บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

ปัจจัยที่มีผลต่อการกินอาหารของสัตว์

พานิช (2535) และพันทิพา (2547) รายงานว่าการกินอาหารของสัตว์เป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่ง ดังนั้นการกินอาหารของสัตว์จึงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่

1. พันธุกรรม
2. สภาพทางสรีรวิทยาของสัตว์ ความอยากกิน ระยะการให้ผลผลิต
3. การมีน้ำสะอาดให้กินตลอดเวลา
4. ผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ความเครียด เป็นต้น
5. ความน่ากินของอาหาร เช่น สี ขนาด ความนุ่ม แข็ง เป็นฝุ่น รส กลิ่น เป็นต้น
6. การย่อยได้ของอาหาร

ปัจจัยที่ควบคุมการกินอาหารของสัตว์

พานิช (2527) และพานิช (2529) กล่าวว่าการกินอาหารโดยความสมัครใจ (voluntary feed intake) ซึ่งมีปัจจัยที่ควบคุมการกินอาหารของสัตว์แบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่คือ

<u>ปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม</u>

1. สัตว์ได้รับอาหารและน้ำเพียงพอหรือไม่ ถ้าขาดน้ำปริมาณการกินจะลดลง
2. ความสมบูรณ์ของตัวสัตว์ เช่น ไม่เป็นโรคหรือไม่เจ็บปาก
3. ความร้อนความหนาวของอากาศก็มีผลต่อการกินได้ของอาหาร
4. กระแสลม ความชื้นสัมพัทธ์ เสียงรบกวน แก๊สพิษ ฯลฯ
5. ระบบการให้อาหาร เช่น ถ้าให้สัตว์อดอาหารนาน ๆ สัตว์จะกินมาก หรือการให้ทีละน้อยจะเป็นการกระตุ้นให้สัตว์กินมากขึ้น

ปัจจัยทางด้านสรีรวิทยาและตัวสัตว์เอง

1. อายุและความเจริญเติบโตของสัตว์ โดยปกติสัตว์ที่มีอายุน้อยและยังอยู่ในช่วงเจริญเติบโตจะกินอาหารได้มากกว่าสัตว์ที่โตเต็มวัย
2. กิจกรรมการเคลื่อนไหวของสัตว์ สัตว์ที่มีกิจกรรมหนักก็จะกินมาก
3. อัตราการย่อยได้และการไหลของอาหาร คือ ถ้าอาหารมีอัตราการย่อยได้สูงและมีการไหลผ่านท่อทางเดินอาหารไปได้เร็ว ก็จะทำให้กระเพาะมีช่องว่างเร็วขึ้นจึงทำให้สัตว์กินได้มากขึ้น
4. ปริมาณสารอาหารในเลือด คือ ถ้าในเลือดมีระดับของน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นจะทำให้สัตว์กระเพาะเดี่ยวกินอาหารได้น้อยลง
5. ระดับของฮอร์โมนในตัวสัตว์ ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการกินอาหาร การใช้ประโยชน์จากอาหารและการเจริญเติบโต คือ ฮอร์โมนที่เร่งความเจริญเติบโต (growth hormone) ได้แก่ไทโรซีน (thyroxine) และ อินซูลิน (insulin) เป็นต้น

ปัจจัยทางด้านอาหารสัตว์

1. ความน่ากินของอาหารชนิดนั้น ๆ ถ้าอาหารน่ากินสัตว์ก็จะกินได้มาก
2. เยื่อใยในอาหาร ถ้าอาหารมีเยื่อใยสูงกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณการกินลดลง
3. ความเข้มข้นของพลังงานในอาหาร สัตว์จะกินอาหารเพื่อให้ได้รับพลังงานอย่าเพียงพอ ถ้าอาหารมีพลังงานสูงหรือไขมันอยู่มากสัตว์จะกินอาหารได้น้อย
4. น้ำในอาหาร ตามปกติถ้าอาหารใดมีน้ำมากเกิน 85 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ปริมาณการกินลดลง

ความน่ากิน (palatability)

นิธิยา (2545) รายงานว่า การบริโภคอาหาร เมื่ออาหารผ่านเข้าสู่ปาก อาหารจะกระตุ้นให้ร่างกายเกิดความรู้สึกต่าง ๆ ผ่านอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับด้านประสาทสัมผัส เช่น ตา หู จมูก ลิ้น ซึ่งอวัยวะเหล่านี้จะสัมผัสกับลักษณะของอาหาร ได้แก่ สี ลักษณะเนื้อ กลิ่น และรส รวมเรียกว่า flavour profile หมายถึง อาการที่ระบบประสาททั้งหมดยอมรับหรือชอบในรสชาติของอาหารนั้น ๆ ความรู้สึกส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากกลิ่นและรสของอาหาร ซึ่งแสดงออกในรูปของความเอร็ดอร่อยของอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งที่สัตว์จะกินได้หรือแสดงความชอบกิน ความน่ากินและปริมาณอาหารที่สัตว์จะกินโดยสมัครใจ อาจขึ้นอยู่กับความอยากกิน ความหิว การแปรรูปอาหาร รูปร่างลักษณะทางกายภาพ อายุและชนิดของสัตว์ เป็นต้น (พานิช, 2527) ปัจจัยที่

มีผลต่อความน่ากินอีกอย่างอาจจะเกี่ยวข้องกับระบบประสาทที่รับความรู้สึกทั้งหมด คือ ประสาทรับรู้ทางด้านเคมีและฟิสิกส์ (พันทิพา, 2538)

ประสาทรับรู้ทางด้านเคมี

การรับรู้รสจะผ่านทางตุ่มรับรส (taste bud) ส่วนกลิ่นจะผ่านทางเยื่อบุของประสาทรับกลิ่นในโพรงจมูก (olfactory epithelium) ประสาทสัมผัสทางเคมีทั่วไปในสัตว์แต่ละชนิดอาจมีความเด่นของการรับรู้ของประสาทแต่ละส่วนไม่เท่ากัน (พันทิพา, 2538) ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยเฉพาะสุกรจะมีการตอบสนองต่อรสหวานได้ดี ในระดับน้ำตาล (sucrose) 300 กรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ในสูตรอาหารทั่ว ๆ ไป และชนิดของน้ำตาลก็มีอิทธิพลต่อความชอบอาหารของสุกรเช่นกัน

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนตุ่มรับรส เซลล์รับกลิ่น และพื้นที่รับกลิ่นในมนุษย์และสัตว์

ชนิด	บริเวณพื้นที่รับกลิ่น ($ซม^2$)	จำนวนเซลล์รับกลิ่น (ล้าน)	จำนวนตุ่มรับรส
มนุษย์	5	10-20	9,000
สัตว์ปีก	5	10-20	24-200
สุกร	70-100	125-225	5,000-15,000
แกะ	70-100	125-225	10,000
แพะ	70-100	125-225	15,000
โค	70-100	125-225	25,000-35,000

ที่มา : พันทิพา (2538) อ้างถึง Jensen และคณะ (1991)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของอาหาร

ขนาดและรูปทรง ความนิ่ม ความแข็ง ความเหนียว ความหยาบของอาหาร จะมีผลต่อการกินอาหารทั้งหมด ความน่ากินของอาหารทางด้านคุณสมบัติทางฟิสิกส์ จะมีอิทธิพลต่อการกินอาหารเช่นกัน

กลไกของการรับรู้รส

นิธิยา (2545) รายงานว่า การรับรู้เป็นปฏิกิริยาร่วม (interaction) ระหว่างสารให้รสกับตัวรับรส (taste receptor) เชื่อกันว่าสารให้รสจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนเฉพาะ (specific protein) ที่อยู่ในเซลล์ประสาทรับรส (taste receptor cells) ซึ่งเซลล์ตัวรับรส มีโปรตีนที่ไวต่อรสหวาน (sweet-sensitive protein) และโปรตีนที่ไวต่อรสขม (bitter-sensitive protein)

สุคนธ์ และเกศินี (2531) รายงานว่า การเริ่มต้นของการรับรู้รสจะเกิดขึ้นเมื่อสารให้รสอยู่ในรูปของสารละลายแล้วค่อย ๆ ถูกดูดซับไว้บนผิวของตัวรับรสซึ่งจะเกิดการรวมตัวเป็นสารกระตุ้น การกระจายตัวของสารกระตุ้นที่เกิดขึ้นใหม่นี้บนผิวของตัวรับรส จะทำให้มีการแลกเปลี่ยนไอออนผ่านผิวของตัวรับรส และเกิดการไม่มีขั้วกระแสไฟฟ้า (electrical-depolarization) ซึ่งเป็นการเริ่มต้นส่งสัญญาณประสาท (nerve impulse) ไปกระตุ้นเซลล์ประสาทให้ส่งสัญญาณต่อไปยังสมอง ลิ้นจะรับรู้รสได้ดีทำให้สามารถบอกได้ว่าเป็นรสอะไร

อวัยวะและประสาทสำหรับรับรส

นิธิยา (2545) รายงานว่า ตุ่มรับรสเป็นตัวรับ (receptor) สำหรับรับรสอยู่ที่ลิ้นตรงบริเวณพื้นผิวของลิ้นมีผิวเยื่อเมือกบางๆ (mucous membrane) ยื่นโป่งขึ้นมา เรียกว่าตุ่มหรือปุ่ม (papillae) ซึ่งมีเซลล์ห่อหุ้มอยู่รอบๆ มีลักษณะคล้ายๆ ปลายผมรวมกันอยู่เป็นมัด เรียกว่าต่อมรับรส ซึ่งจะมีรูเล็กอยู่ตรงกลางเปิดไปสู่ด้านพื้นผิวของตุ่ม พวกสารต่างๆ ที่อยู่ในสภาพสารละลายจะเข้าสู่รูเล็ก ๆ เหล่านี้และทำหน้าที่กระตุ้นทางเคมี

ความสัมพันธ์ระหว่างสูตรโครงสร้างทางเคมีและรสชาติ

สารปรุงแต่งรสชาติมีสูตรโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกันออกไป เช่น เอสเตอร์ (ester) แอลกอฮอล์ (alcohol) และอัลดีไฮด์ (aldehyde) เป็นต้น ซึ่งสารพวกนี้มีผลต่อการละลาย การแตกตัว และชนิดของไอออน (ions) ที่เกิดขึ้นในน้ำลายทำให้มีความสัมพันธ์กับรสชาติ (สมพร, 2543 อ้างถึงสุธี, 2531)

สุคนธ์ และเกศินี (2531) และรุ่งชัย (2538) รายงานว่า รสของอาหารต่างๆ ที่เข้าสู่ปากจะกระตุ้นตัวรับในการรับรสโดยสารให้รสต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือ ต้องละลายน้ำ ความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างของสารให้รสและรสของสารนั้นไม่ซับซ้อนเหมือนสารให้กลิ่น เช่น

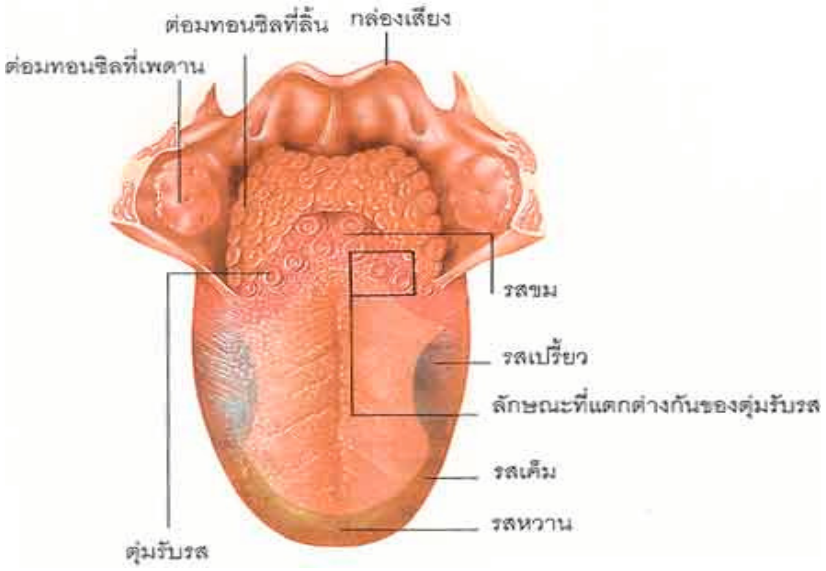
น้ำตาลเป็นสารให้ความหวาน สำหรับต่อมรับรสจะมีรสมาตรฐาน 4 รส คือ รสหวาน รสขม รสเปรี้ยว และรสเค็มโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. รสขม (bitter) เกิดจากกลุ่มอัลคาลอยด์ (alkaloid) และอินทรีย์โมเลกุลสายยาว (long-chain organic molecule) ส่วนของโคนลิ้นจะตอบสนองรสขมได้ดี

2. รสเปรี้ยว (sour) เกิดจากกลุ่มไฮโดรเจนไอออน (hydrogen ions) รสเปรี้ยวจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน ซึ่งบริเวณขอบลิ้นจะตอบสนองรสเปรี้ยวได้ดีที่สุด

3. รสเค็ม (salts) เกิดจากไอออนที่มีประจุบวกของเกลือชนิดต่าง ๆ (ionized salts) โดยที่เกลือของโซเดียม (Na^+) และแอมโนเนียม (NH^+_4) จะให้รสเค็มที่สุด บนผิวของลิ้นจะตอบสนองได้ดีที่สุด

4. รสหวาน (sweet) เกิดจากโมเลกุลของกลุ่มไฮดรอกซี (hydroxyl group) พวกขัณฑสกร น้ำตาล (sugar) คลอโรฟอร์ม (chloroform) แอลกอฮอล์ (alcohol) กรดแอมิโน (amino acid) และเกลือบางชนิด ส่วนของปลายลิ้นจะตอบสนองรสหวานได้ดี ซึ่งสารประกอบที่ให้รสหวานแต่ละชนิดจะมีระดับความหวานแตกต่างกัน (ตารางที่ 2) ซึ่งรสทั้ง 4 ชนิดนี้เกิดขึ้นจากการกระตุ้นของสารชนิดต่างๆ ต่อตุ่มรับรสภายในลิ้นซึ่งต่อมรับรสทั้ง 4 ชนิดนี้อยู่ในตำแหน่งต่างๆ กัน ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงตำแหน่งบริเวณของลิ้นมนุษย์ในการรับรสต่างๆ

ที่มา : ณัฐวุฒิ (2549)

นิธิยา (2545) และ Hough และคณะ (1979) กล่าวว่า สูตรโครงสร้างมีความสัมพันธ์กับรสชาติ โดยโครงสร้างทางเคมีของโมเลกุลสารให้รสได้นั้น เกิดจากอิทธิพลของพันธะไฮโดรเจน ทำให้รูปร่างของโครงสร้างโมเลกุล (conformation) และการเรียงตัวของอะตอมในโมเลกุล (stereochemical configuration) แตกต่างกันซึ่งจะมีผลต่อการให้รสของสารประกอบนั้น ๆ ด้วย เช่น แซ็กคารินให้รสหวานและมีความหวานมากกว่าน้ำตาลซูโครส 500 เท่า แต่เมื่อมีการแทนที่หมู่อะตอมในโมเลกุลจะทำให้รสเปลี่ยนไป ตัวอย่างเช่น เมื่อมีหมู่เมทิล ($-CH_3$) หรือหมู่คลอไรด์ (-Cl) เพิ่มเข้าไปในตำแหน่ง para จะทำให้รสหวานลดลงเหลือเพียง 250 เท่าของน้ำตาลซูโครส และการเติมหมู่ไนโตร ($-NO_2$) เข้าไปที่ตำแหน่ง meta จะทำให้เปลี่ยนเป็นรสขมมาก เป็นต้น ดังนั้นจากตัวอย่างข้างต้นจะเห็นได้ว่าสารประกอบชนิดเดียวกัน แต่มีไอโซเมอร์ต่างกันก็ให้รสแตกต่างกัน

กรดแอมิโนชนิดต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของโปรตีนจะให้รสแตกต่างกันมีกรดแอมิโนประมาณ 8 ชนิดไม่มีรส กรดแอมิโนอีก 7 ชนิดให้รสขม เมื่ออยู่ในรูปแอลฟอร์ม (L-form) และให้รสหวานเมื่ออยู่ในรูปดีฟอร์ม (D-form) ยกเว้นแอลอะลานีน (L-alanine) ให้รสหวาน ดังแสดงในตารางที่ 3

ปัจจัยที่มีผลต่อการรับรส

สมพร (2543) อ้างถึง สุธี (2531) รายงานว่า การรับรสมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ

1. กลิ่น ถ้าความสามารถในการรับกลิ่นเสียไป ความสามารถในการรับรสก็จะลดลง
2. อุณหภูมิ ถ้ามีความร้อนจัดหรือเย็นจัดเกิดขึ้น จะทำให้ความสามารถในการรับรสลดลง
3. ความหยาบและอนุภาคของอาหารก็มีผลต่อการรับรส สารที่มีอนุภาคเล็กจะให้รสเพิ่มขึ้น
4. ความสามารถในการระเหยของสารภายในปาก สารใดระเหยได้ดีแม้จะมีปริมาณน้อยแต่มีกลิ่นแรงก็มีผลต่อการรับรส
5. ขึ้นอยู่กับตัวสัตว์หรือตัวบุคคลเอง

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบระดับความหวานของสารประกอบชนิดต่าง ๆ ที่ให้รสหวานโดยใช้น้ำตาลซูโครสเป็นมาตรฐาน

Sweet compound	Sweet levels
Sucrose	1.0
Lactose	0.27
Montose	0.5
Sorbitol	0.5
Galactose	0.6
Glucrose	0.5-0.7
Mannitol	0.7
Glycerol	0.8
Fructose	1.1-1.5
Cyclamate	30-80
Glycyrrhizin	50
Stevioside	300
Saccharin	500-700
Aspartylphenylalanine methyl ester	100-200
Naringin dihydrochalcone	300
Neohesperidin dihydrochalcone	1,000-5,000

ที่มา : ดัดแปลงจากนิธิยา (2545) อ้างถึง DeMAN (1990)

ตารางที่ 3 รสของกรดแอมิโนบางชนิดที่เปลี่ยนไปตามไอโซเมอร์ของโมเลกุล

ชื่อกรดแอมิโน	รสของแอลไอโซเมอร์	รสของดีไอโซเมอร์
แอสพาราจีน	รสจืด	รสหวาน
กรดกลูตามิก	-	ไม่มีรส
ฟีนิลอะลานีน	รสขมน้อย	รสหวาน (รสขมภายหลัง)
ลูซีน	รสขมน้อย	รสหวานจัด
วาลีน	รสหวานน้อย-รสขม	รสหวานจัด
ซีรีน	รสหวานน้อย	รสหวานจัด
ฮีสติดีน	รสขมน้อย	รสหวาน
ไอโซลูซีน	รสขม	รสหวาน
เมไทโอนีน	-	รสหวาน
ทริพโตเฟน	รสขม	รสหวานมาก

ที่มา : นิธิยา (2545) อ้างถึง DeMAN (1990)

วัตถุเติมในอาหารสัตว์ (Feed additive)

ตรีพล (2527) รายงานว่า วัตถุเติมในอาหารสัตว์เป็นสารประกอบที่มิได้จัดเป็นอาหารสัตว์ และเป็นสารที่ไม่ได้ให้ประโยชน์ทางโภชนะ (พานิช, 2535 และ ศรีสกุล และรณชัย, 2539) แต่เป็นสารที่ทำให้สัตว์สามารถใช้ประโยชน์จากอาหารได้มากขึ้น (จารุรัตน์, 2528) วัตถุเติมในอาหารสัตว์โดยทั่วไปเป็นสารที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารตามธรรมชาติใช้เติมลงในอาหารปริมาณน้อย ซึ่งหน้าที่โดยทั่วไปคือ ทำให้สัตว์มีสุขภาพดี กระตุ้นการกินอาหาร เพิ่มประสิทธิภาพการใช้อาหาร เร่งการเจริญเติบโต และเพิ่มผลผลิตของสัตว์ให้มากขึ้น (พันทิพา, 2547) สามารถแบ่งออกเป็น

1. สารปฏิชีวนะ (antibiotics) เป็นสารเคมีที่ผลิตจากตัวจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ และสารนี้มีฤทธิ์ในการยับยั้งหรือชะงักการเจริญเติบโตหรือทำลายเชื้อแบคทีเรียชนิดต่างๆ ได้ สารปฏิชีวนะเป็นสารที่นิยมใช้เป็นสารเสริมในอาหารสัตว์เช่น เทอร์ระไมซิน (terramycin) เพนนิซิลลิน (penicillin) สเต็ปโตมายซิน (streptomycin) และไทโรซิน (tylosin) เป็นต้น

2. สารเคมีรักษาโรค (chemotherapeutic agent) เป็นสารอินทรีย์หรืออนินทรีย์ที่ขัดขวางหรือชะงักการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่เป็นโทษต่อสัตว์ส่งผลให้สัตว์มีการเจริญเติบโต และมีประสิทธิภาพการใช้อาหารดีขึ้น เช่น ไทอะมูลิน (tiamulin) โนโวไบโอซิน (novobiocin) และ แวนโนมายซิน (vancomycin) เป็นต้น

3. ฮอร์โมนสังเคราะห์และสารคล้ายคลึงฮอร์โมนใช้เพื่อเร่งการเจริญเติบโต และประสิทธิภาพการใช้อาหารของสัตว์ เช่น ไทโรโปรตีน (thyroprotein) และซินโนเวกซ์ (synovex) เป็นต้น

4. สารเพิ่มกลิ่นรส โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความน่ากิน เพื่อเพิ่มสารดึงดูดทางเคมี และเพื่อเพิ่มกลิ่นของอาหาร เช่น โมโนโซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate) นิวคลีโอไทด์ (nucleotide) กรดแอมิโน (amino acid) บีเทน (betaine) กากน้ำตาล และขัณฑสกร เป็นต้น

5. สารเสริมอื่น ๆ สารเสริมกลุ่มนี้ใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันตามชนิดของสัตว์ เช่น ยาถ่ายพยาธิ สารควบคุมโรคท้องอืดในสัตว์เคี้ยวเอื้อง สารปรับ pH ในทางเดินอาหาร และสารพวกโปรไบโอติกส์ (probiotics) เป็นต้น

สารเพิ่มกลิ่นและรสในอาหาร (Feed flavor)

จักรพันธุ์ (2542) กล่าวว่า สารแต่งกลิ่นหรือเพิ่มกลิ่นและรสชาติ หมายถึง สารเคมีที่เกิดในธรรมชาติ และที่สังเคราะห์ขึ้นสามารถทำให้กลิ่นและรสของอาหารเป็นที่ถูกใจ

ของผู้บริโภค ดังนั้นการเติมสารเพิ่มรสชาติมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความน่ากินทำให้สัตว์กินอาหารมากขึ้นนับเป็นผลทำให้สมรรถภาพดีขึ้น (พันทิพา, 2538 อ้างถึง Jensen, 1991) สารให้กลิ่นส่วนมากจะสกัดจากพืชตามธรรมชาติ เช่น น้ำมันพืชตระกูลผักชีหรือยี่หร่า (anise oil) น้ำมันเครื่องเทศคล้ายยี่หร่า (caraway oil) น้ำมันอบเชย (cinnamon oil) น้ำมันกานพลู (clove oil) เปปเปอร์มินต์ (peppermint) และวานิลลา (vanilla) และสารสังเคราะห์กลิ่นอื่น ๆ เช่น กลิ่นเนื้อ กลิ่นนม โดยที่สารเหล่านี้ต้องไม่ตกค้างในผลิตภัณฑ์ เช่น เนื้อ นมหรือไข่ ซึ่งสารเหล่านี้จะไปกระตุ้นให้สัตว์อยากกินอาหารและกินได้มากขึ้น ซึ่งเป็นสารประกอบที่กระตุ้นพฤติกรรมการกินอาหาร โดยไปรวมตัวหรืออยู่ระหว่างจุดประสาทที่รับรสในร่างกายหรือช่องปาก ในปัจจุบันการใช้สารเพิ่มรสชาติ ได้ใช้กันมากขึ้นเพื่อหวังผลหลายประการ คือ

1. ช่วยรักษารสของอาหารให้คงที่ ถึงแม้ว่าสูตรอาหารจะเปลี่ยนไปก็ตาม ทั้งนี้เพื่อช่วยรักษาระดับการกินอาหารไว้
2. ช่วยให้ลูกสุกรหย่านมเร็วขึ้น โดยหันมาสนใจหัดกินอาหารเลียรางเร็วขึ้นและมากขึ้น
3. ช่วยเพิ่มความน่ากินของสูตรอาหารที่ผสมด้วยวัตถุดิบหลายตัวที่มีความน่ากินต่ำ
4. ช่วยหุ้มหรือเคลือบกลบเกลื่อนกลิ่นที่ไม่พึงปรารถนา ซึ่งอาหารอาจดูดเอาไว้

การใช้สารหวานจากธรรมชาติเพื่อเพิ่มความน่ากินในอาหารสุกร

สารหวานที่ได้จากธรรมชาติมีหลายชนิดที่ใช้แพร่หลายกันมากที่สุดคือ น้ำตาล ได้แก่ น้ำตาลซูโครสที่ผลิตมาจากอ้อยและหัวผักกาดหวาน กากน้ำตาล แต่สารหวานเหล่านี้อาจเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆ (นิรนาม, 2539 และ จักรพันธุ์, 2542) ดังนั้นสตีวิโอไซด์ (stevioside) ซึ่งเป็นสารหวานที่ได้จากหญ้าหวาน จึงเป็นสารหวานจากธรรมชาติที่น่าสนใจอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งหญ้าหวานมีรายละเอียดดังนี้

ชื่อสามัญ (Common name) : Stevia.

ชื่อพฤกษศาสตร์ (Scientific name) : *Stevia rebaudiana* Bertoni.

ชื่อวงศ์ (Family name) : Compositae

หญ้าหวานเป็นพืชสมุนไพรที่ใบมีรสหวานตามธรรมชาติ เป็นพืชพื้นเมืองประเภทล้มลุกขนาดเล็กของประเทศปารากวัยทวีปอเมริกาใต้ มีเขตติดต่อกับบราซิล (Bunyawong, 1988; Koyama *et al.*, 2003) ประเทศไทยเริ่มปลูกครั้งแรก พ.ศ. 2518 ที่นิคมสร้างตนเองเทพา อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา และได้แพร่หลายไปถึงภาคเหนือของประเทศ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย พะเยา และลำพูน (ธมลวรรณ, 2543)

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของหญ้าหวาน

หญ้าหวานมีลักษณะเป็นไม้พุ่มยืนต้นขนาดเล็กคล้ายต้นโหระพาหรือแมงลัก (ภาพที่ 2) โดยมีความสูงเฉลี่ย 60-80 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวอ่อนยาวประมาณ 3-5 เซนติเมตร มีดอกสีขาวนวล บริเวณใบจะมีสารให้ความหวานสตีวิโอไซด์ 7-22.6 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลำต้นจะมีอยู่ 6.7 เปอร์เซ็นต์ การเก็บเกี่ยวจะอยู่ในช่วงกำลังออกดอก หรือเมล็ดยังไม่สุกก็ได้ (นันทวัน, 2531 ; พร้อมจิต, 2532 และสาโรจน์, 2541)

ภาพที่ 2 ลักษณะของต้นหญ้าหวาน

สารหวานและคุณสมบัติของสารหวานที่ได้จากหญ้าหวาน

นักเคมีชาวปารากวัยได้ศึกษาส่วนประกอบต่าง ๆ ในหญ้าหวานพบว่าเกิดจาก complexed molecule ที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ ซึ่งเป็นสารกลุ่มไกลโคไซด์ดีเทอร์ปีน (glycoside deterpene) จึงทำให้สตีวิโอไซด์มีอยู่หลายชนิดมากมาย (อัมพวัน และคณะ, 2543) โดยจะมีเพียงบางชนิดที่มีรสหวาน ดังแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งถือว่าสตีวิโอไซด์เป็นสารประกอบหลักในหญ้าหวาน โดยมีโครงสร้างส่วนที่เป็นน้ำตาลอยู่ 3 โมเลกุล (ภาพที่ 3) โดยเฉลี่ยสตีวิโอไซด์มีความหวานกว่าน้ำตาลทรายประมาณ 300 เท่า (สมพร, 2543 และ Geune, 2003)

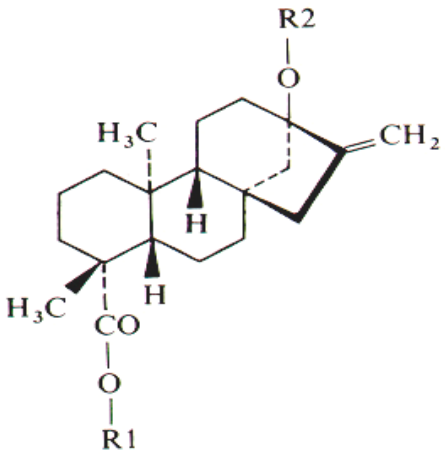
นอกจากนี้ สมพร (2543) รายงานว่าในหญ้าหวานยังมีสารอาหารอื่น ๆ อีกหลายชนิด เช่น โปรตีน ใยอาหาร (fiber) ไขมัน เถ้า แคลเซียม เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 5 สารสกัดจากหญ้าหวานที่เรียกว่า สตีวิโอไซด์ มีลักษณะเป็นผลึกสีขาวขนาดเล็ก มีสูตรทางเคมีคือ $C_{18}H_{60}O_{18}$ และมีน้ำหนักโมเลกุลเท่ากับ 804.9 มีคุณสมบัติดูดความชื้น มีจุดหลอมเหลวเท่ากับ 198 องศาเซลเซียส สามารถละลายได้ในน้ำ แอลกอฮอล์ สารละลายกรด มีเสถียรภาพสูงต่อพีเอชและอุณหภูมิ (สาโรจน์, 2541) และมีค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่ลิ้นจะรับรู้ว่าสตีวิโอไซด์มีรสหวาน (threstold value) อยู่ในขนาด 0.002 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก (ไมตรี และคณะ, 2540)

ตารางที่ 4 แสดงส่วนประกอบไกลโคไซด์ชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในหญ้าหวานและปริมาณความหวานของไกลโคไซด์แต่ละชนิด

Compound	R_1 1/	R_2 1/	Molecule weight	Melting point (◦C)	Stevia leaves (% dry weight)	Sweetness (sucrose=1)
steviobioside	H	gly^{2} – ^{1}gly	805	196-198	5-22	100-125
rubusoside	gly	gly				100-120
stevioside		gly^{2} – ^{1}gly				150-300
rebaudioside A	gly	gly$^{2}_{3}$ ------ 1gly ^{1}gly	966	242-244	1.5-1.0	250-450
rebaudioside B	H	gly$^{2}_{3}$ ------ 1gly ^{1}gly	805	193-195	0.4	300-350
rebaudioside C	gly	gly$^{2}_{3}$------ 1rham ^{1}gly	950	215-217	0.4	50-120
rebaudioside D	Gly^{2-} ^{1}gly	gly$^{2}_{3}$ ------ 1gly ^{1}gly	1,128	283-286	0.03	250-450
rebaudioside E	Gly^{2-} ^{1}gly	gly^{2} – ^{1}gly	966	205-207	0.03	150-300
dulcoside A	gly	gly^{2} – ^{1}rham				50-120

หมายเหตุ : 1/gly = ß-D- glucopyranosyl ; rham = ∝ - Lrhamnopyraosyl

ที่มา : ดัดแปลงจากสาโรจน์ (2541)



ภาพที่ 3 ลักษณะโครงสร้างทางเคมีของไกลโคไซด์ในหญ้าหวาน

ที่มา : Anonymous (2006)

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณส่วนประกอบทางเคมีในหญ้าหวาน

ส่วนประกอบทางเคมี	ระดับโภชนะ (% สภาพอาหารที่ให้สัตว์กิน)
วัตถุแห้ง	91.65
โปรตีน	14.09
ไขมัน	3.73
เยื่อใย	12.43
เถ้า	7.77
แคลเซียม	0.58
ฟอสฟอรัส	0.26
พลังงานรวม (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	4,561.63

ที่มา : สมพร (2543)

ความปลอดภัยของการใช้หญ้าหวานและสารสกัดหญ้าหวาน

อัมพวัน และคณะ (2543) ; พิมลรัตน์ และเล็ก (2546) ; Yamada และคณะ (1985) และ Koyama และคณะ (2003) รายงานอ้างอิงสรุปไว้ดังนี้

1. ความเป็นพิษ : จากการทดสอบหญ้าหวานทั้งต้นกับหนูขาวปริมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่าไม่มีพิษเฉียบพลันของสตีวิออล (steviol) กับหนู พบว่าน้ำตาลทรายมีพิษเฉียบพลันมากกว่าสตีวิออล เป็นต้น

2. ฤทธิ์การกลายพันธุ์ : จากการวิเคราะห์ข้อมูลความเป็นพิษจากสตีวิโอไซด์ และสารสกัดจากหญ้าหวาน พบว่าไม่มีหลักฐานบ่งชี้ความเป็นพิษต่อตับและ intracellular glutathione ของสตีวิโอไซด์ รวมทั้งไม่มีฤทธิ์ต่อการกลายพันธุ์และไม่มีพิษต่อยีนด้วย

3. ความเป็นพิษต่อไต : ได้มีการทดลองสารสกัดหญ้าหวานเพื่อศึกษาหน้าที่ของตับ และไตระดับน้ำตาลในเลือด ผลการวิจัยค่าตรวจวัดทางเคมีคลินิกพบว่า หน้าที่ของตับและไตปกติทั้งในคนและสัตว์

ข้อควรคำนึงของการใช้หญ้าหวานและสารสกัดหญ้าหวาน

พิมลรัตน์ และเล็ก (2546) ได้รายงานไว้ว่า สตีวิออลมีพิษต่อระดับเซลล์โดยทำให้เกิดการเสื่อมอย่างรุนแรง (severe degeneration) ของเซลล์หน่วยกรองไต (proximal tubular cells)

ในไตของหนูแฮมสเตอร์ (hamster) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของยูเรียไนโตรเจนในเลือด (blood urea nitrogen, BUN) และครีตินิน (creatinine) จึงเป็นสาเหตุให้สัตว์เกิดอาการไตวายเฉียบพลัน

นอกจากนี้ก็ยังพบว่าการทดลองสตีวิออลกับหนูแฮมสเตอร์ที่ตั้งท้อง ระดับ 0.75 และ 1.0 กรัม/กิโลกรัม พบว่ามีผลต่อแม่และตัวอ่อนโดยมีผลทำให้น้ำหนักตัวของแม่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีเปอร์เซ็นต์การตายของแม่ระหว่างการทดลองสูงขึ้น แต่ในระดับที่ต่ำกว่านี้พบว่ายังมีความเป็นพิษน้อย

การใช้หญ้าหวานในอาหารสัตว์

ยุทธนา และคณะ (2546) ได้ศึกษาทดลองการใช้หญ้าหวานในระดับ 0, 0.2, 0.4 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ ในสูตรอาหารลูกสุกรระยะดูดนม ร่วมกับการให้อาหาร 2 วิธี (สลับสูตรและไม่สลับสูตร) ในระยะหลังหย่านม โดยการคัดเลือกสุกรเพศผู้ที่มีน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละครอกครอกละ 2 ตัว โดยตัวหนึ่งให้กินอาหารแบบไม่สลับสูตร อีกตัวกินอาหารแบบสลับสูตร ผลการทดลองพบว่า ในช่วงระยะดูดนมแม่ลูกสุกรมีแนวโน้มชอบกินอาหารผสมหญ้าหวาน 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ เป็น 2 เท่าของการเสริมที่ระดับ 0 และ 0.6 เปอร์เซ็นต์ และในระดับ 0.6 เปอร์เซ็นต์นี้ทำให้การกินอาหารและการเจริญเติบโตลดลง สำหรับผลการทดลองในระยะหลังหย่านม พบว่าการไม่สลับหรือการสลับสูตรอาหารไม่มีผลต่อการกินอาหารและการเจริญเติบโตของลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารที่ผสมหญ้าหวานระดับต่างๆ แต่อาหารที่ผสมหญ้าหวานระดับ 0.4 เปอร์เซ็นต์ในสูตรอาหารลูกสุกรชอบกินมากกว่าในระดับอื่นๆ และมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าแม้ต้นทุนค่าอาหารต่อน้ำหนักเพิ่มจะสูงขึ้น แต่รายได้จากการจำหน่ายลูกสุกรที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมหญ้าหวาน ในระดับ 0.2 และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าต้นทุนอาหารที่เพิ่มขึ้นและสูงกว่ากลุ่มที่ไม่เสริมหญ้าหวาน

Geune และคณะ (2003) ได้ศึกษาเมแทบอลิซึมของสตีวิโอไซด์และลักษณะการดูดซึมของสตีวิโอไซด์ รีเบาดิโอไซด์เอ (rebaudioside A) และสตีวิออลในลำไส้เล็กของสุกร โดยทดลองกับสุกรเพศเมียน้ำหนักประมาณ 23 กิโลกรัม แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มๆ 6 ตัว ซึ่งทดลองในคอกขังเดี่ยว โดยมี 1 กลุ่ม จะกินอาหารที่มีสตีวิโอไซด์ 1.67 กรัม/กิโลกรัม จากนั้นทำการเก็บเลือดและมูลเพื่อวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป ผลการวิเคราะห์ในการทดลองครั้งนี้ไม่พบสตีวิโอไซด์หรือสตีวิออล ในเลือดแม้ว่าจะใช้ตัวอย่างเลือดสูงถึง 5.5 มิลลิลิตร ส่วนการวิเคราะห์มูลพบว่าไม่พบสตีวิโอไซด์ ในมูลเนื่องจากเกิดการเมแทบอลิซึมโดยแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่

Koyama และคณะ (2003) ได้ศึกษาการดูดซึมและเมแทบอลิซึมของสารหวานไกลโคซิดิก (glycosidic) ของส่วนผสมสตีเวีย และไกลโคน (glycone) ของสตีวิออลในหนูเพศผู้ Spragve-Dawley อายุ 8-9 สัปดาห์ น้ำหนัก 312-390 กรัม พบว่าหนูเพศผู้ที่ได้รับสตีวิออล 45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หรือส่วนผสมสตีเวีย 125 มิลลิลิตร/กิโลกรัม จะพบสตีวิออลเข้มข้นสูงสุดในพลาสมาเท่ากับ 18.31 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร โดยพบว่าสตีวิออลมีการดูดซึมอย่างรวดเร็วในส่วนของกระเพาะอาหารและสำไส้

ความรู้ทั่วไปเรื่องสมุนไพร

พืชสมุนไพร (medicinal plant หรือ herb) กำเนิดจากธรรมชาติ มีความหมายทั้งทางส่งเสริมสุขภาพและรักษาโรค ซึ่งยาสมุนไพรตามพระราชบัญญัติยา พ.ศ. 2510 ได้ระบุว่าเป็นยาที่ได้จากพืช สัตว์หรือแร่ธาตุ ซึ่งมิได้ผสมปรุงหรือแปรสภาพ (สำนักงานคณะกรรมการ-สาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุข, 2541)

พืชสมุนไพรกำลังได้รับการส่งเสริมอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน กระทรวง-สาธารณสุขจึงมองเห็นความสำคัญของพืชที่ทรงคุณค่าทางยา (ยุวดี, 2532) จึงได้มีการศึกษาวิจัยเพื่อนำมาใช้รักษาโรคกันมากยิ่งขึ้น (ธารา และกนกวรรณ, 2544) ซึ่งพืชสมุนไพรสำหรับงานสาธารณสุขมูลฐานส่วนใหญ่เป็นพืชสมุนไพร โดยนำองค์ประกอบได้แก่ ราก ลำต้น ใบ ดอกและผล ที่มีรูปร่าง ลักษณะ โครงสร้าง และการออกฤทธิ์ของพืชที่แตกต่างกัน (สำนักงาน-คณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐานกระทรวงสาธารณสุข, 2541) มาผสมในลักษณะสูตรยา โดยใช้ส่วนผสมของสมุนไพรที่มีสรรพคุณต่างกันหรือเสริมฤทธิ์กันและกันมาผสมกันในสัดส่วนที่เหมาะสม (สาโรชน์และคณะ, 2547) เพื่อกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรคได้ดียิ่งขึ้น สำหรับสมุนไพรที่เป็นส่วนประกอบของสมุนไพรสูตรพูฟฝ์ 1 ที่โครงการวิจัยการใช้สมุนไพรในสุกรผลิตขึ้นประกอบด้วยสมุนไพรดังนี้

ฟ้าทะลายโจร มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Andrographis paniculata* (Burm.f.) Nees. ซึ่งใบฟ้าทะลายโจรมีสารสำคัญกว่า 30 ชนิด (บุญเลิศ, 2533) แต่ที่เป็นสารสำคัญในการออกฤทธิ์คือสารกลุ่มแลคโตน (lactone) โดยเฉพาะสารแอนโดรกราโฟไลด์ (andrographolide) (เป็นสารที่มีมากที่สุด และเป็นตัวสำคัญที่ทำให้ฟ้าทะลายโจรมีฤทธิ์รักษาโรคและมีรสขมมาก) ดีออกซีแอนโดรกราโฟไลด์ (deoxyandrographolide) และนีโอแอนโดรกราโฟไลด์ (neoandrographolide) เป็นต้น ซึ่งมีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการท้องร่วงได้ดี (สมพร, 2542 และยุทธนา, 2546) ฤทธิ์ลดการบีบหรือหดเกร็งตัวของทางเดินอาหาร ฤทธิ์ป้องกัน

การเกิดอาการท้องเสีย ฤทธิ์ลดไข้และต้านการอักเสบ ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์กระตุ้นภูมิคุ้มกัน ฤทธิ์แอนติออกซิเดนท์ เป็นต้น (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2547)

ฝรั่ง มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Psidium guajava* Linn. ในใบฝรั่งมีแทนนิน (tannin) ประมาณ 8.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นน้ำมันไม่ระเหยเป็นประเภทคาติคฮอล์ (catechol) และไพโรแกลลอล (pyrogallol) และมีน้ำมันหอมระเหยที่ประกอบด้วยสารหลายชนิด เช่น อะโรมาเดนดรีน (aromadendrene), ไบซาโบลีน (bisabolene), คาร์โยไฟลีน ออกไซด์ (caryophyllene oxide) และ ลิโมนีน (limonene) เป็นต้น ส่วนผลฝรั่งดิบประกอบด้วยสารแทนนิน เช่น อะราบิโนส (arabinose), เอสเตอร์ (ester) และ กรดเฮซาไบดร็อกซี ไดพรีนิค (hexabydroxy diphenic acid) เป็นต้น สารแทนนินมีฤทธิ์ในการลดการระคายเคืองของลำไส้และลดการสูญเสียน้ำ นอกจากนี้ใบและลูกอ่อนของฝรั่งมีสรรพคุณออกฤทธิ์สมานแผล ช่วยดูดซึมน้ำเข้าสู่ร่างกาย แก้ท้องร่วง และมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ อี.โคไล *(E.coli)* เนื่องจากรสฝาดของสารแทนนิน (สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุข, 2541 และ สมพร, 2542)

ไพล มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Zingiber purpureum* Prosc. เหง้าไพลจะมีน้ำมันหอมระเหยง่าย (essential oil) และมีสารออกฤทธิ์ระงับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และสารเคลือบบาดแผลป้องกันการติดเชื้อ ทำให้แผลหายเร็ว นอกจากนี้มีสารเคอร์คูมิน (curcumin) และสารกลุ่มเทอร์ปีน (terpene) ซึ่งมีรสฝาดเผ็ดและเย็น (ยุทธนา, 2546) มีฤทธิ์ขยายหลอดลม สมานแผล ลดการอักเสบ และยับยั้งเชื้อ *E.coli* (นันทวัน และอรนุช, 2542) ฤทธิ์ต้านการอักเสบ ฤทธิ์แก้หืด ฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์ต่อกล้ามเนื้อเรียบ ฤทธิ์ต่อความดันโลหิต (สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ, 2547)

ประโยชน์ของการนำสมุนไพรมาใช้ในอาหารสัตว์

เยาวมาลย์ (2547) รายงานว่าปัจจุบันนี้มีงานวิจัยมากมายในการนำสมุนไพรมาใช้ในอาหารสัตว์กันอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยส่วนใหญ่นิยมนำมาเป็นส่วนผสมในอาหาร โดยตรงหรือเอาสารสกัดออกฤทธิ์มาเสริมกันเพื่อช่วยในการเพิ่มสมรรถนะในการผลิตสัตว์ทั้งด้านการเจริญเติบโต การเพิ่มผลผลิตและรักษาสุขภาพของสัตว์ ดังนั้นสามารถสรุปประโยชน์ของการนำสมุนไพรมาใช้ในอาหารสัตว์ได้ดังนี้

1. ให้สารอาหารหรือโภชนะ (nutrients)
2. เป็นสารเร่งหรือกระตุ้นการกินเพื่อช่วยในการย่อยอาหาร (appetizer flavurants and digestion aids)

3. ให้สารสีต่างๆ (pigmentation)
4. เป็นสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันโรค (immune stimulators)
5. ให้วิตามินและสารคล้ายวิตามิน (vitamin – like effects)
6. เป็นสารต้านจุลินทรีย์ (antimicrobial effects)
7. เป็นสารควบคุมเมแทบอลิซึมในร่างกาย (metabolism regulation)
8. ให้สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants)
9. เป็นสารป้องกันความเครียดและการปรับสภาพ (antistress and adaptation)

การใช้สมุนไพรในการเลี้ยงสัตว์

วิศิษย์และคณะ (2543) ได้ศึกษาผลของใบฟ้าทะลายโจรและใบฝรั่งต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของลูกสุกรท้องร่วง ประกอบด้วย 3 ปัจจัย คือ เกลือแร่ ORS (oral retension solution) ในระดับ 0 และ 500 มิลลิกรัม/โด๊ส ใบฟ้าทะลายโจร ในระดับ 0 และ 500 มิลลิกรัม/โด๊ส และใบฝรั่ง ในระดับ 0, 750 และ 1,000 มิลลิกรัม/โด๊ส เลี้ยงตั้งแต่แรกคลอดจนถึงอายุ 11 สัปดาห์ พบว่าการรักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกรระยะดูดนมกลุ่มที่ใช้เกลือแร่ ORS ระดับ 500 มิลลิกรัม/โด๊ส ใบฟ้าทะลายโจรระดับ 500 มิลลิกรัม/โด๊ส และใบฝรั่งระดับ 1,000 มิลลิกรัม/โด๊ส ให้ผลต่อน้ำหนักตัวเมื่อหายป่วยดีกว่ากลุ่มที่ไม่ใช้เกลือแร่ ORS นอกจากนี้ได้ทำการศึกษาผลของการเสริมใบฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่งและเกลือแร่ ORS ในอาหารต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารของลูกสุกรระยะหลังหย่านม พบว่ากลุ่มที่ใช้เกลือแร่ ORS ใบฟ้าทะลายโจร และใบฝรั่ง ในระดับ 1:1:2 กรัม/ กิโลกรัม ให้ผลต่ออัตราการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพการใช้อาหารดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้ใช้เกลือแร่ ORS หรือใช้เกลือแร่ ORS หรือใบฟ้าทะลายโจร 1 กรัม/กิโลกรัม หรือใบฝรั่ง 1.5 กรัม/กิโลกรัม เพียงอย่างเดียว หรือใบฝรั่งที่ระดับ 1.5 กรัม/กิโลกรัมกับใบฟ้าทะลายโจรระดับ 1 กรัม/กิโลกรัม หรือกับเกลือแร่ ORS ที่ระดับ 1 กรัม/กิโลกรัม เสริมในอาหารสุกร

นิพนธ์ และมณีรัตน์ (2545) รายงานผลการทดลองว่า การใช้ใบฝรั่งป้องกันโรคบิดในไก่เนื้อ ผลปรากฏว่าการเสริมยากันบิด (salinomycin) ในอัตราส่วน 50 กรัม/อาหาร 100 กิโลกรัม หรือเสริมใบฝรั่งบด 0.2 เปอร์เซ็นต์ และ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโต การเพิ่มน้ำหนัก ปริมาณอาหารที่กิน และอัตราการแลกเนื้อ ยกเว้นไก่ในช่วงอายุ 1-3 สัปดาห์ กลุ่มที่เสริมยากันบิดและเสริมใบฝรั่งบด 0.2 เปอร์เซ็นต์ มีอัตราการแลกเนื้อดีกว่ากลุ่มที่เสริมใบฝรั่งบด 0.4 เปอร์เซ็นต์ อัตราการตายทุกกลุ่มอยู่ในระดับปกติ

จากการรายงานของยุทธนา และคณะ (2545) ได้ศึกษาทดลองผลของการป้อนฟ้าทะลายโจรที่ระดับ 250, 500 และ 750 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล และเปลือกผลมังคุด ที่ระดับ 500, 750 และ 1,000 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน รักษาโรคท้องร่วงในลูกสุกรระยะดูดนมแม่โดยป้อนให้กินเปรียบเทียบกับการรักษาด้วยยาต้านจุลชีพ CSP (chlortetracycline + sulfadimidine + penicillin-G) และลูกสุกรที่ไม่ป่วย ปรากฏผลว่าการใช้ฟ้าทะลายโจร ระดับ 250 หรือ 750 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน หรือเปลือกผลมังคุด ระดับ 750 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน ทำให้ลูกสุกรหายเร็วที่สุด ส่วนใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ระดับ 500 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน ให้ผลไม่แตกต่างกับการใช้ยาต้านจุลชีพ สำหรับไพล 750 หรือ 1,000 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน ฟ้าทะลายโจร 1,000 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน ใบฝรั่ง 750 หรือ 1,000 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน และเปลือกผลมังคุด 500 มิลลิกรัม/โด๊ส /วัน ทำให้ลูกสุกรหายท้องร่วงได้ช้ากว่าการรักษาด้วยยาปฏิชีวนะ และเมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตต่อวันของลูกสุกร พบว่าลูกสุกรที่รักษาด้วยฟ้าทะลายโจร ใบฝรั่ง ขมิ้นชัน ไพล และเปลือกผลมังคุดที่ระดับ 250, 1,000, 1,000, 500, และ 1,000 มิลลิกรัม/โด๊ส/วัน มีอัตราการเจริบเติบโตต่อวันเป็น 0.117, 0.167, 0.165, 0.165 และ 0.176 กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าการรักษาด้วยยาต้านจุลชีพและใกล้เคียงกับลูกสุกรที่ไม่ป่วย

นวรัตน์ และคณะ (2548) ได้ศึกษาการใช้ฟ้าทะลายโจรในอาหารทดแทนสารยาต้านจุลชีพเร่งการเติบโต ต่อสมรรถนะการเติบโตของลูกสุกรอนุบาล (อายุ 25–60 วัน) โดยใช้ฟ้าทะลายโจรระดับ 0, 0.05, 0.10 และ 0.15 เปอร์เซ็นต์ในอาหาร พบว่าการใช้ฟ้าทะลายโจรระดับ 0.05 เปอร์เซ็นต์ในอาหารนั้นส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการใช้อาหาร มีค่าเท่ากับ 0.520, 0.765 กิโลกรัม/วัน และ 1.475 ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มดีกว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มที่ได้รับฟ้าทะลายโจรระดับอื่นๆ แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

การย่อยได้ของอาหารและโภชนะต่างๆ

พานิช (2527) และเสาวนิต (2537) รายงานว่า การย่อยอาหาร (digestion) เป็นผลของการกระทำทางกลวิธี ทางเคมี ทางจุลินทรีย์หรือผลรวมของวิธีเหล่านี้เพื่อทำให้อาหารและโภชนะต่างๆ แตกตัวเป็นโมเลกุลเล็ก ๆ เพื่อให้สัตว์ดูดซึมไปใช้ต่อไป การหาการย่อยได้ (digestibility) ของอาหารจึงเป็นวิธีการวัดและประเมินคุณค่าของอาหารที่ดีที่สุดวิธีหนึ่ง เพราะอาหารที่ย่อยได้มากก็จะเป็นประโยชน์ต่อสัตว์มากกว่าอาหารที่ย่อยได้น้อย การย่อยได้ของอาหารอาจเริ่มจากกระบวนการที่ง่ายที่สุดคือการละลายในน้ำไปจนถึงการย่อยอย่างแท้จริง การศึกษาการ

ย่อยได้ของอาหารหรือโภชนะต่าง ๆ สามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ การกระทำภายนอกตัวสัตว์ หรือการปฏิบัติในห้องทดลอง การย่อยได้โดยตัวสัตว์จริง และการสร้างสมการทำนาย ซึ่งในที่นี้จะกล่าวเพียงการย่อยได้โดยตัวสัตว์จริง

การหาการย่อยได้ในสัตว์จริง (*in vivo* digestibility) หมายถึงการย่อยได้ในตัวสัตว์ โดยที่เราต้องนำอาหารมาให้สัตว์กิน ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นวิธีการวัดและการประเมินคุณค่าของอาหารสัตว์ที่ดีที่สุดอย่างหนึ่ง เพราะทำให้รู้แน่ชัดว่าอาหารแต่ละชนิดสัตว์สามารถจะกินจะย่อยและใช้ประโยชน์ได้เพียงใด บางครั้งเรียกการทดลองนี้ว่าการทดลองการย่อย (digestion-trial) หรือการทดลองแบบเมแทบอลิซึม (metabolism trial) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ คือ

1. ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร
2. เลี้ยงสัตว์ทดลองด้วยอาหารดังกล่าวในปริมาณคงที่และรู้จำนวนแน่นอน
3. เก็บมูลสัตว์ในระหว่างการทดลอง และอาจใช้สารเคมีเป็นเครื่องหมาย (marker) หรือสารบ่งชี้ (indicator) ได้ เช่น โครมิก ออกไซด์ (chromic oxide), เฟอร์ริก ออกไซด์ (ferric oxide) และ คาร์มีน (carmine)
4. ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมีของมูลสัตว์
5. หาผลต่างระหว่างอาหารหรือโภชนะที่ให้สัตว์กินกับส่วนที่สัตว์ถ่ายออกมา ซึ่งผลต่างนี้ก็คือส่วนที่ย่อยได้ในอาหารสัตว์
6. คำนวณค่าของการย่อยได้ทั้งหมด (apparent digestibility) โดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การย่อยได้} = \frac{(\text{โภชนะในอาหารที่กิน} - \text{โภชนะในมูลที่ขับถ่าย})}{\text{โภชนะในอาหารที่กิน}} \times 100$$

จากสูตรดังกล่าวนี้เราก็สามารถคำนวณหาการย่อยได้ของโภชนะต่างๆ ได้ คือ เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของสูตรอาหาร เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของโปรตีน เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไขมัน เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเยื่อใย เปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของเถ้า และเปอร์เซ็นต์การย่อยได้ของไนโตรเจนฟรีเอ็กซ์แทรก (nitrogen free extract, NFE) เป็นต้น

ซึ่งในการทดลองการย่อยนี้ ต้องนำสัตว์มาเลี้ยงในกรงทดลองการย่อย (digestion- stall หรือ metabolism cage) เพื่อสะดวกในการเก็บข้อมูล คือ การให้อาหาร การเก็บมูลสัตว์และการเก็บปัสสาวะ ปกติการทดลองการย่อยจะมี 2 ระยะคือ ระยะปรับตัวเป็นระยะที่ทำให้สัตว์ขับถ่ายอาหารเก่าออกมาให้หมดก่อนและเพื่อให้สัตว์เคยชินกับกรงทดลองหรือกรงการศึกษาการย่อย โดยระยะปรับตัวนี้ในสุกรจะใช้เวลา 3-5 วัน ระยะที่สองคือระยะทดลองหรือระยะ เก็บข้อมูล ระยะนี้จะใช้เวลาประมาณ 5 วัน

ปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยได้ของวัตถุดิบอาหาร

อุทัย (2529) เสาวนิต (2537) และ Kidder และ Manners (1978) กล่าวว่าวัตถุดิบอาหารแต่ละชนิดสัตว์ไม่สามารถย่อยได้ทั้งหมด วัตถุดิบอาหารจะย่อยได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้คือ

1. ปริมาณเยื่อใยหรือกาก สัตว์ไม่สามารถย่อยเยื่อใยหรือกากที่มีอยู่ในวัตถุดิบอาหารได้ หากวัตถุดิบอาหารนั้นมีเยื่อใยสูง จึงมีการย่อยได้ต่ำและทำให้คุณค่าทางอาหารรวมทั้งค่าพลังงานใช้ประโยชน์ได้ลดลง

2. ปริมาณสารพิษบางชนิด ในวัตถุดิบอาหารบางชนิดมีสารพิษซึ่งสามารถไปขัดขวางเอนไซม์หรือน้ำย่อยในระบบทางเดินอาหารได้

3. ขนาดชิ้นของวัตถุดิบอาหาร คือ เมื่อสัตว์กินอาหารระบบทางเดินอาหารจะทำการบีบตัวแบบลูกคลื่นตลอดเวลาเพื่อผลักดันอาหารให้เดินทางไปยังกระเพาะและลำไส้ ดังนั้นวัตถุดิบอาหารที่มีขนาดใหญ่หรือบดไม่ละเอียด อาจทำให้กระเพาะและลำไส้เล็กย่อยได้ไม่หมดทำให้เกิดการสูญเสีย

4. ปริมาณอาหารที่กิน การให้สัตว์กินอาหารเต็มที่ต่อวัน มีแนวโน้มทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยลดลงแต่สัตว์ที่ได้รับปริมาณอาหารต่อวันน้อยกว่าปกติทำให้วัตถุดิบอาหารนั้นมีการย่อยได้ดีกว่า

5. การเตรียมอาหาร มีหลายวิธี เช่น การผ่านความร้อนแห้ง (การคั่ว การเอ็กทรูด) หรือความร้อนชื้น (การต้ม การนึ่ง) การอัดเม็ด เป็นต้น สิ่งเหล่านี้มีผลทำให้แป้งในอาหารเปลี่ยนรูปเป็นเจลาตินและทำให้การย่อยได้ดีขึ้น

6. ส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร การย่อยได้ของอาหารเกี่ยวข้องกับส่วนประกอบทางเคมีของอาหาร ค่าการย่อยได้จะแตกต่างกันไม่มากหากเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ประเภทเดียวกัน แต่ถ้าเป็นพืชอาหารสัตว์จะมีค่าการย่อยได้แตกต่างกัน

7. ส่วนผสมของอาหารที่ให้สัตว์กิน ถ้าเป็นอาหารข้นอย่างเดียว ความแตกต่างของการย่อยได้มีไม่มาก แต่ถ้าเป็นอาหารข้นผสมหญ้า ค่าการย่อยได้จะต่างกัน เนื่องจากในหญ้ามีลิกนินมากกว่า

ความสำคัญของการวัดค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือด (Blood urea nitrogen, BUN) สุกร

เนื่องจากยูเรีย (urea) เป็นผลิตผลสุดท้ายของกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีน ถูกสร้างที่ตับและส่งผ่านกระแสเลือดไปกรองที่ไตเพื่อให้ขับยูเรียออกทางปัสสาวะ (พรทิพย์, 2533) โดยวิธีดีอะมิเนชั่น (deamination) ของกรดแอมิโนซึ่งเป็นวิธีที่สำคัญในการขับถ่ายไนโตรเจน (วันทนา, 2539) ดังนั้นการเจาะเลือดก็เป็นการวัดแอมโมเนียม (NH^{+}_{4}) ในรูปของยูเรียไนโตรเจน ถ้าพบว่ามีค่าของยูเรียไนโตรเจนสูงก็แสดงว่าผลิตผลสุดท้ายกระบวนการเมแทบอลิซึมของโปรตีน มีการนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อย เป็นการบ่งชี้ให้เห็นว่าสูตรอาหารนั้นๆ มีการนำกรดแอมิโนในสูตรอาหารไปใช้ประโยชน์ได้น้อย แต่ถ้ายูเรียไนโตรเจนต่ำก็แสดงผลในทางตรงกันข้ามกัน

ความสำคัญของการวัดค่าชีวภาพ (Biological value, BV)

พันทิพา (2547) กล่าวว่าการวัดค่าชีวภาพเป็นการวัดปริมาณไนโตรเจนที่ร่างกายสามารถกักเก็บไว้ใช้เพื่อการดำรงชีพ การเจริญเติบโต หรือเพื่อการสร้างเนื้อเยื่อและสารประกอบต่าง ๆ โดยคิดเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจนที่ถูกดูดซึม (N-absorbed) โดยมีสูตรคำนวณคือ

$$\% \text{ BV} = \frac{(\text{NI} - \text{FN} - \text{UN}) \times 100}{\text{NI} - \text{FN}}$$

เมื่อ NI = Nitrogen intake

FN = Fecal nitrogen

UN = Urinary nitrogen

จากสูตรคำนวณดังกล่าวจะเห็นว่าเป็นการวัดปริมาณไนโตรเจนที่กินเข้าไปแล้วหักปริมาณไนโตรเจนที่ขับออกมากับมูลและปัสสาวะ ซึ่งพันทิพา (2547) อ้างถึง Siriwan และคณะ (1991) ที่รายงานชี้ให้เห็นว่าการขับไนโตรเจนในร่างกาย (endogenous nitrogen) ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างรวมทั้งวัตถุแห้ง ปริมาณโปรตีนที่กิน คุณภาพโปรตีน ระดับ และองค์ประกอบของเยื่อใย และสารขัดขวางการใช้ประโยชน์ได้ของโภชนะ (anti nutritional factors) บางอย่างด้วย

พันทิพา (2547) อ้างถึงการทดลองของยุทธนา (2534) ทำการศึกษาเพื่อประเมินคุณภาพอาหารของสุกรที่ทดลองด้วยวิธียูเรียไนโตรเจนในเลือด เปรียบเทียบกับวิธีชีวภาพ พบว่า

การประเมินด้วยวิธียูเรียไนโตรเจนในเลือดให้ผลสัมพันธ์กับวิธีชีวภาพ โดยในส่วนของค่าชีวภาพนั้นอธิบายว่า ถ้าสูตรอาหารใดมีค่าชีวภาพสูงแสดงว่าสุกรสามารถนำโปรตีนจากอาหารไปสร้างโปรตีนในร่างกายสัตว์ได้ดีกว่าสูตรอาหารที่มีค่าชีวภาพต่ำ สำหรับค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดนั้นอธิบายได้ว่าสูตรอาหารใดมีค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดต่ำ แสดงว่าสุกรสามารถนำโปรตีนจากอาหารไปสร้างโปรตีนในร่างกายสัตว์ได้ดีกว่าสูตรอาหารที่มีค่ายูเรียไนโตรเจนในเลือดสูง