บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ถั่วเหลือง (Soybean)

ถั่วเหลืองเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง มีถิ่นกำเนิดแถบภาคตะวันออกของทวีปเอเชีย จัดอยู่ใน Family *Leguminoseae* และ *Subfamily Papilionodeae* มีชื่อวิทยาศาสตร์ต่างๆ กันเช่น *Glycine hispida, Soja max, Phaseolus max* เป็นต้น แต่ชื่อที่นิยมใช้กันทั่วไปคือ *Glycine max* ส่วนชื่อสามัญที่เรียกกันต่างๆ กันไปเช่น Soja bean, Soya bean, Chinese pea, Manchurian bean และ soybean (กฤษฎา, 2531)

2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ถั่วเหลืองเป็นพืชล้มลุก (annual) ที่ผสมตัวเอง (self-pollinated crop) ชอบอากาศค่อนข้างร้อน มีลักษณะเป็นพุ่ม มีใบมาก สูงประมาณ 45-120 เซนติเมตร อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 75-150 วัน เกือบทุกสายพันธุ์จะมีแกนลำต้นอย่างเห็นได้ชัด และมีกิ่งแขนงออกมาบริเวณข้อล่างๆ เมื่อมีระยะปลูกที่ห่างหลายๆ พันธุ์จะแสดงลักษณะการออกดอกที่สิ้นสุดในช่วงเวลาอันสั้น ใบสองใบแรกเป็นใบเดี่ยวและใบหลังๆ เป็นแบบสามเส้า ใบย่อยอาจมีรูปร่างและขนาดต่างๆกันแล้วแต่พันธุ์ เมื่อถึงระยะแก่เต็มที่ใบเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง และร่วงก่อนที่ฝักจะแก่เต็มที่ พืชทั้งต้นจะปกคลุมไปด้วยขนอ่อนค่อนข้างแข็ง สีเทา

ดอก จะมีสีขาวหรือสีม่วงมีก้านดอกสั้นๆ งอกออกมาจากข้อของลำต้น

เมล็ด เมล็ดถั่วเหลืองตั้งแต่เก็บเกี่ยวถึงก่อนงอก มีรูปร่างกลมด้านหนึ่งจะเว้าเข้า ซึ่งมีจมูกหรือตา (hilum) ติดอยู่มีขนาดน้ำหนักแตกต่างกันตั้งแต่ 5-45 กรัมต่อ 100 เมล็ด พันธุ์ที่นิยมปลูกเป็นการค้ามากมักมีเมล็ดสีเหลือง แต่พันธุ์อื่นๆ อาจมีสีเขียว

ฝัก หลังจากผสมเกสรแล้วดอกจะร่วง รังไข่ (ovary) จะขยายตัวออกมาเป็นฝัก เปลือกหุ้มรังไข่จะกลายเป็นฝัก (pod) ซึ่งมีฝา 2 ชิ้นประกบกันอยู่เมล็ดเกิดจากไข่ที่ผสมแล้ว เมล็ดที่อยู่ด้านล่างจะเจริญเติบโตก่อน แล้วเมล็ดที่สองและเมล็ดที่สามจึงจะทยอยเติบโตตามลำดับ ในฝักหนึ่งอาจจะมีถึง 5 เมล็ดแต่โดยทั่วไปจะมีเพียง 2-3 เมล็ดเท่านั้น ฝักเล็กตรงหรือโค้งงอเล็กน้อย มีสีต่างๆ ตั้งแต่สีฟางแห้ง เทา น้ำตาล หรือเกือบดำ ในฝักหนึ่งจะมีเมล็ดประมาณ 1-4 เมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อเมล็ดเติบโตเต็มที่ ฝักนอกจะเริ่มจากสีเขียวเป็นสีเหลืองและสีน้ำตาล (หรือสีอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกัน) จากปลายไปหาโคนฝัก ฝักแก่จะแตกง่ายหรือยาก ขึ้นอยู่กับการคัดเลือกพันธุ์และฝักจะเริ่มแก่จากโคนต้นไปหาส่วนยอด

เมื่อถั่วเหลืองแก่ใบจะเริ่มเปลี่ยนจากเขียวเป็นเหลือง และแห้งโดยเริ่มจากโคนต้นไปหาส่วนยอด ในกรณีที่มีน้ำในดินมากใบจะยังเขียวและไม่ร่วงจากต้นตามเวลาที่กำหนด แม้ฝักจะแก่แห้งไปแล้วก็ตาม

2.1.1 พันธุ์ที่ใช้ปลูก

พันธุ์ถั่วเหลืองมีประมาณ 100 สายพันธุ์ ซึ่งปลูกเป็นการค้าอยู่ในเขตอบอุ่น มีอายุการเก็บเกี่ยวตั้งแต่ 75 – 150 วัน การเลือกพันธุ์ก็ต้องคำนึงถึงระยะช่วงกลางวันยาว เพื่อการเจริญเติบโตของต้น และช่วงกลางวันสั้นเพื่อให้พืชผลผลิตดอกจนถึงเก็บเกี่ยว มีหลายพันธุ์ที่เหมาะ จะปลูกในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อนแต่ก็ควรมีโครงการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อให้เหมาะกับท้องที่เหล่านี้ พันธุ์ที่แนะนำให้เกษตรกรในประเทศไทยซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามลักษณะอายุการเก็บเกี่ยว คือ พันธุ์ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น เช่น พันธุ์นครสวรรค์ 1 และเชียงใหม่ 2 พันธุ์มีอายุเก็บเกี่ยวปานกลาง เช่น ชม. 60 สจ. 4, สจ. 5, เชียงใหม่ 60, สุโขทัย 2 และเชียงใหม่ 2

2.1.2 การปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม

ถั่วเหลืองต้องการสภาพแวดล้อมคล้ายข้าวโพด ต้องการความชื้นพอสมควรเพื่อการงอกที่รวดเร็วและสามารถจะทนแล้งในช่วงเวลาสั้นๆ ระหว่างฤดูปลูก โดยทั่วไปถั่วเหลืองไม่ชอบสภาพที่มีอุณหภูมิสูงและมีปริมาณน้ำฝนน้อยซึ่งทำให้ผลผลิตและปริมาณน้ำมันในเมล็ดตลอดจนคุณภาพของน้ำมันลดลง ถั่วเหลืองขึ้นได้ดีในสภาพฝนตกชุกแต่ต้องไม่มีน้ำขังหรือเปียกแฉะ ในช่วงของการปลูกอุณหภูมิของดินควรสูงเกิน 15 องศาเซลเซียส และดินต้องชื้น อุณหภูมิประมาณ 20-25 องศาเซลเซียสเป็นอุณหภูมิที่เหมาะในการปลูกถั่วเหลือง

ปกติถั่วเหลืองขึ้นได้บนดินเกือบทุกประเภทที่มีการระบายน้ำ แต่จะให้ผลผลิตดีในดินร่วนซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์สูง ไม่ไวต่อความเป็นกรดของดินเหมือนพืชตระกูลอื่น ๆ แต่มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคลุกเชื้อแบคทีเรียก่อนปลูก เพื่อให้มีไนโตรเจนพอเพียงกับความต้องการของพืช นอกเสียจากว่าแปลงปลูกจะมีการปลูกถั่วเหลืองมาก่อน และให้ผลผลิตได้ในระดับดี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย

เนื้อที่เก็บเกี่ยวถั่วเหลืองของโลกรวมทั้งสิ้น ประมาณ 422.34 ล้านไร่ ได้ผลผลิตเมล็ดถั่วเหลือง 147.03 ล้านตัน ประเทศที่เป็นผู้ผลิตรายใหญ่คือ 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 ผลผลิตตลอดจนประมาณการของผลพลอยได้จากการปลูกถั่วเหลืองของบางประเทศ ในทวีปเอเชีย แสดงในตาราง 1

ตาราง 1 เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลพลอยได้จากการปลูกถั่วเหลืองของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญในทวีปเอเชีย พ.ศ.2540

ประเทศ	เนื้อที่เก็บเกี่ยว[1] (1,000 ไร่)	ผลผลิต[1] (1,000 ตัน)	ผลพลอยได้[2] (1,000 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
อื่นๆ	3,444	795	552	275

ที่มา : [1] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2542)

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

2.3 สถานการณ์ถั่วเหลืองในประเทศไทย

พื้นที่เพาะปลูกถั่วเหลืองในประเทศไทย ในปีเพาะปลูก 2543/2544 เพิ่มจากปีเพาะปลูก 2542/2543 จาก 1,451 ไร่ เพิ่มเป็น 1,461 ไร่ ทำให้ผลผลิตทั้งประเทศเพิ่มขึ้นเช่นกัน คือจาก 319 พันตัน ในปีเพาะปลูก 2542/2543 เพิ่มเป็น 324 พันตัน ในปีเพาะปลูก 2543/2544 และผลผลิตต่อไร่ในปีเพาะปลูก 2543/2544 และผลผลิตต่อไร่ในปีเพาะปลูก 2543/2544 ก็เพิ่มขึ้นเป็น 230

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กิโลกรัมต่อไร่ ดังตาราง 2 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากถั่วเหลืองยังคงเป็นที่ต้องการของตลาด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2544)

ตาราง 2 พื้นที่ปลูกถั่วเหลือง ผลผลิต และผลผลิตเฉลี่ยไร่ทั้งประเทศปีเพาะปลูก 2540/2541 – 2543/2544

ปี	พื้นที่เพาะปลูก (พันไร่)	ผลผลิต (พันตัน)	ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ (กก.)
2540 / 2541	1,548	338	229
2541 / 2542	1,467	321	234
2542 / 2543	1,451	319	227
2543 / 2544	1,461	324	230

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544)

แหล่งเพาะปลูกถั่วเหลืองมากที่สุดคือภาคเหนือ โดยเฉพาะในปีเพาะปลูก 2543/2544 ภาคเหนือมีเนื้อที่เพาะปลูกถั่วเหลืองถึง 1,017,258 ไร่ รองลงมา คือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง มีเนื้อที่เพาะปลูก 253,003 และ 190,833 ไร่ ตามลำดับ ส่วนด้านผลผลิตก็เช่นกัน ภาคเหนือมีผลผลิตถั่วเหลืองมากที่สุด รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลาง โดยมีผลผลิต 217,965 ตัน 54,829 ตัน และ 51,263 ตัน ตามลำดับ ดังตาราง 3

ตาราง 3 เนื้อที่ปลูกถั่วเหลืองและผลผลิตเป็นรายภาคปีเพาะปลูก 2541/2542 – 2543/2544

ภาค	เนื้อที่เพาะปลูก (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)		
	2541/2542	2542/2543	2543/2544	2541/2542	2542/2543	2543/2544
เหนือ	1,037,974	1,009,714	1,017,258	216,067	214,311	217,965
ตะวันออกเฉียงเหนือ	245,950	251,834	253,003	52,673	54,007	54,829
กลาง	183,536	189,690	190,833	52,495	50,697	51,263
รวมทั้งประเทศ	1,467,460	1,451,238	1,461,094	321,235	319,235	324,057

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544)

จังหวัดที่มีการเพาะปลูกถั่วเหลืองมาก ได้แก่ สุโขทัย กำแพงเพชร ตาก เชียงใหม่ สระแก้ว แพร่ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ ขอนแก่น ชัยภูมิ ดังตาราง 4

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 4 เนื้อที่เพาะปลูก และผลผลิต 10 จังหวัด ที่มีการปลูกถั่วเหลืองมากใน ปีเพาะปลูก 2543/2544

จังหวัด	เนื้อที่เพาะปลูก	ผลผลิต (ตัน)
สุโขทัย	169,164	32,023
กำแพงเพชร	146,074	31,083
ตาก	129,499	26,264
เชียงใหม่	100,003	24,759
สระแก้ว	88,665	22,876
แพร่	83,816	15,757
อุตรดิตถ์	79,591	17,750
พิษณุโลก	72,389	14,802
ขอนแก่น	72,870	15,609
ชัยภูมิ	63,570	13,342

ที่มา : สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2544)

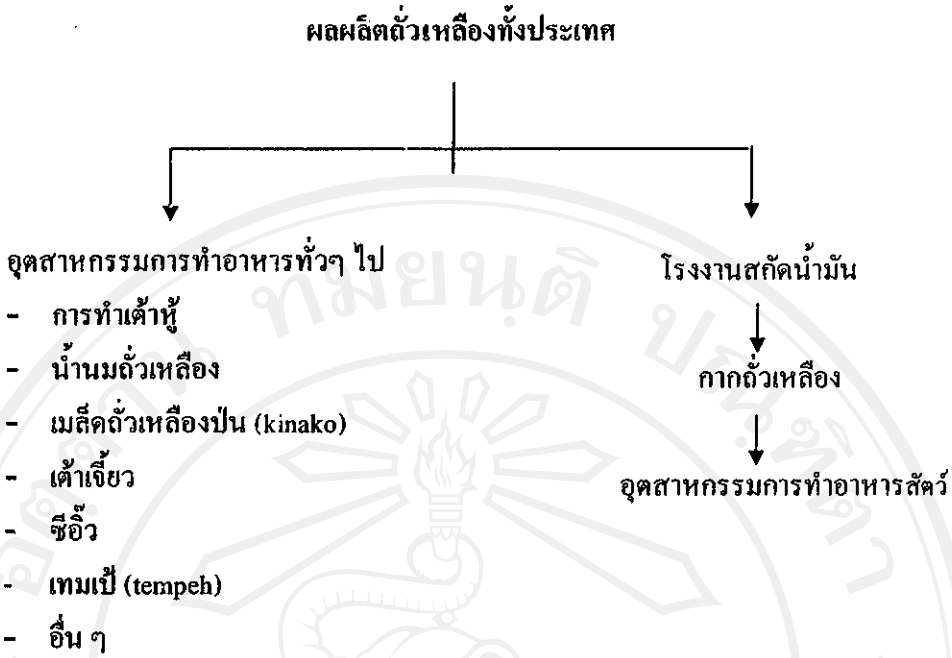
ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง 100 กิโลกรัม จะเหลือเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง ประมาณ 8 กิโลกรัม หรือเท่ากับ 8 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการผลิต จากปริมาณผลผลิตถั่วเหลืองทั้งประเทศในปี 2544 อาจจะคำนวณเป็นปริมาณเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองได้ประมาณ 25.92 พันตัน/ปี ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ได้เป็นอย่างดี ถั่วเหลืองที่ผลิตได้ในประเทศไทยถูกนำไปใช้ในโรงงาน สกัดน้ำมันพืช 50 เปอร์เซ็นต์ของผลผลิตและอีก 50 เปอร์เซ็นต์ จะใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทำอาหารทั่วๆ ไป

โดยทั่วไปเราสามารถได้ผลผลิตเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมา 2 วิธี คือ

1. อุตสาหกรรมการทำอาหารทั่วไป เช่นการทำเต้าหู้ น้ำนมถั่วเหลือง เมล็ดถั่วเหลืองป่น (kinako) เต้าเจี้ยว เทมเป้ (tempeh) และอื่นๆเป็นต้น ซึ่งพบว่าจำนวนโรงงานที่รับกะเทาะเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในจังหวัดเชียงใหม่ ที่เป็นแหล่งของถั่วเหลืองมีทั้งหมด 6 โรงงาน ได้แก่ อำเภอเมือง 3 โรงงาน อำเภอดอยสะเก็ด 2 โรงงาน อำเภอสันทราย 1 โรงงาน (สุกัญญา, 2546) หรือโรงงานผลิตน้ำนมถั่วเหลือง เช่นไวตามิลค์ และแลคตาซอยเป็นต้น

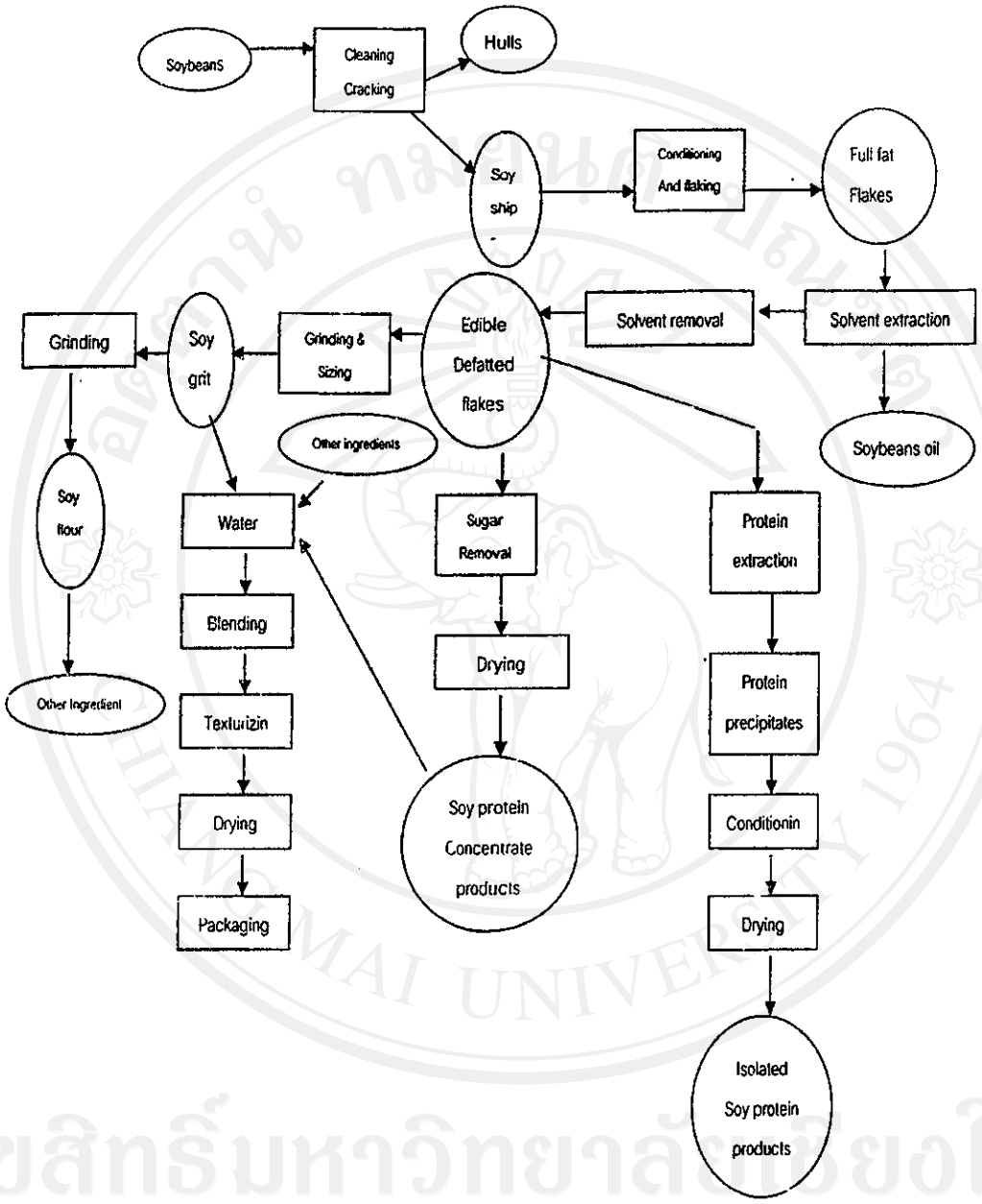
2. โรงงานสกัดน้ำมัน กระบวนการสกัดน้ำมันถั่วเหลืองในประเทศไทย มีบางโรงงานทำการแยกเอาเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองออกจากกากถั่วเหลืองเพื่อให้โปรตีนในกากถั่วเหลืองเพิ่มสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 การใช้ประโยชน์ของถั่วเหลืองในประเทศไทย

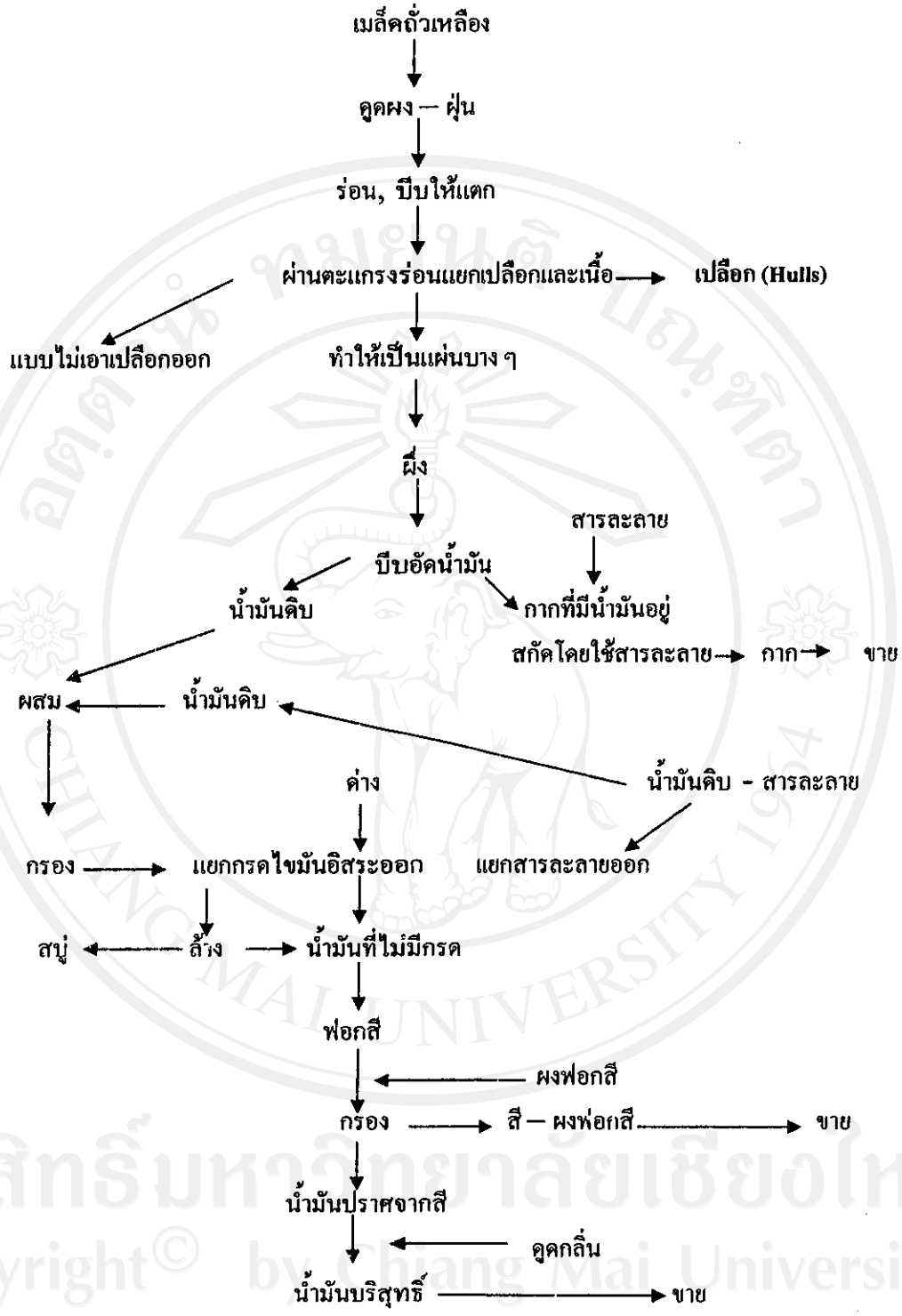
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 2 : ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง

ที่มา : ดัดแปลงจากพันทิพา (2539)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 3 แสดงกระบวนการผลิตของโรงงานสกัดน้ำมันพืช (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 คุณค่าทางโภชนะของเมล็ดถั่วเหลือง

เมล็ดถั่วเหลืองประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน และเยื่อใย โดยประมาณคือ 36.7, 18.8 และ 5.2 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (NRC, 1988) ในส่วนของโปรตีนสามารถแบ่งแยกส่วนประกอบได้เป็นโปรตีนชนิดต่าง ๆ คือ โกลบูลิน (Globulin) อัลบูมิน (Albumin) ซึ่งเป็นพวก เมตาบอลิก แอคทีฟ (Metabolic active) ส่วนอีกสองชนิดคือ กลูเตลิน (Glutelin) และ โพรลามิน (Prolamine) เป็นพวก เมตาบอลิก อินแอคทีฟ (Metabolic inactive) (Wolf and Cowan, 1971; Mounts *et al.*, 1987) ในเมล็ดถั่วเหลืองดิบมีสารขัดขวางการใช้ประโยชน์อาหารหรือสารขัดขวางโภชนะ (Antinutritional substances) หลายชนิดด้วยกัน ซึ่งได้แก่ สารยับยั้งทริปซิน (Trypsin inhibitor) ไปขัดขวางการย่อยโปรตีนในทางเดินอาหารทำให้การย่อยได้ของโปรตีนลดลง ฮีมแมกกลูตินิน (Heamaglutinins) ไปจับตัวกับเม็ดเลือด ทำให้ความสามารถในการพาสารอาหารไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายลดลง ซาโปนิน (Saponins) มีผลทำให้เม็ดเลือดแดงสลายตัว และ สารชักนำให้เกิดโรคคอหอยพอก (Goitrogenic factor) ไปขัดขวางการทำงานของต่อมไทรอยด์ และเหนี่ยวนำให้เกิดโรคคอหอยพอก เป็นต้น (Yen *et al.*, 1977; Turner and Liener, 1975; Liener, 1980)

2.5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง

เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นผลพลอยได้จากการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากถั่วเหลือง องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองโดยส่วนใหญ่มีคุณค่าทางโภชนะโดยเฉลี่ยที่ประกอบด้วยวัตถุแห้ง เถ้า โปรตีนรวม เยื่อใยรวม ไขมัน เยื่อใยที่ละลายในกรด และเยื่อใยที่ละลายในด่าง เท่ากับ 90.95, 4.40, 11.60, 42.00, 3.90, 50.50 และ 69.30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Mikled *et al.*, 1987; Belyea *et al.*, 1988; Zervas *et al.*, 1998) ดังตาราง 5 และพบว่ากากถั่วเหลือง เมื่อทำการแยกเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง ออกจากกากถั่วเหลืองทำให้โปรตีนรวมสูงขึ้น จาก 49.9 เปอร์เซ็นต์เป็น 56.70 เปอร์เซ็นต์ ตามตาราง 6

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 5 องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง (ร้อยละของวัตถุแห้ง)

Nutrients	แหล่งข้อมูล			
	Mikled *et al.* (1987)	Belyea *et al.* (1988)	Zervas *et al.* (1998)	Average
Dry matter (DM)	NA	NA	90.90	90.95
Crude Protein (CP)	11.10	11.80	12.20	11.60
Crude Fiber (CF)	42.30	NA	NA	42.00
Ether extract (EE)	1.45	NA	3.90	3.90
Neutral detergent fiber (NDF)	NA	72.50	66.10	69.30
Acid detergent fiber (ADF)	NA	52.80	47.30	50.50
Ash	5.00	3.70	4.50	4.40

หมายเหตุ : NA = data not available

ตาราง 6 องค์ประกอบทางโภชนะของกากถั่วเหลืองและเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง

	As % of dry matter					
	DM	CP	CF	Ash	EE	NEF
Oil meal with hulls, solvent extracted, Israel	89.2	49.9	5.0	6.3	0.7	38.1
Oil meal without hulls, solvent extracted, USA	89.8	56.7	3.1	6.2	0.9	33.1

ที่มา : Gohl (1981)

2.6 การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นอาหารสุกร

เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหารที่มีเยื่อใยสูง ซึ่งเยื่อใยเป็นองค์ประกอบส่วนหนึ่งของคาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch carbohydrate, NSC) ซึ่งหมายรวมถึงโอลิโกแซ็กคาไรด์และพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง (non-starch polysaccharide, NSP) คาร์โบไฮเดรตประเภทนี้ไม่สามารถถูกย่อยด้วยเอนไซม์ของสัตว์กระเพาะเดี่ยว แต่จุลินทรีย์ในไส้ติ่งและลำไส้ใหญ่ของสุกรสามารถย่อยให้เป็นกรดไขมันระเหยได้ (volatile fatty acids, VFA) และดูดซึมนำไปใช้เป็นพลังงานได้ถึง 50% ของพลังงานที่กินเข้าไป แต่ในไก่ การย่อยโดยจุลินทรีย์และการนำไปใช้ประโยชน์มีน้อยเพียง 2-3% เท่านั้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คาร์โบไฮเดรตประเภท NSP อาจแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. เซลลูโลส (cellulose) มีคุณสมบัติ ไม่ละลายในน้ำ ในด่าง หรือในกรดอ่อน

2. พอลิเมอร์ที่ไม่ใช่เซลลูโลส (non-cellulosic polymers) ได้แก่ อะราบิโนไซแลน เบต้ากลูแคน (β -glucan) และฟรักแทน (fructan) เป็นต้น จับกันด้วยพันธะแบบต่าง ๆ ละลายในน้ำได้บ้าง

3. เพคติน ละลายน้ำได้บ้าง

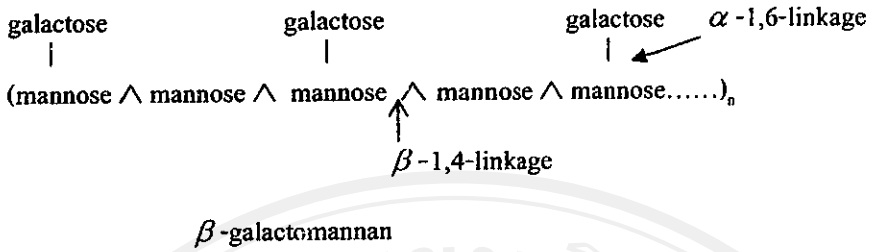
จากการที่ NSP แต่ละประเภทมีสูตรโครงสร้างและการละลายได้ที่ต่างกัน จึงมีการย่อยได้ต่างกันด้วย โดยทั่วไป NSP ที่ละลายได้จะมีการย่อยได้มากกว่าพวกที่ไม่ละลาย ในสุกรการย่อยได้ของ NSP ที่ละลายได้มีสูงมาก ในขณะที่พวกไม่ละลาย เช่น เซลลูโลส มีประมาณ 34 – 60% แต่ในไก่การย่อยได้จะต่ำกว่านี้

สูตรโครงสร้างของ NSP และชนิดของวัตถุดิบก็มีผลต่อการย่อยได้เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น อะลาบิโนไซแลน (arabinoxylan) ซึ่งเป็น NSP หลักในข้าวสาลี มีทั้งส่วนที่ละลายน้ำได้และส่วนที่ไม่ละลายน้ำขึ้นอยู่กับตำแหน่งของสารนี้ที่อยู่ในเมล็ดข้าว ส่วนที่ละลายได้มักมีคุณสมบัติในการอุ้มน้ำ พองตัวเป็นวุ้นทำให้เกิดความหนืด (viscosity) ในทางเดินอาหาร ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของเอนไซม์จากตัวสัตว์ จึงทำให้การย่อยได้ลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในไก่เล็ก

ด้วยเหตุนี้จึงมีการผลิตเอนไซม์เป็นการค้าเรียกรวมๆ ว่าเอ็นเอสพีเอนไซม์ (NSP enzyme) เพื่อช่วยย่อย ทำให้สามารถใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น ซึ่งเอ็นไซม์นี้มีทั้งที่เฉพาะเจาะจงเป็นรายชนิด เช่น ไซลาเนส (xylanase) กลูคาเนส (glucanase) แมนนาเนส (mannanase) กาแล็กโทซิเดส (galactosidase) ซึ่งจะทำหน้าที่ย่อยพอลิแซ็กคาไรด์เฉพาะชนิดนั้นๆ หรือเป็นแบบรวมหลายชนิด (cocktail) ก็ได้ เอนไซม์เหล่านี้มักผลิตจากจุลินทรีย์ เพราะจุลินทรีย์สามารถย่อยผนังเซลล์พืชได้ดี ยกตัวอย่างเช่น เอนไซม์เบต้าแมนนาเนส (β -mannanase) ผลิตจากจุลินทรีย์ Bacillus lentus

ทำหน้าที่ย่อย β -mannan ซึ่งมีมากในกากปาล์ม กากมะพร้าว กากงา และกากถั่วเหลือง β - mannan ประกอบด้วยน้ำตาลแมนโนสหลายโมเลกุลจับกันด้วยพันธะแบบเบต้า-1,4- และยังจับกับกาแล็กโทสด้วยพันธะแบบ α -1,6- ด้วย ดังนั้นจึงอาจเรียกชื่อพอลิแซ็กคาไรด์ชนิดนี้ว่า β -galactomannan ถ้าจับกับกลูโคสก็เรียกว่า เบต้ากลูโคแมนแนน ร่างกายของสัตว์กระเพาะเดี่ยวไม่มีเอนไซม์ย่อยพันธะเหล่านี้ ดังนั้นการเสริมเอนไซม์ β -mannanase ลงไปจะช่วยให้น้ำตาลดังกล่าวสามารถถูกย่อยและใช้ประโยชน์ได้ดีขึ้น ดังภาพ 4 นอกจากนี้เอนไซม์ที่ผลิตเป็นการค้ายังอาจมีเอนไซม์ชนิดอื่นรวมอยู่ด้วย จึงทำให้การย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ดีขึ้น เป็นเหตุให้สัตว์มีสมรรถภาพการผลิตดีขึ้น มีสุขภาพดี และช่วยลดปัญหาด้านมลภาวะด้วย (บุญล้อม, 2546)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 4 การเสริมเอนไซม์ β-mannanase ลงไปจะช่วยให้น้ำตาลสามารถถูกย่อยและใช้ประโยชน์ได้ดี (บุญล้อม; 2546)

เยื่อใย ประกอบด้วยส่วนที่เป็นโครงสร้างของพืชได้แก่ เซลลูโลส (Cellulose) เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) และส่วนประกอบอื่นๆ เช่น โพลีแซคคาไรด์ (Polysaccharide) ลิกนิน (Lignin) กัม (Gum) และมิวซิเลจ (Mucilage) (Englyst, 1989; Potkins *et al.*, 1991) ซึ่งพืชแต่ละชนิดมีส่วนประกอบของเยื่อใยแตกต่างกันและเอนไซม์จากสัตว์กระเพาะเดี่ยวก็ไม่สามารถย่อยได้ เช่น เซลลูโลส ไม่มีผลต่อการย่อยของโปรตีนหรือกรดอะมิโนสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก แต่ลิกนิน จะลดการย่อยได้จาก 71.4 ลดลงเหลือ 67.3 เปอร์เซ็นต์ (Den Hartog *et al.*, 1988)

กล่าวโดยทั่วไปเยื่อใยในสูตรอาหารนั้นมีผลลดการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโน เมื่อทำการศึกษาการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก และทั้งระบบทางเดินอาหาร (Kass *et al.*, 1980; Just *et al.*, 1983; Den Hartog *et al.*, 1988) ซึ่งกลไกการทำงานที่แท้จริงยังไม่เป็นที่ทราบแน่นอน

ทั้งนี้ เยื่อใย ที่ประกอบในสูตรอาหารมีปริมาณสูงขึ้น จะมีผลทำให้การเคลื่อนตัวของอาหารเร็วขึ้น โอกาสที่น้ำย่อยจะย่อยได้จึงลดลง (Just *et al.*, 1983) สอดคล้องกับ รายงานของ Kass *et al.*, (1980) ที่ได้ทำการศึกษาในสุกรที่ได้รับเยื่อใยจาก อัลฟัลฟ่า (Alfalfa) พบว่า จะเพิ่มอัตราการเคลื่อนตัวอาหาร ส่งผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนลดลง ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากเยื่อใยไปรบกวนการย่อยและดูดซึมโปรตีนหรือกรดอะมิโน เช่น Methyl-cellulose จะทำให้เกิดขบวนการ gel-foaming polysaccharide ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถเข้าไปย่อยโปรตีนได้ อย่างไรก็ตาม ขบวนการดังกล่าวไม่มีผลต่อการดูดซึมไลซีนอิสระแต่อย่างใด (Murray *et al.*, 1977) นอกจากนี้ลิกนินอาจไปขัดขวางการดูดซึมกรดอะมิโนหรือเปปไทด์ (Mitaru *et al.*, 1984) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก ลิกนิน สามารถจับกับกรดอะมิโนได้ดี จึงส่งผลให้ไม่สามารถดูดซึมผ่านผนังลำไส้เล็กได้ (Shah *et al.*, *1982*)

เยื่อใยอาจจะไปขัดขวางการทำงานของเอ็นไซม์ที่ย่อยโปรตีน (Proteolytic enzyme) ได้จากการศึกษาในห้องทดลอง (*In vitro*) เอ็นไซม์ทริปซิน และไคโมทริปซิน สามารถจับกับ เยื่อใยได้ดี จึงอาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการย่อยอาหารลดลง (Schreeman, 1978)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นอกจากนี้ บริเวณลำไส้ใหญ่เยื่อใยมีความสามารถในการกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ ซึ่ง Mosenthin and Henhel (1978) อ้างโดย Mosenthin *et al.*, (1992)ได้ศึกษา โดยให้สุกรได้รับฟางข้าวบดในสูตรอาหาร (Straw meal) 12 เปอร์เซ็นต์ และ เพคติน 8 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีการขับไนโตรเจนออกทางปัสสาวะลดลง แต่จะพบไนโตรเจนในมูลมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไนโตรเจนที่จะต้องถูกขับออกทางปัสสาวะนั้นจุลินทรีย์ได้นำกลับมาใช้ในการสังเคราะห์โปรตีนของจุลินทรีย์ทำให้มีการเพิ่มจำนวนของจุลินทรีย์สูงขึ้นในลำไส้ใหญ่ของสุกร และสุกรสามารถใช้ประโยชน์จาก NSP ได้จากจุลินทรีย์ในลำไส้ใหญ่ หลังจากจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยแล้วนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ส่วนหนึ่งในรูปพลังงาน และถือได้ว่า เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองสามารถใช้แทนรำละเอียดเพื่อเป็นแหล่งพลังงานได้แต่ต้องมีการเสริมไขมันในอาหารด้วย เพื่อปรับระดับพลังงานในอาหารให้เพียงพอ การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองเป็นวัตถุดิบอาหาร เพื่อลดกลิ่นมูลสุกรก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ซึ่งในสัตว์กระเพาะเดี่ยวโดยเฉพาะสุกร NSP มีความสำคัญมากในการลดกลิ่นของมูลสุกร

การย่อยคาร์โบไฮเดรตจะเริ่มต้นที่ปากโดยมีเอนไซม์ amylase เป็นเอนไซม์ในการย่อยแต่การย่อยที่ปากนั้นยังไม่สมบูรณ์ เมื่ออาหารจากปากถูกกลืนลงไปในกระเพาะอาหาร การย่อยคาร์โบไฮเดรตด้วย amylase จากน้ำลายก็จะสิ้นสุดลง และแป้งที่เหลือจะถูกย่อยที่ลำไส้เล็กต่อด้วยเอนไซม์ amylase ในน้ำย่อยที่หลั่งจากตับอ่อน โดยคาร์โบไฮเดรตจะถูกย่อยสิ้นสุดลงที่ลำไส้เล็ก ส่วนคาร์โบไฮเดรตที่ย่อยไม่ได้จะเหลือไว้เป็นกากอาหารในลำไส้ใหญ่เพื่อขับออกเป็นมูล

จากการทดลองของ Wang *et al* (2002) ที่ได้ทำการศึกษาหาค่าการย่อยได้ของแป้ง และเยื่อใย ซึ่งใช้วัตถุดิบอาหาร 4 ชนิด คือ มันฝรั่งดิบ (raw potato starch; P), หัวชูการ์บีท (sugar beet pulp; S), ข้าว (cook rice; C) และรำข้าวสาลี (wheat bran ; W) โดยมี C เป็นอาหารฐาน ได้ทำการเปรียบเทียบการย่อยได้ทั้งแบบ ileal และ total tract digestibility โดยทำการผ่าตัดใส่ท่อแบบ simple T – cannulation พบว่า W และ S จะมีส่วนประกอบของ Insoluble – NSP มาก คือมีส่วนของ NSP ที่ย่อยได้ยากสูง ในการย่อยของ NSP จากแหล่งอาหารนี้พบว่า P และ C จะถูกย่อยได้ดีที่สุดที่ลำไส้เล็ก โดยเฉพาะ P ที่เป็นส่วนของแป้งส่วนการย่อยได้ที่คิดจากมูลจะสูง โดยเฉพาะ W จะมีค่าการย่อยได้ที่มูลสูงกว่า ซึ่งจะพบว่าการย่อยแป้งจะสมบูรณ์ที่สุดที่ลำไส้ใหญ่ เนื่องจากจะมีจุลินทรีย์ช่วยในการย่อย และในร่างกายสุกรสามารถดูดซึมกลับไปใช้ประโยชน์ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า วัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มี NSP มากคือ (wheat bran ; W) ซึ่งเหมาะที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภท NSP ในการที่จะลดกลิ่นในมูลสุกรและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้และกำลังเป็นที่นิยมในการแก้ปัญหาเรื่องกลิ่นของเสียภายในฟาร์มสุกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Decamp *et al.,* (2000) ได้ศึกษาการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรเล็ก โดยใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง 10-15 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหาร พบว่าสุกรที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในช่วง 1 – 3 สัปดาห์แรก มีอัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain; ADG) และปริมาณอาหารที่กินได้ต่อวัน (Average daily feed intake ; ADFI) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P < 0.01$) แต่หลังจากช่วง 1 – 3 สัปดาห์ไปแล้วพบว่ามี ADG ลดลง แต่ ADFI เพิ่มขึ้น ส่วน gain : feed พบว่า สุกรที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง เมื่อคิดรวมตลอดการทดลอง มีค่า gain : feed น้อยกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งไม่ได้เสริมด้วยเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง

Bowers *et al.,* (2000) ได้ทำการศึกษา การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 0, 3, 6, 9, 9+ fat ในอาหารสุกรรุ่น ดังตาราง 7 พบว่า ในช่วง 0 – 4 สัปดาห์ การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ทำให้สุกรมี อัตราการเจริญเติบโต (Average daily gain ; ADG) และปริมาณอาหารที่กินได้ต่อวัน (Average daily feed intake ; ADFI) ดีที่สุด ถ้าหากเพิ่มระดับให้สูงกว่านี้จะทำให้ ADG และ ADFI ลดลง แต่เมื่อใช้ เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง 9 เปอร์เซ็นต์ + ไขมัน จะทำให้ ADG และ ADFI ดีขึ้นและมี gain : feed ลดลงกว่าการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในช่วง 4 – 8 สัปดาห์ พบว่า ADG และ ADFI ของทุกกลุ่มทดลอง ลดลง แต่ gain : feed ของทุกกลุ่มทดลองดีขึ้น อย่างไรก็ตาม เมื่อคิดรวมตลอดทั้งการทดลอง พบว่า การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ก็ยังทำให้สุกรมี ADG และ ADFI ดีที่สุด รวมทั้งน้ำหนักตัวเมื่อสิ้นสุดการทดลองดีที่สุดด้วย ดังนั้น การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารสุกรควรใช้ที่ระดับ 3 เปอร์เซ็นต์ จะช่วยพัฒนาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตของสุกรได้ หากต้องการใช้ในระดับที่มากกว่า 3 เปอร์เซ็นต์ก็ควรจะเสริมแหล่งพลังงานลงไปด้วย ในปริมาณที่เพียงพอต่อความต้องการของสุกร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 7 ผลการเพิ่มเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารสุกร

	% Soybean hulls				
	0	3	6	9	9+fat
Initial BW, lb	156.4	156.4	156.2	156.1	156.1
Weeks 0-4 (Period 1)					
ADG, lb/d	2.05	2.19	1.85	1.92	2.14
ADFI, lb/d	6.35	6.79	6.00	6.34	6.44
Gain :Feed	0.310	0.326	0.310	0.306	0.337
Week 4-8 (Period 2)					
ADG, lb/d	2.02	1.98	1.93	1.90	1.97
ADFI, lb/d	7.26	7.31	7.15	7.53	7.21
Gain :Feed	0.279	0.274	0.271	0.252	0.275
Overall					
ADG, lb/d	2.03	2.08	1.89	1.91	2.05
ADFI, lb/d	6.91	7.04	6.57	6.94	6.82
Gain :Feed	0.294	0.295	0.288	0.276	0.302
Final Wt.	270.1	273.1	260.9	263.2	271.0

ที่มา : ดัดแปลงจาก Bowers *et al.*, (2000)

จากการทดลองของ Sam *et al.*, (2001) พบว่าสุกรรุ่นที่ได้รับ HS (Hydrogen Sulfide) จะมีความหนาของไขมันสันหลัง (back fat) ที่ดีกว่าทุกกลุ่ม และมีผลต่อเพศด้วย ในสุกรเพศผู้จะมี back fat เพิ่มขึ้น ($P<0.01$) ไม่แตกต่างกันเมื่อวัด loin depth การเพิ่ม Soybean hulls 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหารฐาน (มีข้าวโพด + กากถั่วเหลืองเป็นฐาน) ไม่มีผลกระทบต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกร แต่อาจจะส่งผลในการเพิ่ม back fat เนื่องจากต้องมีการเสริมไขมันลงไป ดังตาราง 8

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 8 การเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ซาก

	Control		Control + Soybean hulls		CV	Probability (P<0.01)		
	Barrows	Gilts	Barrows	Gilts		Trt	Sex	Trt x Sex
Initial	0.618	0.504	0.591	0.472	22.43	0.13	0.001	0.91
Ending	0.759	0.594	0.843	0.642	19.45	0.004	0.001	0.45
Change	0.136	0.093	0.240	0.170	77.2	0.001	0.006	0.51
Adjusted BF*	0.654	0.504	0.673	0.567	19.7	0.006	0.001	0.27
Initial	1.669	1.756	1.717	1.760	9.63	0.32	0.02	0.46
Ending	2.165	2.201	2.213	2.197	9.24	0.24	0.76	0.89
Change	0.496	0.402	0.492	0.433	44.44	0.66	0.02	0.62

* Adjust 10^{th} rib back fat depth to 250 using the NSIF, (1996) equation

ที่มา : Sam *et al.*, (2001)

อุทัย และคณะ (2546) ได้ศึกษาการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทดแทนรำละเอียดในอาหารแม่สุกรอุ้มท้อง โดยใช้แม่สุกรลูกผสม (Large White x Landrace) ในลำดับครอกที่ 2, 3 และ 4 จำนวน 100 ตัว สุกรแต่ละตัวเลี้ยงในคอกอุ้มท้องขังเดี่ยว แบ่งสุกรออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 50 ตัว แล้วทำการสุ่มให้แม่สุกรแต่ละกลุ่มกินอาหารทดลอง ดังนี้คือ

อาหารสูตรที่ 1 : อาหารปลายข้าว + กากถั่วเหลืองกะเทาะเปลือก + ปลาป่นและใช้รำละเอียด 25%

อาหารสูตรที่ 2 : อาหารสูตรที่ 1 แต่ใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง ทดแทนรำละเอียดให้ ลูกสุกร แม่สุกรจะกินอาหารเปลือกถั่วเหลือง และอาหารรำละเอียดให้ลูกสุกรที่มีน้ำหนักแรกคลอดเท่ากัน แต่แม่สุกรที่กินอาหารเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองช่วงอุ้มท้อง จะให้น้ำหนักลูกสุกรเมื่อหย่านมและจำนวนลูกสุกรเมื่อหย่านมสูงกว่าแม่สุกรที่กินสูตรอาหารรำละเอียด ทั้งนี้เพราะแม่สุกรกินอาหารเปลือกถั่วเหลืองช่วงอุ้มท้องจะมีแนวโน้มว่ามีปริมาณการกินอาหารมากกว่าในช่วงเลี้ยงลูก จึงสรุปได้ว่าเปลือกถั่วเหลืองสามารถใช้ทดแทนรำละเอียดหรือใช้ในอาหารแม่สุกรอุ้มท้องได้ดี และมีแนวโน้มจะดีกว่าการใช้รำละเอียด

Bach *et al* (1996) ได้ศึกษาถึงการเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในแกะ ทำให้เกิดการหมักย่อยเยื่อใยได้พลังงานเร็วขึ้นซึ่งอาจจะดีกว่าการเสริมแป้ง (หรือข้าวโพด) ในอาหารพวกหญ้าสดซึ่งการแตกตัวของโปรตีนจะมีปริมาณมาก จากการเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองจะส่งผลมากในการลด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

bacterial nitrogen ที่ได้จากโปรตีนจากพืช และกระบวนการหมักย่อยสุดท้ายจะมีอัตราส่วนของ acetate : propionate ในระดับสูง

Zervas *et al* (1998) ได้ศึกษาถึงการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารของแกะ ซึ่งแบ่งอาหารเป็น 3 treatments โดยใช้หญ้าแห้ง 400 กรัม ซึ่งมีข้าวโพด 60 เปอร์เซ็นต์เป็นกลุ่มควบคุม (control : C) กลุ่มที่ 2 ใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลือง 60 เปอร์เซ็นต์ (soybean hulls : SH) กลุ่มที่ 3 ใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองร่วมกับน้ำมันถั่วเหลือง 5 เปอร์เซ็นต์ (soybean hulls + soybean oil : SHF) ซึ่งการย่อยได้ของวัตถุแห้งและอินทรีย์วัตถุ ไม่แตกต่างกันในแต่ละ treatments ถึงแม้ว่าค่าการย่อยได้ของไขมันรวมในอาหารที่เสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง จะมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) ซึ่งค่าที่ได้มีค่าต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารกลุ่ม control และ SHF แต่ค่าการย่อยได้ของโปรตีนรวมในกลุ่ม control จะสูงกว่ากลุ่ม SH และ SHF ($P<0.05$) ค่าการย่อยได้ของเยื่อใยที่ละลายในด่างและเยื่อใยที่ละลายในกรด ในอาหารกลุ่ม SH จะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P<0.01$) และคาร์โบไฮเดรทที่ไม่ใช่โครงสร้างมีค่าลดต่ำลงเมื่อเพิ่มน้ำมันถั่วเหลือง 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$)

Ipharraguerre *et al* (2002) ได้รายงานถึงการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองแทนข้าวโพดที่ระดับ 0, 10, 20, 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ในอาหารโคนม พบว่าปริมาณน้ำนมลดลงที่ระดับ 40 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบทางเคมีของน้ำนม และระดับการใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นในสูตรอาหาร ทำให้กรดไขมันระเหยได้ทั้งหมด (total volatile fatty acid) เพิ่มขึ้น และค่า pH ในกระเพาะหมักลดลง

Hsu *et al* (1987) ได้รายงานถึงการย่อยได้ทั้งหมดของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่ให้แกะกินเพียงอย่างเดียว ซึ่งมีค่าการย่อยได้ของวัตถุแห้งเท่ากับ 79.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในด่างเท่ากับ 76.8 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยที่ละลายในกรดเท่ากับ 71.8 เปอร์เซ็นต์ และโปรตีนรวมเท่ากับ 61.0 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามได้มีรายงานว่าการย่อยได้ของเยื่อใยในแกะและวัวเพศผู้ที่ให้กินเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองซึ่งมีการย่อยได้ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ (Quicke *et al.*, 1959; Garrigus *et al.*, 1960) การทดลองด้วยการเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองอบ (soybean flakes) และเสริมด้วยหญ้าแห้ง ในอาหารที่มีเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองทำให้การย่อยได้ของเยื่อใยเพิ่มมากขึ้น (Grant, 1997) เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีพลังงานในระดับสูงเนื่องจากมีความสามารถย่อยเยื่อใยได้สูงตาม NRC (1998) ซึ่งเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีโภชนะรวมย่อยได้เท่ากับ 77 เปอร์เซ็นต์ พลังงานสุทธิเท่ากับ 1.22 Mcal/kg และพลังงานสุทธิเพื่อการให้นมเท่ากับ 1.77 Mcal/kg

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.7 การใช้เปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในอาหารเพื่อลดกลิ่นมูล

จากการศึกษาของ Houdijk *et al.*, (2001) พบว่าการเพิ่มเยื่อใยในอาหารให้ผลที่ดีต่อการดงเหลือของ ไนโตรเจนการเกิดกลิ่น มลภาวะทางอากาศ และ Volatile fatty acids (VFA) อย่างไรก็ตามในการเพิ่มเยื่อใย ต้องดูอัตราส่วน ถ้าเติมเยื่อใยโดยไม่คำนึงถึงพลังงานอาจมีผลต่อสมรรถนะการเจริญเติบโตของสุกร

ความแตกต่างของสุกรที่ได้รับอาหารที่มีระดับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองแตกต่างกัน ต่อกลิ่นและปริมาณแก๊สในมูล พบว่าการให้อาหารเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองจะลดปริมาณก๊าซ (Hydrogen Sulfide :HS) ได้ถึง 32 เปอร์เซ็นต์ (P<0.001) และสุกรที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง ใน 4 ชั่วโมงแรกจะลดความเข้มข้นของแอมโมเนียในอากาศลงได้ 20 เปอร์เซ็นต์และลดกลิ่นได้ 11 เปอร์เซ็นต์ ดังตาราง 9

ตาราง 9 การเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่มีผลต่อกลิ่นและปริมาณแก๊ส

	Control	Soy Hulls	CV	Significanc d
4h Ammonia Conc. (ppm)	13.05	10.38	20.21	0.017
Detection Threshold[a]	2,424.13	2,162.5	38.58	0.560
Ammonia (ppm)	4.00	3.63	23.36	0.420
Hydrogen Sulfide (ppm)	1.03	0.701	20.99	0.003

ที่มา: Houdijk *et al* (2001)

จากตาราง 10 พบว่าน้ำหนักสุดท้ายของมูลลดลง (P<0.01) และพบว่ามูลในบ่อจะน้อยลง เมื่อสุกรได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลือง น้ำหนักมูลสภาพแห้ง (DM) มีปริมาณมากกว่า เมื่อได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองอาจกล่าวได้ว่าการเพิ่มเยื่อใย ในอาหารเป็นการเพิ่มมูลในสภาพ DM สูงขึ้น กลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองจะมีไนโตรเจนรวมเพิ่มขึ้น 21 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม (P<0.001)

ส่วนแอมโมเนียกลุ่มที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองจะเพิ่มขึ้น 8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลง pH จากช่วงต้นถึงท้ายพบว่า pH มีค่าต่ำลง ซึ่ง pH ที่เปลี่ยนแปลงนี้เกิดจากการให้อาหารเยื่อใย เนื่องจากไปลดปริมาณไนโตรเจนในปัสสาวะเป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลง pH เกิดเป็นสภาวะกรดขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มเยื่อใย ในอาหารมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของ VFA ด้วย จึงทำให้ pH ลดลง แต่การเพิ่มเยื่อใยไม่มีผลต่อฟอสฟอรัสในอาหารแต่ละสูตร ดังตาราง 10

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 10 การเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณมูลสุกรที่ขับออก

	Control	Soy Hulls	CV	Significancd
Manure Pit Volumn (gal)				
Initial (as is)	840	840	--	--
Final (as is)	3209.6	2849.6	11.2	0.10
Manure Dry mater, %				
Initial	0.26	0.28	4.2	0.07
Final	0.97	1.65	9.7	0.0001
TN				
Initial (ppm)	510.2	438.5	9.7	0.03
Final (ppm)	1681.3	2226.8	9.8	0.001
Totla pit accumulation, lb	41.0	49.7	11.5	0.02
Ammonium N				
Initial (ppm)	340.3	321.8	2.6	0.006
Final (ppm)	1495.5	1817.2	7.3	0.002
Totla pit accumulation, lb	37.3	40.4	6.0	0.05
Phosphorous				
Initial (ppm)	209.5	186.2	19.9	0.33
Final (ppm)	500.7	606.5	5.8	0.0005
Totla pit accumulation, lb	11.9	12.6	15.1	0.49
pH				
Initial	8.21	8.26	2.0	0.69
Final	7.26	7.12	1.3	0.03
Change	-.093	-1.15	20.2	0.19

ที่มา: Decamp *et al.*, (2000)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 11 แสดงถึงผลของเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองต่อค่าของ VFA โดยพบว่าสุกรที่ได้รับเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองจะมี VFA เพิ่มขึ้นเมื่อวัดความเข้มข้นของ VFA โดยรวม

ตาราง 11 การเสริมเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองที่มีผลต่อค่า VFA ของสุกร

	Control	Soy Hulls	Significancd	SEM
VFA, mmol/L	57.7	77.1	0.0004	2.84
Ac	16.7	23.3	0.0003	0.94
Pr	2.1	2.5	0.013	0.11
IB	16.8	20.3	0.036	1.05
Iv	2.0	2.4	0.043	0.12
V	1.7	2.4	0.004	0.14
Total	97.0	128.0	0.0008	4.91

ที่มา : Decamp *et al.*, (2000)

จากการศึกษาแนะนำให้เพิ่มเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ และควรเสริมไขมันด้วย เพื่อให้ผลที่ดีต่อสิ่งแวดล้อม และไม่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการเจริญเติบโต มลภาวะของมูลสุกร ซึ่งการเพิ่มเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองในระดับที่เหมาะสมช่วยให้ AAC, ODT, HS ลดต่ำลงได้ นอกจากนี้จะไปเพิ่มการคงอยู่ของไนโตรเจนในบ่อมูล เป็นการเพิ่มรายได้และเป็นการนำมูลไปทำปุ๋ย ส่วนการนำเปลือกเมล็ดถั่วเหลืองมาเป็นแหล่งพลังงานควรมีการเสริมไขมันลงไปด้วย

2.8 สารบ่งชี้ (Marker)

การศึกษาการย่อยได้ ส่วนใหญ่มักใช้สารบ่งชี้ร่วมกับอาหารทดลอง เนื่องจากช่วยให้ทราบการเคลื่อนตัวของอาหารผ่านแต่ละจุดของระบบทางเดินอาหาร รวมถึงปริมาณโภชนะที่หลงเหลือจากการย่อยและดูดซึม ที่สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร เนื่องจากการศึกษาการย่อยได้สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็ก ในสุกรที่ผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างที่ปลายลำไส้เล็ก (Simple T-cannula) ไม่สามารถเก็บตัวอย่างที่ผ่านมาทั้งหมดได้ แต่ถ้าใช้สารบ่งชี้ในอาหารช่วยแล้วสามารถวิเคราะห์ปริมาณสารบ่งชี้ที่พบจากตัวอย่างอาหารที่สิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กเปรียบเทียบกับปริมาณที่ใส่เข้าไปในอาหารที่กินได้ จะสามารถนำไปคำนวณปริมาณโภชนะที่แท้จริงที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

หลงเหลือจากการย่อยและดูดซึมได้สู่ลำไส้เล็ก ซึ่งวิธีการใช้สารบ่งชี้นี้สามารถใช้ได้กับการศึกษาการย่อยได้ทั้งระบบทางเดินอาหารเช่นกัน

Maynard *et al.,* (1979) ได้กล่าวว่าคุณสมบัติที่ดีของสารบ่งชี้ที่ใช้ในการศึกษาการย่อยได้ของโภชนะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1. ไม่มีการย่อยหรือดูดซึมในระบบทางเดินอาหาร
2. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเพื่อให้คุณหรือโทษต่อตัวสัตว์เมื่อเข้าไปในระบบทางเดินอาหาร
3. ผ่านไปในระบบทางเดินอาหารในอัตราเดียวกันตลอด
4. วิเคราะห์ทางเคมีได้ง่าย
5. มีการกระจายตัวได้เป็นเนื้อเดียวกับอาหารที่ผสม

วิธีการคำนวณ โภชนะที่หลงเหลือจากการย่อยและดูดซึม ตัวอย่างอาหารที่ปลายลำไส้เล็กและปลายลำไส้ใหญ่หรือมูล อาศัยการประเมินของสารบ่งชี้ที่ตรวจพบโดยอาศัยทฤษฎีที่ว่า สารบ่งชี้ที่ได้รับจะไม่สูญหายไปไหนและขับออกมาทั้งหมด

สารบ่งชี้ที่นิยมใช้ในการทดลองการศึกษาการย่อยได้ คือ โครมิกซ์ออกไซด์ (Cr_2O_3) แต่ในปัจจุบันพบว่า เป็นอันตรายเนื่องจากอาจเป็นสารก่อมะเร็งได้ (Peddie *et al.*,1982) วิธีวิเคราะห์ค่อนข้างซับซ้อนและสารเคมีใช้วิเคราะห์ เช่น กรดเปอร์คลอลิก (Perchloric acid) มีอันตรายรุนแรงต่อผู้ทำการวิเคราะห์ (Fenton and Fenton, 1979) ในปัจจุบันจึงเริ่มให้ความสนใจ ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) มากขึ้น ซึ่งมีอันตรายน้อยมาก และทำการวิเคราะห์ได้ง่ายไม่ยุ่งยาก

ไทเทเนียม ไดออกไซด์ มีคุณสมบัติทางกายภาพคือ สีขาว ไม่มีกลิ่นและรส และคุณสมบัติทางเคมีคือ ไม่ละลายในน้ำ HCl, HNO_3, H_2SO_4 กรดแก่ และเบสแก่

Peddie *et al.,* (1982) ได้ทดลองศึกษาการย่อยได้ในไก่ (Gallus domesticus)โดยใช้ไทเทเนียม ไดออกไซด์ ในอัตรา 2 กรัม/กิโลกรัม (น้ำหนักสด) อาหาร รายงานว่า ไม่มีอันตรายต่อตัวสัตว์ ไม่มีผลต่อการกินและการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนแต่อย่างใด มีปริมาณที่พบในมูล (% Recovery) 99.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถวิเคราะห์ได้ง่าย โดยวิเคราะห์ร่วมกับการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจากวิธี Kjeldahl method

Jagger *et al.,* (1992) ได้ทดลองเปรียบเทียบ ความเหมาะสมของการนำ โครมิกซ์ออกไซด์และไทเทเนียม ไดออกไซด์ นำมาใช้เป็นสารบ่งชี้ในการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีน หรือกรดอะมิโนจากปลายลำไส้เล็ก และปลายลำไส้ใหญ่ ในสุกรที่ผ่าตัดใส่ท่อเก็บตัวอย่างที่ปลายลำไส้เล็ก

โดย ใช้ในสูตรอาหารปริมาณ 1.0, 5.0 และ 1.0, 5.0 กรัม/กิโลกรัม อาหาร (น้ำหนักสด) ตามลำดับ รายงานว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. การใช้โครมิกซ์ออกไซด์และไทเทเนียม ไดออกไซด์ ในสูตรอาหาร ปริมาณ 5 กรัม/กิโลกรัม ในอาหาร พบว่าลดปริมาณการกินอาหารของสุกร แต่ถ้าให้สุกรได้ปรับตัวกับอาหารเป็นระยะเวลานานขึ้น สุกรจะกินอาหารได้ตามปกติ

2. การใช้ โครมิกซ์ออกไซด์ และ ไทเทเนียม ไดออกไซด์ ในสูตรอาหาร ปริมาณ 5 และ 1 กรัม/กิโลกรัม ในอาหารไม่มีผลต่อการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโนเมื่อศึกษาสิ้นสุดที่ปลายลำไส้เล็กและทั้งระบบทางเดินอาหาร

3. โครมิกซ์ออกไซด์ ที่ใช้ในสูตรอาหาร ปริมาณ 1 และ 5 กรัม/กิโลกรัม เปอร์เซ็นต์ที่พบที่มูลมีค่า (74.6, 79.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ต่ำกว่า การใช้ไทเทเนียม ไดออกไซด์ (78.3, 96.9 เปอร์เซ็นต์) ที่ปริมาณเท่ากัน อย่างมีนัยสำคัญ

จากการทดลองได้สรุปว่า ไทเทเนียม ไดออกไซด์ ในระดับ 1 กรัม/กิโลกรัม ในอาหารจะมีความเหมาะสมในการศึกษาการย่อยได้ของโปรตีนหรือกรดอะมิโน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved