองที่ใช้ศึกษามาจาก 2 สายพันธุ์ พบว่า เมื่อฟางถั่วเหลืองมีสัดส่วนเปลือกฝักเพิ่มขึ้นจาก30-35% เป็น50%ทำให้สัตว์สามารถกินฟางถั่วเหลืองได้เพิ่มขึ้น (14.7 vs. 19.9 ก./กก.นน.ตัว$^{0.75}$) และการย่อยได้ของวัตถุแห้งและไนโตรเจนจะเพิ่มสูงขึ้น (DM 39.7 vs. 47.2 %, N 30.4 vs. 42.6 %)

สมปอง และคณะ (2537) เปรียบเทียบการใช้ฟางถั่วเหลืองธรรมดา ฟางถั่วเหลืองอบยูเรีย และหญ้าสด เป็นอาหารหยาบเลี้ยงโคนมทดแทนฝูง โดยแต่ละกลุ่มเสริมด้วยอาหารข้นซึ่งมีโปรตีน 23.64%วันละ 2 กก./ตัว พบว่าการใช้อาหารหยาบทั้ง 3 ชนิดทำให้การเจริญเติบโตไม่แตกต่างกัน สรุปว่าฟางถั่วเหลืองสามารถใช้เป็นอาหารหยาบหลักเลี้ยงโคนมทดแทนฝูงได้ ฟางถั่วเหลืองที่ใช้ในการทดลองนี้มีโปรตีน 5.1%, NDF 65.0%, ADF 50.4%

Soofi *et al.* (1982) ศึกษาผลของการปรับปรุงคุณภาพฟางถั่วเหลือง (soybean stover) โดยนำสารสะลายด่างมาผสมกับฟางถั่วเหลืองบด ในอัตราส่วนสารละลาย 100 มล./ฟางถั่วเหลือง 100 ก. ผสมทิ้งไว้ 5 วัน พบว่า การใช้ส่วนผสมของ 6% NaOH กับ 2% $Ca(OH)_2$ เป็นระดับที่เหมาะสำหรับการเพิ่มคุณค่าทางอาหารของฟางถั่วเหลือง เมื่อนำฟางถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการนี้ไปทดสอบการกินและการย่อยได้ในแกะ โดยให้กินเป็นอาหารเดี่ยวหรือผสมกับถั่วอัลฟัลฟ่าแห้งในอัตรา 2 :1 ผลปรากฏว่า ฟางถั่วเหลืองผสมด่างไม่ช่วยให้แกะกินและย่อยได้ดีขึ้นแต่อย่างใด แต่เมื่อเสริมถั่วอัลฟัลฟ่าแห้ง การกินและการย่อยได้จะเพิ่มขึ้นอย่างมาก เนื่องจากเกิด associative effect

การหาการย่อยได้โดยทดลองกับสัตว์โดยตรง

อาหารหยาบเป็นอาหารหลักในการเลี้ยงสัตว์เคี้ยวเอื้อง การย่อยได้ของอาหารหยาบจะแปรผันมาก ทำให้สัตว์ต้องกินอาหารในปริมาณแตกต่างกันเพื่อให้ได้โภชนะตามความต้องการ นอกจากนี้ปริมาณอาหารที่กินได้ยังขึ้นอยู่กับการสลายตัวและการเคลื่อนที่ของอาหารออกจากทางเดินอาหาร การหาการย่อยได้อาจทำได้โดยทดลองกับสัตว์โดยตรง (*in vivo* method) หรือวิธีในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* method)

การหาการย่อยได้โดยทดลองกับสัตว์โดยตรงแบบ conventional method เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมานาน ทำโดยนำอาหารทดลองให้สัตว์กิน แล้ววัดปริมาณอาหารที่สัตว์กินได้จริง และมูลที่ขับออกมาทั้งหมด สุ่มตัวอย่างอาหารและมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์ทางเคมี แล้วนำค่าต่างๆมาคำนวณหาการย่อยได้จากสูตร

$$\text{การย่อยได้ของโภชนะ(\%)} = \frac{\text{โภชนะที่สัตว์กิน(ก.)} - \text{โภชนะที่ขับออกในมูล(ก.)}}{\text{โภชนะที่สัตว์กิน(ก.)}} \times 100$$

ในกรณีที่อาหารนั้นไม่สามารถให้สัตว์กินเป็นอาหารเดี่ยวได้ ควรหาการย่อยได้โดยวิธีหาความแตกต่าง (difference method) แต่อาหารบางอย่างเมื่อให้ร่วมกับอาหารอื่นอาจมีผลให้ค่าการย่อยได้เปลี่ยนไป เนื่องจากเกิด associative effect จึงควรหาค่าการย่อยได้โดยวิธีใช้สมการถดถอย (regression method) โดยให้อาหารทั้งสองชนิดในสัดส่วนต่างๆกันหลายระดับแล้วใช้สมการทำนายค่าการย่อยได้ของโภชนะในวัตถุดิบแต่ละชนิด จะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้องยิ่งขึ้น (บุญล้อม , 2541)

การคำนวณค่าพลังงานจากการย่อยได้

ในการศึกษาหาการย่อยได้โดยวิธีทดลองกับตัวสัตว์ ผู้วิจัยสามารถเก็บตัวอย่างอาหารและมูลไปวิเคราะห์ค่าพลังงาน แล้วคำนวณหาปริมาณพลังงานย่อยได้ (digestible energy , DE) ดังสูตร

$$\text{พลังงานย่อยได้ (DE , Mcal/kgDM)} = \frac{\text{พลังงานที่กิน} - \text{พลังงานที่ขับออกในมูล}}{\text{ปริมาณวัตถุแห้งที่กิน}}$$

นอกจากนี้ยังสามารถคำนวณค่าโภชนะย่อยได้รวม (total digestible nutrient , TDN) พลังงานย่อยได้ (DE) และพลังงานเมแทบอลิค (ME) จากปริมาณโภชนะย่อยได้แต่ละชนิด ดังเช่นที่อิทธิพล (2528) ได้ประเมินค่าพลังงานของวัสดุเศษเหลือทางการเกษตร ได้แก่ ฟางข้าว ต้นข้าวโพดหวาน ต้นข้าวโพดฝักอ่อน และต้นถั่วลิสงแห้ง โดยคำนวณค่า TDN, DE และ ME จากสูตรที่บุญล้อม (2531) ได้รวบรวมไว้ คือ

$$\text{TDN} = \text{dig. CP} + \text{dig. CF} + \text{dig. NFE} + (2.25 \times \text{dig. EE})$$

$$\text{DE} = 5.79 \times \text{dig. CP} + 8.15 \times \text{dig. EE} + 4.42 \times \text{dig. CF} + 4.06 \times \text{dig. NFE}$$

$$\text{ME} = 4.32 \times \text{dig. CP} + 7.73 \times \text{dig. EE} + 3.59 \times \text{dig. CF} + 3.63 \times \text{dig. NFE}$$

การแปลงค่า TDN ให้เป็นค่าพลังงานต่างๆ

หลังจากที่ได้ค่า TDN แล้วสามารถนำไปคำนวณหาค่า DE หรือ NEL ได้ ส่วนค่า ME สามารถคำนวณได้จากค่า DE ดังสมการที่ National Research Council (NRC, 1988) ได้เสนอไว้ดังนี้ คือ

DE (Mcal/kgDM) = 0.04409 x TDN(%)

ME (Mcal/kgDM) = -0.45 + 1.01DE

NEL(Mcal/kgDM) = 0.0245 x TDN(%)-0.12

การหาสมดุลไนโตรเจน

ในการศึกษาหาการย่อยได้นั้น ถ้าทำการเก็บรวบรวมปัสสาวะของสัตว์แล้วสุ่มตัวอย่างอาหาร มูล และปัสสาวะ นำมาวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจะสามารถคำนวณหาค่าสมดุลไนโตรเจนได้ โดยนำปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่สัตว์กินเข้าไปเฉลี่ยต่อวัน ลบด้วยปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกมาในมูลและปัสสาวะ ค่าสมดุลไนโตรเจนนี้สามารถบอกถึงสถานภาพการสะสมโปรตีนของสัตว์เมื่อได้รับอาหารนั้นได้ กล่าวคือ ถ้าสมดุลไนโตรเจนเป็นบวกแสดงว่าสัตว์ได้รับไนโตรเจนหรือโปรตีนในอาหารเกินกว่าปริมาณที่ต้องการใช้ สัตว์จะมีการสะสมไนโตรเจนหรือโปรตีนไว้ในร่างกาย แต่ถ้าสมดุลเป็นลบแสดงว่าสัตว์ได้รับไนโตรเจนหรือโปรตีนไม่เพียงพอ จึงต้องสลายโปรตีนในร่างกายออกมาใช้ ถ้าสมดุลเป็นศูนย์แสดงว่าปริมาณไนโตรเจนหรือ โปรตีนที่กินเข้าไปและที่ขับออกมามีค่าเท่ากันพอดี สัตว์ไม่มีการสะสมโปรตีนในร่างกายหรือสลายโปรตีนในร่างกายออกมาใช้ ค่าสมดุลไนโตรเจนนี้เป็นค่าที่นิยมศึกษาเพื่อบอกถึงคุณค่าทางอาหารเพิ่มเติมจากค่าการย่อยได้ที่ทดลองกับตัวสัตว์

การหาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ

การหาการย่อยได้ในห้องปฏิบัติการ (*in vitro* technique) ที่นิยมใช้กันได้แก่ two stage method และ gas production technique วิธี two stage นี้ได้รับความนิยมมานานแต่ในภายหลังเมื่อมีการพัฒนาวิธี gas production ที่สามารถให้ข้อมูลได้มากกว่าและมีความแม่นยำสูงกว่า วิธีนี้จึงได้รับความนิยมลดลง สำหรับวิธี nylon bag เป็นวิธีที่ได้รับการพัฒนาขึ้นในประเทศอังกฤษและได้รับความนิยมอย่างกว้างขวาง เพราะให้ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราการย่อยสลายของอาหารซึ่งนับว่าเป็นประโยชน์มาก จากรายงานของ Khazaal *et al.*(1993) ได้ศึกษาการย่อยสลายโดย two stage method, gas production technique และ nylon bag method มาใช้ทำนายปริมาณการกินและการย่อยได้ของหญ้าแห้ง 10 ชนิด เปรียบเทียบกับ ปริมาณการกินและการย่อยได้จริงโดยใช้แกะเป็นสัตว์ทดลอง พบว่า สมการ multiple regression ที่ใช้ทำนายค่าดังกล่าวด้วย gas production technique มีความแม่นยำในการทำนายเทียบเท่ากับ nylon bag method และทั้งสองวิธีให้ค่าR^2 สูงกว่า two stage method

ลักษณะการย่อยสลายของอาหารในกระเพาะรูเมนโดยวิธีถุงไนลอน

Mehrez and Ørskov (1977 ; อ้างโดย Blümmel and Ørskov ,1993) ได้นำตัวอย่างอาหารบรรจุในถุงไนลอน นำไปแช่ในกระเพาะรูเมนที่ชั่วโมงต่างๆแล้ววัดค่าการย่อยสลายของวัตถุแห้ง ทำให้ทราบลักษณะการย่อยสลายของอาหารในกระเพาะรูเมน คือ

1. ส่วนที่ไม่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal undegradable substance, RUS)

2. ส่วนที่ย่อยสลายในกระเพาะรูเมน (ruminal degradable substance, RDS) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

2.1ส่วนที่ละลายได้ทันที (immediately soluble fraction, A) คือ ส่วนที่สามารถละลายได้ทันที เมื่ออาหารตกสู่กระเพาะรูเมน

2.2 ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถเกิดกระบวนหมักย่อยได้ (insoluble but potentially fermentable fraction, B)

nylon bag method เป็นวิธีการวัดค่าโภชนะ เช่น วัตถุแห้ง อินทรียวัตถุ หรือโปรตีนที่หายไปในชั่วโมงต่างๆ โดยมีหลักการว่า อาหารส่วนที่หายไป คือ ส่วนที่ย่อยสลายได้ (degraded fraction) และส่วนที่เหลืออยู่ในถุง คือ ส่วนที่ไม่ย่อยสลาย (undegraded fraction) ดังนั้นเมื่อนำปริมาณอาหารที่เหลือในถุงหลังจากแช่ไว้ที่ระยะเวลาใดเวลาหนึ่งมาหักลบจากปริมาณเริ่มต้น แล้วคิดเป็นร้อยละของปริมาณอาหารเริ่มต้น จะสามารถคำนวณค่าการย่อยสลาย (%) ที่ชั่วโมงนั้นๆได้

ต่อมา Ørskov and McDonald (1979; อ้างโดย Ørskov and Ryle ,1990) ได้นำค่าการย่อยสลายที่ชั่วโมงต่างๆมาเขียนเป็นรูปกราฟ พบว่าได้เป็นเส้นโค้ง ซึ่งเมื่อนำมาสร้างเป็นสมการ exponential, $P = a + b(1-e^{-ct})$ จะได้ค่าต่างๆดังแสดงในภาพที่ 1 คือ

A = Washing loss หรือส่วนที่ละลายได้ทันที

B = ส่วนที่ไม่ละลายแต่สามารถย่อยสลายได้

A+B = ค่าการย่อยสลายสูงสุด (potential degradability of the material)

P = การย่อยสลายของโภชนะที่เวลา t (percent degradation at time t)

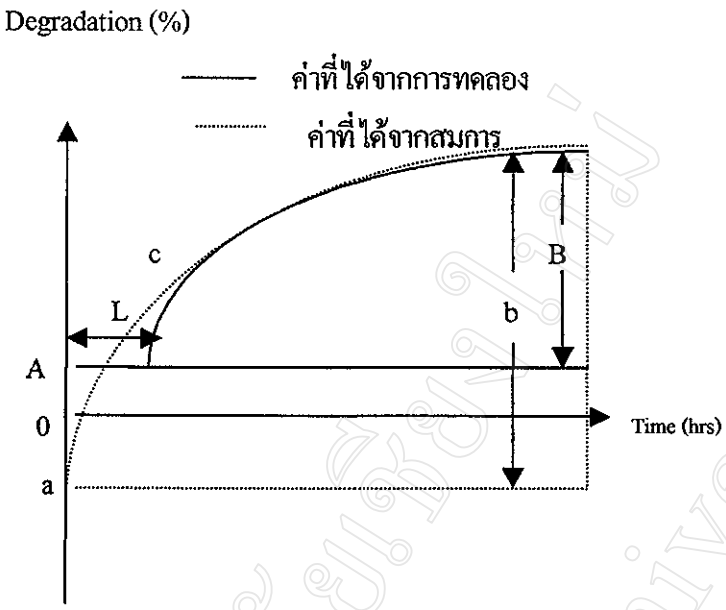
a = ค่าของเส้นกราฟที่ตัดแกน y

b = (A+B) - a

c = อัตราการย่อยสลาย (degradation rate)

e = log ฐาน 10

L = ระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าสัมผัสอาหารและทำการย่อยสลาย (lag phase)



ภาพที่ 1 ค่าการย่อยสลายที่วัดได้จริงและค่าที่ได้จากสมการ exponential

Ørskov *et al.* (1988) ได้ศึกษาการย่อยสลายของฟางข้าวชนิดต่างๆ โดยวิธีถุงไนลอน พบว่า ค่า A, B และ c ที่ได้จากการทดลองมีความสัมพันธ์กับปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (dry matter intake, DMI) ปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (digestible dry matter intake, DDMI) และอัตราการเจริญเติบโต (growth rate)ที่ได้จากการทดลองกับสัตว์โดยตรง มีค่า R^2 เท่ากับ 0.88, 0.96 และ 0.95 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Shem *et al.*(1995) ที่ศึกษาคุณค่าทางโภชนะของพืชเขตร้อนหลายชนิดโดยวิธีถุงไนลอน พบว่า ค่า A, B และ c มีความสัมพันธ์กับปริมาณวัตถุแห้งที่ย่อยได้สูง ($R^2 = 0.93$) นอกจากนี้ Kibon and Ørskov (1993) พบว่าถ้านำค่า L ซึ่งเป็นระยะเวลาที่รอให้จุลินทรีย์เข้าย่อยสลายอาหารมาใช้ในสมการทำนายค่าดังกล่าวด้วย จะทำให้มีค่า R^2 เพิ่มจาก 0.88 เป็น 0.98

การประเมินคุณค่าทางอาหารโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊ส

การศึกษาคุณค่าทางอาหารนอกจากการศึกษาโดยวิธีถุงไนลอนแล้ว ยังมีการศึกษาโดยวิธีวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นจากการบ่มอาหารร่วมกับของเหลวจากกระเพาะรูเมน Menke *et al.*(1979) ได้ทำการศึกษากับอาหารกว่า 200 ชนิด โดยหาการย่อยได้แบบ *in vivo* และวัดค่าพลังงานเมแทบอลิดแล้วหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าดังกล่าวกับปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น พบว่า ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นกับปริมาณอาหารที่ย่อยได้มีความสัมพันธ์กันสูง จึงได้สร้างสมการ regression เพื่อนำปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นไปทำนายค่าการย่อยได้และพลังงาน ต่อมา Menke and Steingass (1988) ได้สร้างสมการ

ทำนายค่าการย่อยได้ของอินทรียวัตถุ (OMD) และพลังงาน (ME, NEL) โดยนำปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น (GP) มาคำนวณร่วมกับปริมาณโปรตีน (XP), ปริมาณเถ้า (XA) และปริมาณไขมัน (XL) ดังนี้

OMD (%)	$= 15.38 + 0.8453GP + 0.0595XP + 0.0675XA$	($R^2 = 0.91$)
ME (MJ/kgDM)	$= 2.20 + 0.1357GP + 0.0057XP + 0.0002859XL^2$	($R^2 = 0.94$)
NEL (MJ/kgDM)	$= 0.54 + 0.0959GP + 0.0038XP + 0.0001733XL^2$	($R^2 = 0.93$)

ต่อมา Blümmel and Ørskov (1993) ศึกษาปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่เวลาต่างๆของพืชอาหารสัตว์ โดยใช้แกะเป็นสัตว์ทดลอง แล้วนำปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นที่เวลาต่างๆมา plot graph แล้วสร้างเป็นสมการ exponential; $P = a + b(1 - e^{-ct})$ เลียนแบบวิธี nylon bag โดย P = ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นเมื่อเวลา t, a = เส้นกราฟที่ตัดแกน y, a + b = ปริมาตรแก๊สทั้งหมดที่เกิดขึ้น และ c = อัตราการเกิดแก๊ส เมื่อนำไปสร้างสมการ regression เพื่อทำนายปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI), ปริมาณวัตถุแห้งย่อยได้ที่สัตว์ได้รับ (DDMI) และอัตราการเจริญเติบโต พบว่า ลักษณะการเกิดแก๊สในรูปของ a และ b มีความสัมพันธ์กับค่าดังกล่าว โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น (R^2) เท่ากับ 0.88, 0.93 และ 0.95 ดังแสดงในสมการ

DMI (kg/day)	$= 1.529 + 0.455a + 0.0324b$	($R^2 = 0.88$)
DDMI (kg/day)	$= -0.933 + 0.301a + 0.0496b$	($R^2 = 0.93$)
Growth rate (g/day)	$= -391 + 112.5a + 6.37b$	($R^2 = 0.95$)

ต่อมา Khazaal *et al.* (1993) ได้ทำการศึกษาหาการย่อยได้ของพืชอาหารสัตว์แห้ง 10 ชนิด ที่ตัดในระยะต่างๆ 3 ระยะ โดยใช้แกะเป็นสัตว์ทดลองเปรียบเทียบกับการย่อยได้ที่วัดด้วยวิธีอื่นอีก 3 วิธี คือ วิธีใช้ถุงไนลอน วิธีวัดปริมาตรแก๊ส และใช้ *in vitro* แบบสองขั้นตอนของ Tilley and Terry (1963) พบว่า ค่าองค์ประกอบทางเคมีและการวัดการย่อยได้แบบ *in vitro* มีสหสัมพันธ์กับค่าการย่อยได้ที่ศึกษาในตัวสัตว์น้อยมาก จึงไม่สามารถสร้างสมการทำนายได้ แต่วิธีใช้ถุงไนลอนและวิธีวัดปริมาตรแก๊สมีสหสัมพันธ์กับปริมาณวัตถุแห้งที่กินได้ (DMI) และการย่อยได้ของวัตถุแห้ง (DMD) ค่อนข้างดี โดยเมื่อนำค่า A, B และ c มาสร้างสมการ regression เพื่อทำนายค่าดังกล่าว ในกรณีของวิธีใช้ถุงไนลอนจะได้ค่า $R^2 = 0.776$ และ 0.895 ตามลำดับ ส่วนการนำค่า a, b และ c มาสร้างสมการทำนายค่าทั้งสองในกรณีของวิธีวัดปริมาตรแก๊ส พบว่า มีค่า $R^2 = 0.630$ และ 0.784 ตามลำดับ ดังสมการ

Nylon bag	**Equation and factors used**	**R^2**
Intake	10.3 + 0.53(A) + 0.70(B) + 199.4(c)	0.776
DMD	-1.2 + 0.52(A) + 1.22(B) –98.1(c)	0.895
Gas technique		
Intake	-47.7 + 4.25(a) + 2.12(b) + 444.5(c)	0.630
DMD	-21.7 + 4.16(a) + 1.52(b) + 268.4(c)	0.784

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University